



ANAIS

ENSUS

VOLUME 1
2019



ENSUS 2019

VII ENCONTRO DE
SUSTENTABILIDADE EM PROJETO
08 a 10 de maio de 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA



ORGANIZAÇÃO

Coordenação Geral

Lisiane Ilha Librelotto, Dra. Eng., Dpto. de Arquitetura e Urbanismo, PósARQ/UFSC
Paulo César Machado Ferroli, Dr. Eng., Dpto. de Expressão Gráfica/UFSC

Comissão Organizadora

Coordenação Arquitetura e Urbanismo

Profa. Lisiane Ilha Librelotto, Dra. Pós-ARQ/UFSC
Prof. Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. EGR/UFSC
Prof. Miguel Aloysio Sattler, Dr. NOIRE/UFRGS
Sumara Lisbôa, mestranda, PósARQ/UFSC

Coordenação de Design

Prof. Amilton José Vieira de Arruda, Ph.D/UFPE
Profa. Ana Veronica Pazmino, Dra./UFSC
Prof. Carlo Franzatto, Dr./UNISINOS
Prof. Ivan Luiz de Medeiros, Dr. EGR/UFSC
Profa. Regiane Trevisan Pupo, Dra. EGR/UFSC

Coordenação Engenharia

Profa. Rachel Faverzani Magnago, Dra. PPGCA – UNISUL
Profa. Paola Egert Ortiz, Dra. /UNISUL
Profa. Heloisa Regina Turatti Silva, Dra. /UNISUL

Comissão Design

João Luiz Martins, graduando do Curso de Arquitetura e Urbanismo/UFSC

Comissão de Infraestrutura e Apoio

Sumara Lisbôa, mestranda, PósARQ/UFSC
Júlia Lange de Souza, graduanda do Curso de Arquitetura e Urbanismo/UFSC
Altamirano Mathias, graduando do Curso de Arquitetura e Urbanismo/UFSC
Camila Marques e Silva, graduanda do Curso de Design/UFSC

FICHA CATALOGRÁFICA

ENSUS “Encontro de Sustentabilidade em Projeto” (5.: 2019 : Florianópolis, Anais [do] ENSUS 2019 - VI “Encontro de Sustentabilidade em Projeto”/ Universidade Federal de Santa Catarina, realizado em 08,09 e 10 de maio de 2019 - VIRTUHAB - Grupo de Pesquisa ; [organizado por Lisiane Ilha Librelotto, Paulo César Machado Ferroli]. -- Florianópolis : UFSC/VIRTUHAB 2019

459p (VOLUME 1).

ISSNe **2596-237X**

1. Sustentabilidade. 2. Projeto. 3. Arquitetura. 4. Design. 5. Engenharia.
I. Universidade Federal de Santa Catarina. VIRTUHAB - Grupo de Pesquisa.
II. Ferroli, Paulo César Machado. III. Librelotto, Lisiane Ilha. IV. Título.

EDITORIAL ENSUS 2019

O ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto chega a sua sétima edição. O ENSUS 2019 aconteceu de 08 a 10 de Maio, no Centro de Eventos da Universidade Federal de Santa Catarina e foram enviados ao evento cerca de 300 artigos, oriundos de mais de 100 universidades brasileiras, públicas e privadas, e 5 universidades estrangeiras. Ao compararmos com o primeiro ENSUS, quando recebemos 27 artigos, temos a grata satisfação da percepção de uma evolução continuada. Talvez o fato mais curioso seja que uma quantidade grande de pessoas que estavam entre os autores destes 27 artigos estejam, hoje, participando do encontro que ajudaram a construir. Nosso público é fiel. Uma vez ENSUS, sempre ENSUS!

Na segunda-feira, dia 13 de Maio, quando o ENSUS for uma doce memória do público (assim esperamos) os membros do grupo Virtuhab, principal organizador do evento, estarão em reunião para discutir o evento de 2019, acertos e erros, tarefas ainda a completar e começar o ENSUS 2020.

Todos os anos consideramos manter a realização do evento. Fazendo uma analogia com a física, temos sempre duas forças atuando nesta questão, nem sempre de igual intensidade: uma que age contra e outra a favor. Percebemos que a cada ano, quanto mais pessoas comparecem ao evento e quanto maior sua repercussão nacional, menos apoio recebemos dos órgãos de fomento. Resta-nos analisar estas forças para uma tomada consciente de decisão.

Os números do evento nos motivam e se analisados sob a ótica fria da matemática são sempre incontestáveis no sentido da continuidade. É muito gratificante também, perceber o engajamento do grupo de pesquisa, revisores de artigo, comissão organizadora, voluntários e alunos do curso de arquitetura e design na promoção do evento.

A participação de estudantes e pesquisadores que no ENSUS I ficou praticamente restrita aos estados do sul do país, nesta sétima edição reuniu representantes de todas as regiões, com mais de 500 inscritos (público pagante e não pagante) entre articulistas, ouvintes, palestrantes, expositores e voluntários. Deve-se ainda acrescentar a esta conta os cerca de 150 revisores de artigos, que ajudaram na emissão de pareceres e julgamento dos artigos que aqui serão apresentados. Desta forma, estas 650 pessoas envolvidas no evento, nos mostram o resultado de nosso trabalho e superaram nossas expectativas para esta edição.

Os anais do evento não ficam mais restritos a um único volume, mas sim, integram 5 volumes, com quase 3000 páginas de artigos.

Contudo, os órgãos de fomento do país, especificamente CAPES, CNPq e até a FAPESC que sempre apoiou o evento, parecem ter uma visão diferente da nossa. Não se trata apenas de não recebermos apoio financeiro, mas quando temos os mais importantes órgãos de fomento do país, que apesar de reconhecerem o mérito do evento, nos excluem com desculpas infundadas, como o fato de nossa programação pela sua diversidade e quantidade, não conseguir ser introduzida completa no campo do formulário, ou por não alcançar a nota de corte nos faz ponderar e nos enche de pesar. Essa mensagem, clara, não pode ser ignorada. O ENSUS tem por característica procurar fazer um evento sustentável por essência. E isso é refletido em fazermos o evento dentro da universidade e não em um hotel. É refletido na escolha cuidadosa dos materiais que serão ofertados, como não usar copos descartáveis e fornecer uma sacola que poderá efetivamente ser usada posteriormente para compras no mercado ou feira. Também não é um evento destes reconhecidos como caça-níquel, que praticam valores aviltantes dos quais não se faz ideia da aplicação dos recursos.

Procuramos utilizar o mínimo possível de impressões. Temos buscado reduzir nossos impactos, angariar recursos junto ao nosso público e buscar por fomento. Mesmo assim conseguimos praticar preços muito aquém de outros eventos com a mesma qualidade e sem um décimo do apoio dos órgãos de fomento.

Desta forma, o apoio de nossos fieis parceiros, público pagante e voluntários, é ainda mais importante. Nosso público é o maior financiador deste evento.

Na realização do evento de 2016, criamos a página da transparência para mostrar ao nosso público, de onde vêm o dinheiro e onde o empregamos. Os valores das edições passadas

foram mantidos em 2017 e 2018, mas tivemos de realizar um pequeno ajuste prevendo uma época de recessão. Conseguimos, como sempre, apoio dos profissionais que aqui estão como palestrantes do evento, que não recebem qualquer remuneração. Os palestrantes, estão aqui porque, assim como nós, acreditam na importância do tema que estamos discutindo e que existem outros ganhos pessoais, que não o financeiro, que podem afetar nosso futuro comum.

Ao longo destes anos, estabelecemos importantes parcerias, que nos permitem editar uma revista, divulgar e promover nossas pesquisas. Montamos uma rede de pesquisa para o estudo do bambu, outra para estudo da sustentabilidade e destas já resultaram pelo menos 4 publicações na forma de livros, 3 dos quais serão apresentados neste evento. Montamos uma materioteca e temos diversas pesquisas em andamento.

A promoção do evento proporciona tudo isto. Acima de tudo esperamos que a forma como o ENSUS ocorre, represente uma saída para as crises que assolam o país. Uma parceria público/privada, onde não se pode esperar que tudo seja custeado pelo Governo.

Para concluir, não podemos deixar de agradecer as pessoas que trabalharam nos bastidores. Os membros do Grupo de Pesquisa VirtuHab – bolsistas de iniciação científica, extensionistas, mestrandos e doutorandos do PósARQ (em especial Sumara Lisboa, Natália Geraldo, Ialê Ziegler, Altamirano Mathias, João Luiz Martins, Franchesca Medina, Camila Marques e Emanuelle Castro do Nascimento que auxiliaram na coordenação do evento) -, as direções dos centros do CCE e CTC, a PROEX e FAPEU que se empenharam ao longo de quase um ano, para ajudar na elaboração dos projetos de captação dos recursos, prestação de contas do evento anterior, emissão de certificados, proposição e contato com palestrantes, confecção de atas, elaboração e manutenção da página do evento, envio de chamadas de artigos, divulgação do evento por e-mail, pelo facebook, confecção de folders para divulgação das palestras, convite para revisores, alimentação da plataforma easychair, solicitação de orçamentos para compras de camisetas, cafés, impressões, crachás, bolsas, pedidos de doação de materiais (canetas, blocos), porta banners, reserva de transportes, carga de materiais, confecção dos anais, confecção da revista Mix Sustentável Especial ENSUS, controle de inscrições, entre outras tantas atividades que foram necessárias para receber vocês da melhor forma possível.

Estes anais foram produzidos com antecedência e já estão disponíveis na página desde o primeiro dia do ENSUS, graças ao esforço do nosso futuro designer João Martins. Os artigos publicados neste volume foram enviados pela plataforma easychair, sem identificação de autoria, enviados a pelo menos dois pareceristas com revisão às cegas, modificados pelos autores e atualizados no sistema, em uma trajetória que levou do início de setembro de 2018 a abril de 2019 para ser percorrida.

Nesta edição, houve a necessidade de realizarmos a publicação em 5 fascículos com os Títulos:

Volume 7, n.1 – Materiais e Processos Convencionais e Materiais e Tecnologias inovadoras/alternativas

Volume 7, n.2 – Metodologias de Projeto; Desenvolvimento Sustentável e Gestão da Sustentabilidade

Volume 7, n.3 – Sustentabilidade na Engenharia; Eficiência Energética e Resíduos

Volume 7, n.4 – Sustentabilidade na Arquitetura e Urbanismo e Sustentabilidade no Ambiente Construído

Volume 7, n.5 – Design de Produto; Design de Moda; Biônica e Biomimética

Nosso muito obrigado a todos vocês! Nosso muito obrigado aos apoiadores e expositores do evento, aos articulistas que enviaram suas pesquisas, aos revisores que trabalharam arduamente na emissão de pareceres e aos palestrantes que contribuem tanto para divulgar e incentivar o tema tão importante da sustentabilidade!

Aproveitem a leitura, referenciem em suas pesquisas e não deixem de comparecer ao ENSUS 2020! Onde ele acontecerá ainda não sabemos, mas temos a certeza de que acontecerá!

Lisiane Ilha Librelotto e Paulo César Machado Ferrolli

SUMÁRIO – ANAIS VOLUME 1

O Futuro dos Polímeros no Design: uma Análise Centrada na Sustentabilidade. Paulo Cesar Machado Ferroli e Lisiane Ilha Librelotto.	009
Estudo da Influência de Aditivo Impermeabilizante em Concreto Armado. Marcelo Cechinel, Mariana D. Araújo, Monica S. C. Saviatto e Ricardo M. Mafra	019
Adição de poliestireno expandindo (EPS) na produção de argamassa sustentável. Cicero Joelson Vieira Silva e Alan Rafael Oliveira Dias.	029
Destinação planejada e alternativa de reutilização de resíduos da construção civil. Ana Carolina Reis Lozovey, Flávia Cauduro e Christiane Ribeiro Muller	040
Lajes mistas de bambu-concreto pré-fabricadas com zero aço: são viáveis tecnicamente? Gilberto Carbonari, Augusto Milani Lopes, Gabriel de Barros Rossi, Gabriel Heckler Piedade, Francisco Cláudio Morato Leite e Caio Acosta	049
Estudo experimental da ligação de placas de compensado estrutural com perfis do sistema construtivo light steel framing visando a redução de aço no sistema. Janaína Costa Rezende, Francisco Carlos Rodrigues, Rodrigo Barreto Caldas e Ana Carolina Saraiva Cardoso	060
Análise comparativa de desempenho térmico e acústico entre vedações internas de alvenaria de bloco cerâmico e bloco de concreto celular autoclavado. Carolina Marieli Ataíde e Tenile Rieger Piovesan	072
Breve estudo de geocélulas de garrafa de Polietileno Tereftalato, aplicadas para melhoria funcional do pavimento. Mozart Mariano Carneiro Neto, Eduardo Henrique Delben, Antônio Carlos Vilella Caldeira, Ariel Silvestri e João Paulo Moraes Ribeiro	082
Avaliação espaço-temporal da dinâmica de sedimentação do baixo curso do rio Paraíba do Sul por meio de sensoriamento remoto. Dhiego da Silva Sales, Jader Lugon Junior e Vicente de Paulo Santos de Oliveira	094
Utilização de resíduos de tabaco em processos biotecnológicos. Aline Cristine Rutsatz, Juliana Dalcin, Jorge André Ribas Moraes e André Luiz Emmel Silva	106
Investigações em processo de projeto e tecnologias aplicadas: uma experiência projetual com abordagem sensível ao contexto do lugar. Pedro Oscar Pizzetti Mariano, Leonardo de Oliveira Brito, Carolina Oliveira da Silva e Franciele Fontana da Rosa	114
Avaliação dos impactos ambientais relacionados ao subsistema de vedação e respectivos revestimentos, da edificação unifamiliar do CERES, localizada no município de Feliz/RS. Anelise Schmitz, Juliano Libraga e Miguel Aloysio Sattler	126
A coordenação modular no projeto de um abrigo temporário sustentável: o uso de painéis flexíveis de bambu e lona. Bruno José Olivari Pasello, Guilherme M. Rodrigues Yuki, Daniel De Melo e Moura, Yuji Koga e Thiago Ribeiro de Souza Domingos Paleari	138

Consistência e Resistência de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido. Camila Mertz Sousa e Lucas Fernando Krug	147
Absorção e Aderência de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido. Camila Mertz Sousa e Lucas Fernando Krug	159
Transferência de Calor de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido. Camila Mertz Sousa e Tenile Rieger Piovesan	171
Perda de material no Concreto Projetado. Leila Ferreira Figueiredo, Paula Fernanda Scovino de C. R. Gitahy, Brendow Pena de Mattos Souto, Gabriel Bravo do Carmo Haag e Isadora Marins Ribeiro	183
Análise experimental na construção de telhados verdes extensivos para captação de água com o foco na escolha das gramíneas. Aline Naiara Zito, Luiz Roberto Taboni Junior e Romel Dias Vanderlei	195
Reutilização de Paletes para mobiliário, um estudo de caso. Renata Maria de Araújo Campos e Jussara Socorro Cury Maciel	203
Hidroeletricidade: geração de energia por meio de balsas em rios com grande vazão. Klirssia Matos Isaac Sahdo e Jussara Socorro Cury Maciel	214
Reuso de materiais no processo de desenvolvimento e construção de novos mobiliários. Ana Lúcia Keiko Nishida e Damares Luiza Silveira de Carvalho	227
Inovações tecnológicas em vedações verticais de edifícios: avaliação do desempenho acústico. Rodolfo Bringel Pereira e Alberto Casado Lordsleem Jr.	241
Avaliação da produção de blocos a partir de misturas de solo-cimento com adição de resíduos da construção civil. Emila Jarutais Fensterseifer, Diorges Carlos Lopes, Milena Mori Mazzurana e Stéfano Zuriel Buratti Viécili	253
Análise de impactos ambientais no segmento de revestimento cerâmico: um estudo comparativo. Bruna Batista, Talita Siebert Domareski e Carla Arcoverde de Aguiar Neves	262
Sustentabilidade no uso de tubos de papelão aplicados na construção civil. Bianca Santos Camargo e Gerusa de Cássia Salado	271
Sistema construtivo de blocos de encaixe: uma experiência didática de integração em tecnologia da construção, desenvolvimento e design de produto. André de Paula França, Ingrid Moraes, Rejane Magiag Loura e Sofia Araújo Lima Bessa	281
Novos Materiais Sustentáveis: um olhar consciente sobre a produção de artefatos. Davi Rodrigues Chaves, Deyvid Ricardo da Silva Teixeira, Hélder Pessoa de Moura Melo, Paulo Roberto Silva e Maria Sofia Silva Borba Carvalho	293
Resíduo da lapidação do vidro: Caracterização do resíduo e efeito da incorporação do resíduo sobre a resistência mecânica de uma argamassa. Heloisa Regina Turatti Silva, William Rafael Stegall dos Santos, Adrielli Aparecida Westerton, Paola Egert e Jasper José Zanco	305
A sustentabilidade econômica da edificação através da compatibilização de modelos BIM. Leticia Mattana leticia, Lisiane Ilha Librelotto e Verônica Martins Gnecco	317

Design sustentável: reflexão sobre o papel do designer através do DIY nos espaços makers. Paloma Ribeiro de Souza, Hugo Teixeira Guimarães Ribeiro Resende, Isabela Gomes de Marco e Viviane dos Guimarães Alvim Nunes	329
Apresentação de uma construção de pousada utilizando tijolo de solo-cimento no município de Nova Friburgo/RJ. Carlos Ferreira Costa, Danielle Silveira Mendes, Consuelo Bello Quintana e Paula Fernanda Scovino de C. R. Gitahy	337
Impacto da customização do apartamento durante o processo executivo no sistema de construção tradicional. Humberto Almansa Carvalho, Lisiane Ilha Librelotto e Mônica Elizabeth Daré.	349
O uso de contêineres para a construção de uma residência unifamiliar: estudo de caso de um anteprojeto. Flávio Darós Fujihara e Tamily Roedel	361
A importância da eficiência no uso da água para a viabilidade técnica e econômica de edifícios comerciais Net Zero Água. Luitanara Mamede Dias, Guido Petinelli e João Vitor Gallo	374
Sustentabilidade no processo de projeto: a experiência com resíduos do Setor Moveleiro de Uberlândia/MG. Júlia Souza Abrão e Viviane dos Guimarães Alvim Nunes	386
Shopping Centers: Análise das práticas de sustentabilidade aliadas ao bem-estar dos usuários. Adriel Simões de Mendonça, Viviane dos Guimarães Alvim Nunes e Juliano Aparecido Pereira.	398
Substituição de 80 e 90% de Cimento por de Cinza de Casca de Arroz e Cinza Volante na Argamassa. Andréia Balz, Marcos Tres, Jeanine Bieger e Samara Iasmim Schardong	410
Desenvolvimento de compósito de fibra têxtil desfibrada advindas de uniformes e resina poliuretana vegetal de mamona. Iris Fabrin Sototuka, e Cristiane Aun Bertoldi	418
Uma visão sobre o atual (e futuro) cenário produtivo de bioplásticos, a partir das ações em Design. Caroline Balbio, Viviane Cruz e Vicente Cerqueira	430
Habitação de Interesse Social (HIS) em Bambu: Projeto e Construção de um Protótipo Experimental. Alexandre Oliveira Vitor e Lisiane Ilha Librelotto.	441

O Futuro dos Polímeros no Design: uma Análise Centrada na Sustentabilidade

The Future of Polymers in Design: A Sustainability Focus Analysis

Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. Eng. – UFSC – Virtuhab

ferroli@cce.ufsc.br

Lisiane Ilha Librelotto, Dra. Enga.- UFSC – Pós-Arq - Virtuhab

lisiane.librelotto@ufsc.br

Resumo

Os estudos de materiais e sustentabilidade, embora oriundos de origens diversas, tendem a cada vez mais encontrarem pontos de sobreposição e interferência. A referência tradicional ao material plástico, quando relacionada ao processo projetual, se refere normalmente ao plástico de origem petroquímica, altamente poluente. No entanto, existe grande número de plásticos verdes, obtidos com materiais alternativos com qualidades similares aos tradicionais. O presente artigo apresenta um panorama geral destes materiais novos, sustentáveis e pouco conhecidos no design de produto.

Palavras-chave: Materiais; Sustentabilidade; Design de Produto

Abstract

Materials and sustainability studies, although originating from diverse origins, tend to increasingly find points of overlap and interference. The traditional reference to plastic material, when related to the design process, usually refers to highly polluting petrochemical plastic. However, there are a large number of green plastics, obtained with alternative materials with qualities similar to traditional ones. This article presents an overview of these new, sustainable, and little-known materials in product design.

Keywords: Materials; Sustainability; Product Design

1. Introdução

No design, quando se utilizam polímeros nos projetos na maioria das vezes materiais tradicionalmente usados e já bem conhecidos por todos são os selecionados. Os termoplásticos pertencentes ao grupo dos denominados plásticos commodities, que englobam os Polietilenos (PE), Polipropilenos (PP), Poliestirenos (PS), Policloreto de Vinila (PVC) e Polietilenos Tereftalatos (PET) são amplamente usados nos mais variados produtos, desde embalagens, até componentes de máquinas, utensílios domésticos, computadores, construção civil, jardinagem, vestuário, calçados, estofamentos, etc..

Os commodities fazem parte de um grupo maior, denominado de polímeros sintéticos, que junto com os naturais englobam mais de 700 diferentes materiais. Ambos os grupos (sintéticos e naturais) se subdividem em vários outros: plásticos de engenharia, polímeros de alta performance, plásticos commodities, polímeros naturais, biopolímeros, compostos poliméricos, e assim por diante. A classificação e/ou divisão depende muito da fonte consultada e da origem de quem está classificando: engenharia (de materiais, mecânica, civil, de produção ou química), química industrial, design, arquitetura, ciências naturais, e até mesmo áreas não tão recorrentes ao emprego de materiais como decoração, design de joias e belas artes.

Tentar projetar nos dias de hoje um produto qualquer, de média complexidade, para qualquer área, sem utilizar-se de algum destes polímeros é praticamente impossível. São inúmeras as vantagens dos plásticos industriais sintéticos quando comparados com outros materiais tradicionais de projeto, como madeiras, metais e cerâmicas, que vão desde uma boa relação custo x benefício, leveza, resistência, facilidade de conformação, e assim por diante (MANO; MENDES, 2000). Logo, considerando-se o atual estado tecnológico de obtenção e processamento de materiais é um processo natural do processo projetual a pré-seleção deste tipo de material, sempre que as indicações técnicas conduzirem a uma relação vantajosa de adequação do uso.

Conforme explicado em Ashby e Johnson (2011), apesar dos polímeros naturais (madeiras, lã e couros, entre outros) serem os materiais mais antigos usados pelo homem, os polímeros comercializados no mundo de hoje são praticamente sintéticos em sua totalidade. Quase todos originados do petróleo, são resultantes da combinação de Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Cloro e menos frequentemente de Nitrogênio e Flúor. As constatações dos autores datam de 2011, e o advento da Rio + 20, que aconteceu em 2012 começou a mudar esse panorama, no momento em que se chegou à conclusões inevitáveis sobre o futuro de nosso planeta.

A percepção da conclusões oriundas da Rio-92 começaram a ser alteradas somente em 2002, na Word Summit on Sustainable Development, também conhecida como Rio+10, quando se concluiu que somente com a ação conjunta de governos, ONGs e organizações privadas seria possível implementar a Agenda 21. Na prática isso originou o consenso da necessidade de se promover tanto a produção quanto o consumo sustentável.

Há de se considerar que até 90% de toda a poluição mundial é atribuída ao petróleo que, além do uso principal como combustível é empregado em: parafina, produtos asfálticos, nafta petroquímica, querosene, polímeros, solventes, óleos lubrificantes, etc. Destes, a produção de plásticos industriais representa mais da metade. Portanto, enquanto o petróleo se manter na dianteira da economia restará pouco mais de 10% de causas da poluição mundial sujeitas a interferência, o que torna praticamente toda e qualquer ação paliativa.

A Rio + 20, Conferência Mundial do Meio Ambiente realizada no Brasil em 2012, concluiu, de certa forma tardiamente, que toda e qualquer ação até então realizada concentrando-se apenas na reciclagem, reutilização ou redução dos materiais nos produtos constitui-se de conjuntos paliativos de soluções. A sustentabilidade, entendida então como um conjunto interligado de abordagens social – ambiental – econômica, passa necessariamente a considerar a escolha dos materiais como um dos principais atributos, devendo ser realizada nas fases iniciais do projeto.

No sentido de viabilizar na prática do dia a dia, o ciclo de vida dos produtos e dos materiais deve estar sincronizado com a abordagem proposta por Braungart e McDonought (2013), Cradle to Cradle, que de certa forma critica as abordagens ambientais recorrentes como emissões zero, pegada zero, redução, evasão, minimização, etc. argumentando de que o ser humano esforça-se para ser “menos mau” ao planeta, o que não é o mesmo que ser bom. Os autores colocam: “a maioria dos novos produtos no mercado otimiza os materiais errados” (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2003, p. 17).

Tendo em vista estas considerações, e de posse dos dados atuais sobre a economia dos plásticos nos diversos setores produtivos, esse artigo apresenta a tendência de substituição progressiva dos plásticos industriais pelos denominados “plásticos verdes”. Baseando-se em pesquisas recentes e na disponibilidade atual destes novos materiais, apresenta um panorama para o futuro próximo no projeto de produtos, especificamente na parte referente à seleção de materiais poliméricos.

2. Plásticos Ecologicamente Corretos

Como abordado por Barauna e Razera (2018), planejar sistemas e processos com o objetivo de obter soluções sustentáveis para a sociedade exige uma mudança de pensamento padrão projetual, denominado de inovação disruptiva. Os autores conceituam os materiais verdes como aqueles que se utilizam de recursos naturais renováveis, processos de produção limpos e uso cada vez maior de tecnologias de energia alternativas.

Não há como imaginar um mundo sem artefatos plásticos. Os materiais plásticos respondem atualmente por quase 40% das embalagens usadas no país (perdendo apenas para o papel – 42% e muito acima dos metais – 15%), além de faturamentos expressivos na indústria automobilística, construção civil, elétrica, eletrônica e têxtil.

Logo, não se trata simplesmente de não se utilizar os plásticos porque estes seriam “ecologicamente incorretos”. Trata-se de substituir os plásticos sintéticos pelos biodegradáveis/compostáveis. Sabe-se que isso é um processo gradual, mas inevitável. Dentro dessa temática, este tópico irá mostrar polímeros “verdes”, alguns já disponibilizados no mercado e outros ainda em fase de desenvolvimento.

O termo “plásticos verdes” é muito usado no mercado, porém não da forma correta. Externo a academia, são considerados como plásticos “verdes” todos os materiais que durante seu processamento ou síntese, ou mesmo em sua degradação, transporte, reuso ou reciclagem produzem menor impacto ambiental do que os polímeros convencionais.

Porém, conforme Brito e outros (2011), o termo polímero verde deve ser usado para aqueles plásticos que outrora eram sintetizados unicamente a partir de fontes fósseis, mas, em virtude dos avanços tecnológicos passaram a ser, também, sintetizados a partir de matéria prima proveniente de fontes renováveis. Isso serve unicamente para diferenciar o

polímero obtido a partir de matéria-prima renovável daquele obtido a partir de matéria-prima de fontes fósseis, como por exemplo, PEAD (Polietileno de Alta Densidade) e PEverde (Polietileno verde). O fato é que esses materiais não são biodegradáveis, porém pelo fato de serem provenientes de fontes renováveis são classificados como biopolímeros.

Para efeito de inclusão projetual, considerando a quantidade significativa de termos, os itens seguintes deste artigo considerarão dois tipos específicos: os biopolímeros ou plásticos verdes e os plásticos biodegradáveis ou compostáveis.

3. PREPREGS biocompostos com fibras naturais

Atualmente está sendo intensificado o uso de fibras naturais, especialmente o cânhamo, linho e juta para a fabricação de compostos biodegradáveis. De acordo com Thompson (2015) os compostos convencionais (fibra de vidro, carbono e aramida) consomem muita energia em sua produção e são difíceis de reciclar. Estes fatores, aliados a constante conscientização ambiental pelos diversos setores consumistas, estão oportunizando o uso cada vez maior das fibras naturais em materiais compósitos.

Os materiais de base biológica (prepregs biocompostos) foram recentemente classificados como um produto semi-acabado eficiente em termos de custo, principalmente os fabricados com fibras naturais unidirecionais de linho como reforço e filmes de biopolímeros termoplásticos como matriz.

As fibras naturais surgem como alternativa rentável para serem usadas como reforços. Experimentos com bambu, linho e coco estão em boa fase de desenvolvimento quando utilizados em matrizes de PLA e PHB, principalmente.

Estes compósitos possuem baixa densidade e alta resistência, o que os torna muito adequados para serem utilizados nas indústrias automotiva, moveleira e de construção civil. Principalmente nos compósitos com bambu, tem-se utilizado na matriz um tipo de poliuretano derivado do óleo de mamoma, evitando o emprego de materiais sintéticos.

Logo que finalizou a Rio-Eco 92, houve um comprometimento mundial no sentido de se buscarem materiais com baixa toxidade e alto índice de renovação. Rowell e outros (1997) ilustram em seu trabalho essa tendência no final do século passado, que se intensificou no início deste, especialmente a partir de 2012, quando aconteceu a Rio + 20.

Os referidos autores deixam claras as vantagens do uso de fibras naturais: fontes abundantes com rápida renovação, baixo custo, pouca abrasividade, facilidade de processamento, toxidade nula, grande flexibilidade, baixa densidade associada a grandes propriedades mecânicas e, o mais importante, baixíssima ação de aquecimento global pelo chamado ciclo fechado de CO₂, que evita que haja o aumento no efeito estufa. Outro ponto apontado como vantajoso do emprego das fibras vegetais como elementos de carga nos compósitos é a reutilização de resíduos agrícolas, o que impede que esses sejam acumulados no ambiente, descartados em rios ou queimados.

Brito e outros (2011) trazem alguns valores de densidade e propriedades mecânicas de fibras naturais e sintéticas para utilização em compósitos (prepregs) biocompostos, conforme mostra o quadro 1. Há de modo claro uma vantagem muito expressiva na tensão de ruptura dos materiais sintéticos, onde o maior valor encontrado nos naturais corresponde a menos da metade do menor valor encontrado nos sintéticos.

Fibras		Densidade (g/cm ³)	Tensão ruptura (Mpa)	Alongamento (%)
Natural	Sintética			
Algodão		1,5 – 1,6	287 – 597	7,0 – 8,0
	Fibra de Carbono	1,4	4000	1,4 – 1,8
Côco		1,2	175	3,0
Juta		1,3	393 – 773	1,5 – 1,8
Linho		1,5	345– 1035	2,7 – 3,2
	Poliamida	1,4	3000–3150	3,3 – 3,7
Rami		1,2 – 1,3	400 – 938	3,6 – 3,8
Sisal		1,5	551 – 635	2,0 – 2,5
	Fibra de vidro	2,5	2000-3500	2,8

Quadro 1: Valores de densidade e propriedades mecânicas de materiais usados em preregs. Fonte adaptada: Brito e outros (2011).

Estes valores menores de resistência, no entanto, são amplamente compensados pelas questões de sustentabilidade das fibras naturais, dentre as quais a reciclagem e a energia gasta na obtenção das fibras apresentam grande vantagem.

4. Polímeros biodegradáveis e compostáveis

De acordo com a norma NBR 15448-1/2, para ser considerado compostável, mais de 90% do material deve ser convertido em dióxido de carbono, água e biomassa dentro de um prazo máximo de 90 dias.

Sendo assim, a maioria dos chamados plásticos verdes não são necessariamente compostáveis, mas sim biodegradáveis, com tempo variando de 120 a 180 dias para sua decomposição, quando descartados. No grupo dos plásticos verdes compostáveis são inseridos muitos materiais em fase de desenvolvimento, cujas propriedades, características, pontos fortes, limitações e principalmente meios de produção economicamente viáveis não estão claros. Pode-se incluir aqui o APeel (produzido com casca de laranja), Biocouture (celulose bacteriana), Rilsan Clear Rnew (óleo de ricino) e o plástico produzido com penas de frango. Lefteri (2017) traz algumas informações destes e outros materiais inovadores no design.

Appel é um material 100% sustentável, que usa aglutinantes orgânicos naturais. Existe na forma dura e flexível. O aglutinante usado é a pectina, substância encontrada na casca. O Biocouture, ao contrário da celulose tradicional, é produzido por bactérias crescidas em banheiras contendo folhas de chá de kombucha. De acordo com Suzanne Lee (<https://br.pinterest.com/vineshreddy/suzanne-lee/>), mentora do experimento, à medida que as bactérias digerem o açúcar do chá, elas deixam uma camada de celulose para que, depois de duas a três semanas, resultará em uma película translúcida, pronta para ser moldada. É considerado um material 100% sustentável e não tóxico. O ponto negativo é que ainda não está disponível comercialmente, e não é a prova d'água.

A figura 1 mostra um exemplo do Appel na primeira parte e um exemplo do Biocouture na segunda.

O óleo de Ricino é um líquido viscoso extraído das sementes de mamona, um dos óleos vegetais mais usados. Um dos nomes comerciais atuais é o Rilsan Clear Rnew, um plástico de qualidade óptica, de alto desempenho. De acordo com fabricantes (<https://www.arkema.com>), possui propriedades semelhantes ao nylon. Utilizada amplamente nos mercados mais exigentes, a PA11 Rilsan® (um tipo especial de

Poliamida), combina de forma única propriedades como resistência química, térmica e mecânica e permite um design único e versatilidade de processamento.



Figura 1 – exemplos de aplicações do Appel e do Biocouture. Fonte adaptada: Lefteri (2017)

Recentemente o cânhamo passou a ser usado como aditivo de carga nas “madeiras plásticas”. O uso da fibra de cânhamo para a produção de tecidos não é nenhuma novidade, (já que existem amostras provenientes da China que datam de 8 mil a.C.) e pode servir para a produção de jeans, calçados, blusas, camisetas e acessórios. A produção de Prepegs já foi abordada no item anterior, e as pesquisas recentes apontam para a produção de resinas compostáveis provenientes deste material. A figura 2 ilustra um uso específico da poliamida de óleo de rícino e na parte 2 uma aplicação de micro-fibras de cânhamo.



Figura 2 – exemplos de aplicações do Appel e do Biocouture. Fonte adaptada: Lefteri (2017)

Outro exemplo é o Bark Cloth, que forma um tecido especial, mas macio. Com custo em torno de US\$ 31,00/m², para peças de 2 a 3 metros e 0,5 a 2mm de espessura, é produzido quase que inteiramente em Uganda. Também é usado em revestimento de paredes

(decoreção interna), mobílias, abajures e assentos e interior de carros de luxo. A figura 3 mostra na primeira parte a designer de Uganda, Jose Hendo usando uma de suas criações de alta costura produzida por bark cloth. A matéria prima básica é a casca de uma árvore nativa, conforme mostra a parte 2 da figura 3.



Figura 3 – exemplos de aplicações do Appel e do Biocouture. Fonte adaptada: <https://edition.cnn.com>

Os estudos multiplicam-se na tentativa da substituição definitiva dos plásticos provenientes do petróleo. De nome comercial Piñatex, um tipo de couro ecológico, feito com sobras, no caso as longas fibras encontradas nas folhas de abacaxi, está ganhando mercado principalmente na indústria da moda. Podendo ser utilizado para fabricar roupas, calçados, malas, acessórios e até móveis, este material é macio, leve, flexível, moldável e facilmente tingido. Está disponível em diferentes espessuras e acabamentos, e segundo os fabricantes é 100% biodegradável. A figura 4, na primeira parte, ilustra a aplicação deste material.



Figura 4 – exemplos de aplicações do Piñatex e Futurecraft Biofabric. Fonte adaptada: www.azom.com

A parte 2 da figura 4 mostra o Futurecraft Biofabric da Adidas, o primeiro tênis do planeta produzido com seda Biosteel, uma fibra de alta performance biodegradável, que replica a qualidade da seda de aranha no desempenho do calçado. Desenvolvido em conjunto com a AMSilk, uma empresa alemã de biotecnologia, o modelo é feito de material que oferece propriedades únicas, sendo 15 % mais leve que as fibras convencionais, além de ser 100% biodegradável – assim como a seda natural das aranhas.

Dos frigoríficos, um subproduto complicado do ponto de vista ambiental que está mostrando-se promissor para a indústria de plásticos biodegradáveis são as penas de frangos. O principal componente extraído das penas é a proteína, a partir da qual são criados plásticos. A proteína encontrada nas penas é a queratina. Após passar no digestor, são reagrupadas por um processo de polimerização, formando cadeias longas e estruturas rígidas. Ferrolí (1998) apresenta toda a cadeia produtiva das fábricas de subprodutos de origem animal, onde atualmente são processadas até 80 toneladas de penas ao dia. Institutos de pesquisa de grandes frigoríficos estão trabalhando nas potenciais características do material: biodegradável; utiliza descarte da indústria de alimentos; transparente; pouco quebradiço após tratado. O material ainda está em desenvolvimento, com expectativa de entrar no mercado por volta do ano 2020. A parte inicial da figura 5 mostra o tratamento atual a que as penas são submetidas nos frigoríficos.

Processamento de penas de frangos nos frigoríficos	PLA
	

Figura 5 – tratamento das penas de frango e PLA . Fonte adaptada: Ferrolí (1998)

O PLA (Poliácido Láctico), obtido principalmente do milho pertence aos grupo de plásticos verdes já consolidados no mercado. Conjuntamente com outros materiais semelhantes, como o PHA (Poli-hidroxialcanoato), o PHB (Poli-hidroxibutirato) e o TPS (amido termoplástico), esse polímero já tem vários usos comerciais aceitos e vem gradativamente substituindo os plásticos tradicionais em embalagens, filmes rígidos e flexíveis e até cartões de crédito. Na figura 5 apresenta-se alguns de seus usos.

5. Considerações finais

Este artigo teve por objetivo discutir o futuro dos polímeros no campo do design. No mundo moderno os plásticos de origem sintética ocupam lugar de destaque e mesmo com todos os problemas ambientais decorrentes de seu processamento, uso e má gerência de fim de vida não existe ainda, para muitos setores, materiais alternativos que sejam

economicamente atrativos para o mercado, ou que nivelem com a cadeia produtiva da indústria de plásticos sintéticos, que mantém milhares de empregos diretos e indiretos.

A sustentabilidade em sua visão atual alia a questão econômica e social com a ambiental. De modo que não é coerente sugerir a eliminação imediata dos plásticos sintéticos com base apenas nos critérios ambientais. De imediato isso iria contra os próprio princípios do modelo ESA de sustentabilidade (Econômica, Social e Ambiental). Contudo, de modo algum isso significa ignorar os graves problemas ambientais decorrentes da má gestão de resíduos, com taxas de reciclagem muito aquém do necessário, somadas ao desconhecimento e falta de incentivos que poderiam modificar o cenário a médio prazo.

Cabe ao projetista de produtos, pesquisar continuamente a oferta de novos polímeros biodegradáveis e compostáveis, especificando e selecionando esses materiais sempre que for possível. Aos poucos o mercado irá naturalmente substituindo os materiais nocivos ao meio ambiente, sem provocar um colapso na cadeia produtiva, o que poderia proporcionar graves crises econômicas e sociais, ampliando, ao invés de reduzindo, a problemática ambiental.

Materiais novos como os apresentados nesse artigo mostram-se promissores nos mais diversos campos de atuação e com certeza representam uma pequena parcela do volume de materiais alternativos que estão sendo estudados e testados nos mais diversos centros de pesquisa, desenvolvimento e pós-graduação do país e do mundo.

6. Referências

- ABNT NBR 15448-2: embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis. Parte 2: biodegradação e compostagem - requisitos e métodos de ensaio.
- ASHBY, M. e JOHNSON, K. Materiais e Design – Arte e ciência da seleção de materiais no design de produtos. Ed. Campus, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- BARAUNA, D. e RAZERA, D. Sustentabilidade, desenvolvimento e inovação no século 21: demandas para o design de materiais avançados. In: Design, Artefatos e Sistema Sustentável. Série Design Contexto, Blucher Open Access, São Paulo, SP, 2018, p. 57-85.
- BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, Willim. Cradle To Cradle - Criar e Reciclar Ilimitadamente. São Paulo: GG, 2013.
- BRITO, G.F., AGRAWAL, P. ARAÚJO, E. M, MÉLO, T. J. A.. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Vedes. Revista eletrônica de materiais e processos, 6:2, pp 127-139, 2011.
- CNN.<https://edition.cnn.com/2015/12/23/africa/uganda-kampala-fashion-bark-designer/index.html>
- LEFTERI, C. Materiais em Design – 112 materiais para design de produtos. Blucher, São Paulo, SP, 2017.
- MANO, E. B. e MENDES, L. C. Identificação de Plásticos, Borrachas e Fibras. São Paulo: Blucher, 2000

ROWELL, R.; LEÃO, A.; CARVALHO, F. X.; FROLLINI, E. Utilisation of Natural Fibers in plastic Composites: Problems and Opportunities. Plastic Composites, p. 23-51, 1997.

THOMPSON, R. Materiais sustentáveis, processos e produção. SENAC Editora, São Paulo, SP, 2015.

Estudo da Influência de Aditivo Impermeabilizante em Concreto Armado

Study of the Influence of Waterproofing Additive on Reinforced Concrete

Marcelo Cechinel, Esp. Engenheiro Civil, UFSC

marcelo.cechinel@unisul.br

Mariana D. Araújo, Engenheira Civil, UNISUL

mariiduartee@gmail.com

Monica S. C. Saviatto, Engenheira Civil, UNISUL

monicacrozetta@gmail.com

Ricardo M. Mafra, Esp. Engenheiro Civil, UNISUL

ricardo.mafra@unisul.br

Resumo

A impermeabilização do concreto armado para sua utilização como elemento estrutural estanque encontra emprego, principalmente, na construção de reservatórios e cisternas. Há uma extensa gama de produtos que prometem resolver os problemas vinculados à percolação de água típica da porosidade do concreto convencional. De forma a testar a veracidade da eficiência destes produtos realizou-se ensaios laboratorial em um produto, encontrado no mercado, baseado em Nanotecnologia, que promete, entre outros, a obtenção de concreto impermeabilizado. Realizaram-se ensaios de resistência à compressão para avaliar a inércia do produto adicionado ao concreto, bem como ensaios de absorção para comprovar sua eficiência no quesito impermeabilização. Ao final dos ensaios concluiu-se que o mesmo não atende aos requisitos de inércia, visto que houve redução da resistência à compressão dos corpos de prova, bem como não cumpre seu objetivo precípua de impermeabilidade, o que leva ao questionamento do quão eficiente são os aditivos oferecidos no mercado.

Palavras-chave: Impermeabilização; Aditivo; Concreto Armado

Abstract

Em inglês, na mesma formatação e tamanho do resumo, e em itálico.

Keywords: *Keyword 1; Keyword 2; Keyword 3*

1. Introdução

A água é uma das principais matérias-primas para a construção civil, em contrapartida também se configura como um dos principais vilões, sendo grande responsável por várias manifestações patológicas nas edificações. Por este motivo surge a necessidade de aplicação de eficientes sistemas de impermeabilização de forma a proteger e prolongar a vida útil das construções indo ao encontro dos preceitos da ABNT NBR 15575:2013.

São várias as empresas que se destinam a elaboração e fabricação de produtos que visam resolverem o problema da percolação de água no concreto armado ocasionada, principalmente, pela porosidade do mesmo. Muitas delas investem boa monta de recursos no desenvolvimento destes produtos o que gera uma relativa confiabilidade do mesmo, porém, na grande maioria das vezes o consumidor final não tem acesso aos ensaios laboratoriais que originaram esta suposta confiança.

Com base no supracitado surgiu a curiosidade por comprovar os efeitos de um produto destinado, entre outras finalidades, a conferir propriedades de concreto impermeabilizado ao concreto armado, produto este com grande aceitação entre os profissionais de engenharia, em especial da Grande Florianópolis.

Tal produto apresenta em suas características o fato de ser inerte ao concreto armado, não apresentando fatores agressivos à armadura, bem como prejudiciais à resistência do mesmo, além de fabricado sobre a égide de Nanotecnologia, conferir propriedades de impermeabilização total do concreto.

Desta forma, o trabalho que segue tem por objetivo comprovar a eficiência do referido produto, através de ensaios laboratoriais, de forma a levantar algum questionamento acerca da qualidade dos produtos de construção civil fornecidos pelo mercado.

2. Metodologia

De forma a comprovar a eficiência do citado produto nos quesitos inércia e impermeabilização, foram feitos ensaios de resistência à compressão e absorção em laboratório cedido por renomada empresa de pré-fabricados, onde foram moldados corpos de prova conforme os preceitos das normas técnicas correlatas.

Para confecção do traço, primeiramente fez-se a caracterização dos agregados onde foram elaboradas as curvas granulométricas, tanto do agregado graúdo quanto do agregado miúdo. Tal procedimento foi executado conforme preconiza as NBRs NM 26:2001, NM 248:2003 e 7211:2005, utilizando-se o Método A – Separador mecânico para o agregado graúdo e a série normal de peneiras para o agregado miúdo, como pode ser verificado nas Figuras 1 e 2.



Figura 1: Caracterização do agregado graúdo. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 2: Caracterização do agregado miúdo. Fonte: elaborado pelos autores.

Adotou-se um traço de classe C40 para a confecção dos corpos de prova, que foram moldados sob a égide da NBR 5738:2015, o qual foi verificado quanto ao abatimento através do *slump test*, realizado conforme a NBR NM 67:1998 (Figura 3).



Figura 3: Teste de abatimento do tronco de cone. Fonte: elaborado pelos autores.

Foi moldado um total de 24 corpos de prova, dos quais 12 confeccionados a partir do traço padrão sem adição do produto e 12 confeccionados com a adição do produto, em quantidade indicada no rótulo do mesmo, os quais permaneceram em local protegido das intempéries durante 24h e posteriormente foram imersos em tanque para cura úmida.

2.1 Ensaio de resistência à compressão

Para a execução do ensaio de resistência à compressão utilizou-se metade dos corpos de prova moldados, sendo seis sem adição do produto impermeabilizante e seis com adição do mesmo, rompidos aos 7 e aos 28 dias.

Para realização do ensaio, os corpos de prova foram secos e limpos, para na sequência serem posicionados no centro do prato da prensa hidráulica, cuja calibragem e velocidade da mesma, foram parametrizadas conforme nas normas técnicas.

2.2 Ensaio de absorção

O ensaio de absorção foi efetuado seguindo todas as orientações da NBR 9778:2005, a qual rege os procedimentos normativos para determinação da absorção de água, dos índices de vazios por imersão e fervura e das massas específicas das amostras endurecidas. Desta forma, realizaram-se os ensaios em três corpos de prova sem incorporação do aditivo e outros três com a incorporação, de forma a verificar a eficiência do impermeabilizante.

Tal ensaio contou com os seguintes equipamentos para sua execução: balança hidrostática, recipientes para imersão e fervura das amostras e estufa.

Sete dias após a confecção dos corpos de prova os mesmo foram colocados em uma estufa e submetidos à secagem por um período de 72 horas a 105°. A partir deste procedimento determinou-se a massa da amostra seca (m_s).

Determinada a massa seca realizou-se a saturação das amostras emergindo-as em um recipiente com água, deixando-as completamente submersa a uma temperatura de 23°C durante 72 horas. Completada esta etapa os corpos de prova foram submetidos à ebulição por mais 5 horas para posteriormente serem novamente pesados para determinação da massa imersa (m_i).

Finalmente as amostras foram secas com auxílio de um pano úmido e passadas para o registro de sua massa saturada (m_{sat}).

3. Resultados e a Discussão

No que se refere à resistência à compressão os ensaios apresentaram um resultado aquém do esperado.

Como pode ser visto nas tabelas 1 e 2 abaixo, houve considerável redução da resistência à compressão, tanto aos 7 quanto aos 28 dias. Tal redução nos leva a crer que o produto analisado não se apresenta inerte ao concreto, influenciando em sua composição de forma negativa, diferentemente do que prega seu fabricante.

Ensaio de Compressão Axial (7 dias)			
Aditivo	Leitura de ruptura (Mpa)	Aditivo	Leitura de ruptura (Mpa)
NÃO	59,94	SIM	51,71
NÃO	60,14	SIM	52,97
NÃO	61,54	SIM	54,32
Média	60,54	Média	53,00

Tabela 1: Ensaio de resistência à compressão aos 7 dias. Fonte: elaborado pelos autores.

Ensaio de Compressão Axial (28 dias)

Aditivo	Leitura de ruptura (Mpa)	Aditivo	Leitura de ruptura (Mpa)
NÃO	65,46	SIM	59,28
NÃO	67,86	SIM	59,85
NÃO	68,96	SIM	61,64
Média	67,43	Média	60,26

Tabela 2: Ensaio de resistência à compressão aos 28 dias. Fonte: elaborado pelos autores.

Fato deveras preocupante foi verificado no resultado dos ensaios de absorção. Como pode ser verificado nas tabelas 3 a 6, ao invés de conferir impermeabilidade ao concreto, o aditivo ocasionou uma maior permeabilidade no mesmo, mostrando-se ineficaz também no que tange seu objetivo precípua.

Massa Seca (m_s) - Sem Aditivo	
CP 1	3499,9 g
CP 2	3502,7 g
CP 3	3500,4 g
Média	3501,0 g

Tabela 3: Peso da amostra seca sem aditivo. Fonte: elaborado pelos autores.

Massa Seca (m_s) - Com Aditivo	
CP 1	3479,9 g
CP 2	3510,9 g
CP 3	3536,1 g
Média	3508,97 g

Tabela 4: Peso da amostra seca com aditivo. Fonte: elaborado pelos autores.

Amostra	Massa Imersa (m_i) Sem Aditivo	Massa Saturada (m_{sat}) Sem Aditivo
CP 1	2049,68 g	3719,14 g
CP 2	2049,00 g	3718,00 g
CP 3	2047,58 g	3715,33 g
Média	2048,75 g	3717,49 g

Tabela 5: Peso da amostra imersa e saturada sem aditivo. Fonte: elaborado pelos autores.

Amostra	Massa Imerosa (m_i) Com Aditivo	Massa Saturada (m_{sat}) Com Aditivo
CP 1	2055,52 g	3702,20 g
CP 2	2070,00 g	3728,27 g
CP 3	2085,75 g	3756,64 g
Média	2070,42 g	3729,04 g

Tabela 6: Peso da amostra imersa e saturada com aditivo. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Considerações Finais

Com o objetivo de avaliar a eficácia de um produto costumeiramente utilizado na construção civil no ponto de vista de sua função precípua de conferir ao concreto uma impermeabilidade satisfatória, analisando se o mesmo se caracteriza como um produto inerte, foi realizado os ensaios laboratoriais apresentados.

Após a análise dos resultados obtidos verificou-se que o mesmo não cumpre com nenhum dos quesitos analisados.

No que tange à resistência à compressão, a adição do mesmo afetou de forma negativa os valores, tanto aos 7 quanto aos 28 dias, apresentando uma redução de resistência em torno de 12,5% e 10,6%, respectivamente. O que comprova que o material não é inerte alterando as propriedades do concreto.

Porém, o ensaio de absorção mostrou-se ainda mais preocupante, visto ser a impermeabilização a principal função do aditivo.

Analisando-se os resultados do ensaio, executado sobre a égide da NBR 9778:2005, concluiu-se que o produto analisado não se mostrou eficaz, muito menos, cumpriu com sua finalidade, como pode ser visto nas tabelas 7, 8 e 9 abaixo.

Determinação de absorção de água e índices de vazios		
Cálculo	Aditivo	Resultados
Absorção de água	NÃO	6,18%
	SIM	6,27%
Índice de vazios	NÃO	12,97%
	SIM	13,27%

Tabela 7: Determinação da absorção de água e índice de vazios. Fonte: elaborado pelos autores.

Determinação da massa específica da amostra saturada		
Cálculo	Aditivo	Resultados
Amostra seca (ρ_s)	NÃO	2,10 g/cm³
	SIM	2,12 g/cm³
Amostra saturada (ρ_{sat})	NÃO	2,23 g/cm³
	SIM	2,25 g/cm³

Tabela 8: Determinação da massa específica da amostra saturada. Fonte: elaborado pelos autores.

Determinação da massa específica real		
Cálculo	Aditivo	Resultados
Massa real (ρ_x)	NÃO	2,41 g/cm³
	SIM	2,44 g/cm³

Tabela 8: Determinação da massa específica real. Fonte: elaborado pelos autores.

Ao ser questionado sobre os resultados obtidos o fabricante se posicionou de forma que os corpos de prova não deveriam sofrer o processo de cura úmida, visto que, provavelmente o princípio ativo do aditivo tenha migrado para dentro do tanque.

Tal justificativa no entendimento dos autores é, na melhor das hipóteses, dúbia, pois parece um tanto contraditório um produto que se justifica pelo fato de caracterizar-se como hidrofugente ter seu princípio ativo migrado para um ambiente aquoso.

Consideração à parte foi solicitada ao fabricante uma carta explicativa dos motivos que talvez tenham ocasionado resultado tão negativo, porém a mesma preferiu não se pronunciar oficialmente.

Desta forma, a pesquisa levanta certo questionamento sobre a eficiência de muitos produtos lançados no mercado e que prometem resolver problemas os mais variados. Muitos deles se refugiam sob um aspecto tecnológico, como no caso da Nanotecnologia, para tentar a aceitação imediata do público técnico que os consome.

Mesmo assim, quais as garantias fornecidas por estes fabricantes? Qual sua real responsabilização no caso de seus produtos não ofertarem as propriedades que são vendidas?

É substancial que os profissionais procurem se cercar de laudos laboratoriais que imprimam a responsabilidade do fabricante, visto que a responsabilidade técnica e penal sobre uma edificação recai sobre o mesmo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248:2003: Agregados – Determinação da composição granulométrica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26:2009: Agregados – Amostragem.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27:2001: Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67:1993: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738:2016: Concreto Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739:2018: Concreto Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211:2005: Agregados para concreto – Especificações.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779:2005: Agregados e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575:2013: Edificações Habitacionais – Desempenho.

ADIÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDINDO (EPS) NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA SUSTENTÁVEL

Addition of expanded polystyrene (eps) in the production of sustainable grout

Cicero Joelson Vieira Silva, professor, IFPB

cjoelson@ymail.com

Alan Rafael Oliveira Dias, acadêmico, IFPB.

Alan.eng.2017@hotmail.com

Resumo

A construção civil comporta-se como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, ou pela geração de resíduos. A utilização de materiais reciclados no processo construtivo reduz a demanda por insumos não renováveis, além de reduzir a pressão ambiental nas áreas destinadas ao descarte. No intuito de mitigar esse problema, este presente artigo tem como objetivo geral o desenvolvimento de uma argamassa sustentável, com substituição parcial da massa de areia por pérolas de poliestireno expandido, que atenda aos requisitos mínimos para revestimento de paredes e pisos. Foram propostos quatro traços para avaliar o comportamento das argamassas com o agregado reciclado. Destes, um possuía apenas o agregado convencional (areia) e serviu como traço de referência. Depois, no Laboratório de Análise de Solos no Campus Cajazeiras-IFPB, foi feita a análise do comportamento das propriedades físicas, quanto a massa unitária, no estado solto e compactado, composição granulométrica e massa específica. Os resultados foram analisados e comparados com o traço de referência.

Palavras-chave: Argamassa; Poliestireno; Sustentável

Abstract

Civil construction behaves as a great generator of environmental impacts, either by the consumption of natural resources or by the generation of waste. The use of recycled products is not a process aimed at reducing the demand for non-renewable inputs, as well as reducing the pressure in the protection areas. In order to mitigate this problem, this article aims to develop a sustainable mortar, replacing a portion of sand with expanded polystyrene, which meets the most demanding requirements for wall and floor covering. Four treatments were proposed to evaluate the behavior of the mortars with the recycled aggregate. Of these, one piece only the aggregated conventional (sand) and served the reference trait. Then, in the Laboratory of Soil Analysis at the Cajazeiras

Campus - IFPB, an analysis of physical properties was performed, as a unitary unit, without solid state and compacted, with granulomere determination and mass. The results were analyzed and compared with the reference trait.

Keywords: Grout; Polystyrene; Sustainable.

1. Introdução

A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento, desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, e veio se aprimorando com o passar do tempo. Após vários estudos relacionados aos materiais de construção alternativos percebeu-se um material utilizado em grande escala pela população que seria bastante útil na construção civil: O EPS (Poliestireno Expandido), que é conhecido popularmente como ISOPOR. O ISOPOR possui características que faz dele um material interessante para a reutilização/reciclagem, o poliestireno quando em contato com o meio ambiente pode demorar cerca de 150 anos para ser totalmente degradado.

Nesse processo de degradação o plástico se quebra, dando origem ao micro plástico, que possui a capacidade de absorver compostos químicos tóxicos, como agrotóxicos e pesticidas e metais pesado, como mercúrio e chumbo, presentes principalmente nos rios e lagos. O poliestireno, Trata-se de uma resina do grupo dos termoplásticos, cuja característica reside na sua fácil flexibilidade ou maleabilidade sob a ação do calor, que a deixa em forma líquida ou pastosa. É a matéria-prima dos copos descartáveis, de lacres de barris de chope e de várias outras peças de uso doméstico, além de embalagens. De acordo com estudo realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul(UFRGS), anualmente, são consumidos cerca de 2,5 milhões de toneladas de isopor em todo o mundo. No Brasil, o consumo é de 36,6 mil toneladas, cerca de 1,5 % do total.

O material artificial mais consumido no mundo pelo homem nos dias atuais é o cimento Portland sendo combinado com outros tipos de materiais na confecção de variantes do concreto (AGOPYAN, 2014). Dados levantados no ano de 2009 apontavam um consumo médio de concreto de aproximadamente 1,9 toneladas por habitante/ano, perdendo apenas para o consumo de água (PEDROSO, 2009). Com a intenção de fortificar os estudos a respeito de aplicações em elementos de matriz cimentícia, experimentos são realizados constantemente para testar os efeitos causados pela adição de diferentes materiais como agregados. A adição de pérolas de Poliestireno Expandido (EPS), proposta por este trabalho, tem por objetivo não apenas reduzir o peso em elementos, através do uso deste material de menor peso específico em substituição da areia, como também verificar o comportamento com relação à resistência mecânica, absorção de água e porosidade desse material.

A incorporação de poliestireno expandido na construção civil resulta na redução de custos, conforme afirma o Engenheiro Ricardo Guimarães de Burgos em entrevista para o Portal Metálica (2017) "[...] com a utilização dos blocos de EPS, há uma redução de 20 % no custo da fundação da obra, de até 50% de ferragem usada na própria laje e de 35 % no consumo de concreto". O EPS é um material de baixa densidade, o que o torna fácil de manusear no canteiro de obra, e apresenta outras características positivas, como ótima capacidade em absorver impactos, facilidade em moldar o material conforme tamanho e espessura desejados e possibilidade de reciclagem (ISORECORT, 2016).

Durante o desenvolvimento deste estudo, foram testadas as propriedades físicas e mecânicas através de ensaios laboratoriais normatizados para verificação da resistência mecânica, densidade aparente, porosidade aberta e absorção de água aos 28 dias de cura e granulometria.

A utilização de materiais reciclados no processo construtivo reduz a demanda por insumos não renováveis, além de reduzir a pressão ambiental nas áreas destinadas ao descarte sendo uma alternativa de uso de materiais convencionais, os quais geram um impacto maior no ambiente devido a todo o seu processo de fabricação. Espera-se então, com o uso do EPS como agregado na construção civil, produzir um material que atenda as expectativas desejadas quanto à resistência e que seja de

maneira direta ecologicamente correto, diminuindo conseqüentemente os impactos causados no meio ambiente, decorrente principalmente do descarte inadequado destes materiais na natureza.

2. Desenvolvimento

2.1 Fundamentação Teórica

2.1.1 Argamassa

O Manual de Revestimento de Argamassas elaborado pela ABCP (2002) define argamassa como um material de construção constituído por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (cimento ou cal), agregado miúdo (areia) e água. Podendo ainda ser adicionados alguns produtos especiais (aditivos ou adições) com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto. Podem ser classificadas de acordo com o seu tipo de aplicação, seu tipo de aglomerante, número de elementos ativos, quanto à dosagem entre outros.

2.1.2 Poliestireno Expandido (EPS)

O poliestireno, ou isopor, como é conhecido no Brasil, é um polímero aromático sintético feito com o monômero de estireno, um líquido derivado da indústria petroquímica. O poliestireno pode ser rígido ou em espumado, mas geralmente é usado na sua forma é branca, dura e quebradiça. Levando em consideração seu peso, é uma resina muito barata, sendo bastante usada como uma eficiente barreira contra o oxigênio e vapor de água, tendo um ponto de fusão relativamente baixo.

Nos últimos anos, o acentuado crescimento industrial dos países emergentes integrantes do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) sugere que a demanda por matérias-primas irá aumentar ainda mais nas próximas décadas (MOLL et al., 2005). Já a maioria dos países desenvolvidos vem sofrendo a escassez de recursos naturais. Frente a esses acontecimentos, a busca por meios de aumentar a eficiência do uso dos materiais se torna cada vez mais relevante. Além dos dados estatísticos citados mostrarem o impacto gerado pela construção civil, sabe-se também que a excessiva demanda por recursos afeta a vida útil das jazidas. Após um determinado período, o recurso explorado, como a areia, se torna escasso e ocasiona a infertilidade de solos, erosões e desmatamento. A questão ambiental também estabelece limites técnicos e geográficos quanto à implantação de áreas para a exploração dos recursos e, desta forma, encarecem a produção devido ao transporte. (BASTOS FILHO, 2005).

Segundo JOHN (2000), a reciclagem na construção civil pode trazer benefícios como: a redução no consumo de recursos naturais não renováveis, de energia durante o processo produtivo e de áreas necessárias para aterro. A reciclagem se torna ainda mais interessante pelo fato do mercado da construção civil se apresentar como uma das melhores alternativas para o consumo de materiais reciclados, já que as construções podem ser realizadas em qualquer local, permitindo assim uma redução nos custos (JOHN, 1996). Diante desses acontecimentos, nas últimas décadas, o uso de materiais alternativos na produção de argamassas e concretos vem ganhando mais espaço e se mostrando vantajoso.

2.2 Materiais e Métodos

2.2.1 Materiais

Os materiais utilizados para a produção das argamassas foram cimento, areia, água, e o agregado de pérolas de EPS. O aglomerante utilizado foi o cimento Portland composto CP II - Z 32, pois este é amplamente empregado e facilmente encontrado na região. Para compor o traço foi utilizada uma areia média, natural e lavada. Todos os materiais que compõem o agregado foram obtidos na região da cidade de Cajazeiras, reciclados e trabalhados manualmente.

2.2.2 Métodos

2.2.2.1 Teste de caracterização dos Agregados

2.2.2.1.1 Composição granulométrica

A determinação da composição granulométrica foi realizada seguindo os critérios da NBR 7217. A dimensão máxima característica: “grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa”. (NBR 7217, 2001, p.01). Devido sua baixa densidade, densidade mínima é de 10kg/m³ e a máxima de 35kg/m³, o material é altamente leve. Foi pesado a quantidade de 4.0 g do agregado que foi submetido ao processo de peneiramento durante 15 minutos em agitador mecânico de peneiras, segundo a série normal de peneiras da ABNT, sendo sequencialmente utilizadas as peneiras de malhas com aberturas 4,8mm; 2,4mm; 1,2mm; 0,60mm; 0,30mm; 0,15mm e fundo. Posteriormente, a porção de material retida em cada peneira foi pesada e anotada para a elaboração do perfil granulométrico. Esse procedimento foi feito para cada material separadamente.



Figura 1: Agitador Mecânico. Fonte: Autor.

Os materiais utilizados para a produção das argamassas foram cimento, areia, água, e o agregado de pérolas de EPS. O aglomerante utilizado foi o cimento Portland composto CP II - Z 32, pois este é amplamente empregado e facilmente encontrado na região. Para compor o traço foi utilizada uma areia média, natural e lavada. Todos os materiais que compõem o agregado foram obtidos na região da cidade de Cajazeiras, reciclados e trabalhados manualmente.

2.2.2.1.2 Massa unitária no estado solto e compactado

Foi realizado o teste de Massa unitária no estado solto e compactado, usando um recipiente com diâmetro de 9 cm e altura de 10,5 cm em forma de cilindro tendo como volume o valor de 0.000296 m³.

Para a avaliação no estado solto, a amostra foi lançada no recipiente de uma altura aproximadamente de 10cm de seu topo, até o preenchimento total. Depois foi feita a regularização da superfície através de uma régua, seguida da pesagem do material junto com o recipiente (o valor da massa do recipiente foi previamente anotado) em uma balança calibrada. O resultado foi obtido dividindo-se a massa do agregado pelo volume do recipiente. Foram repetidas duas determinações e o resultado final foi a média aritmética entre os dois.

No estado compactado, a avaliação foi feita utilizando o mesmo recipiente, porém agora houve o golpeamento 25 vezes com uma haste metálica. Após o recipiente cheio, foi feita a regularização da superfície com uma régua e o material foi pesado (subtraindo-se a massa do recipiente). O resultado obtido foi feito pela divisão entre a massa do agregado pelo volume do recipiente.

2.2.2.1.3 Composição dos traços

Foram propostos quatro traços para avaliar o comportamento das argamassas com o agregado reciclado, como mostra a tabela 1. Cada um dos traços era composto de 3 unidades (2 para realização dos testes de resistência à compressão e uma para os testes de absorção de água por capilaridade). Um dos traços possuía apenas o agregado convencional (areia) e serviu como traço de referência, os outros três possuíam uma proporção de 0,10 %, 0,15 % e 0,20 %, respectivamente, de agregado reciclado em substituição parcial da areia. A relação água cimento variou de aproximadamente 0,66 para o traço de referência até 0,63 para o traço III.

Material	Traço Referência	Traço I – 0,10%	Traço II- 0,15%	Traço III – 0,20%
Cimento	330 g	330 g	330 g	330 g
Areia	990 g	989,0 g	988,5 g	988,0 g
Água	217,2 g	214,7 g	210,46 g	208,99 g

Tabela 1 - Composição dos traços de referência e das amostras elaboradas com o agregado reciclado

2.2.2.2 Preparação dos corpos de provas

De início, foram pesados os materiais que irão compor a argamassa, são eles a areia, o EPS, a água e o cimento, utilizando uma balança devidamente calibrada.

A partir daí, colocou-se o material seco de modo contínuo, dentro de um período de 30 s, no misturador mecânico. Adicionou-se a água, e foi acionado o misturador em velocidade baixa por 30 s e em velocidade alta em 90 s até atingir a consistência desejada. Logo após sua preparação, de acordo com a NBR 13276, a argamassa foi utilizada para encher o molde tronco-cônico, com dimensões de 5cm de diâmetro x 10 cm de altura (área total = 0,02 m²), colocado de modo centralizado sobre a mesa para índice de consistência. Enquanto um operador segurou o molde firmemente, outro encheu-o em três camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais, aplicando em cada uma delas, respectivamente, 25 golpes com o soquete, de maneira a distribuí-las uniformemente. Quando houve necessidade, completou-se o volume do molde com mais argamassa.

2.2.2.3 Caracterização da argamassa no estado endurecido

Após 28 dias de cura, a argamassa foi colocada em uma estufa a cerca de 100°C para secar.

2.2.2.3.1 Absorção da água por capilaridade

Após a secagem na estufa, quatro das amostras dos corpos de prova, sendo cada um de traços distintos, adjunto com o de referência foram submetidas a ensaios físicos para medir a absorção de água por capilaridade. Foi utilizado um recipiente retangular raso, adicionado água até a marca de 5mm e colocados os corpos de prova. Após os intervalos de 10 e 90 min ocorreu a pesagem dos mesmos.

2.2.2.3.2 Resistência a compressão

O teste de resistência à compressão foi realizado após 28 dias de cura, em oito corpos de prova, dois para cada traço, cujo resultado foi obtido pela média aritmética entre eles. O rompimento dos corpos foi realizado em uma prensa automática devidamente calibrada.



Figura 2 : Rompimento do corpo de prova em prensa automática
 Fonte: autor

2.3 Resultados e discursões

2.3.1 Caracterizações

2.3.1.1 Massa unitária no estado solto

Material	Massa Unitária (estado solto)
EPS	2,12 kg/m ³

Tabela 2 - Resultado da massa unitária dos agregados no estado solto

2.3.1.2 Massa específica

Material	Massa Específica
Areia	2,632 g/cm ³
EPS	1,04 g/cm ³

Tabela 3. Massa específica dos agregados

Obs: O valor de massa específica é referencial.

2.3.1.3 Granulometria

Abertura das peneiras	Massa Retida EPS	Massa Retida EPS (%)
-	0,0 g	0,0 %
6,3	0,58 g	14,5 %
4,8	1,61 g	40,25 %
2,36	1,57 g	39,25 %

1,18	0,20 g	5,0 %
0,6	0,04 g	1,0 %
0,3	Desprezível	
0,15	Desprezível	
Fundo	Desprezível	
Σ Massas	4.0 g	100 %
Módulo de Finura	1.0	
Diâmetro máximo	4.8	

Tabela 4 – Perfil granulométrico dos agregados (em massa e porcentagem), módulo de finura e Diâmetro máximo

2.3.2 Ensaio no estado endurecido

2.3.2.1 Absorção de Água por capilaridade

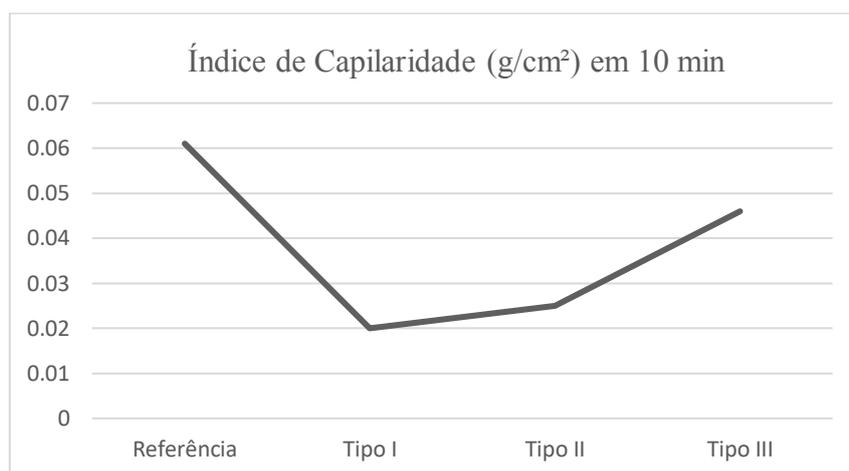


Figura 3 – Curva da absorção de água por capilaridade, após 10 minutos

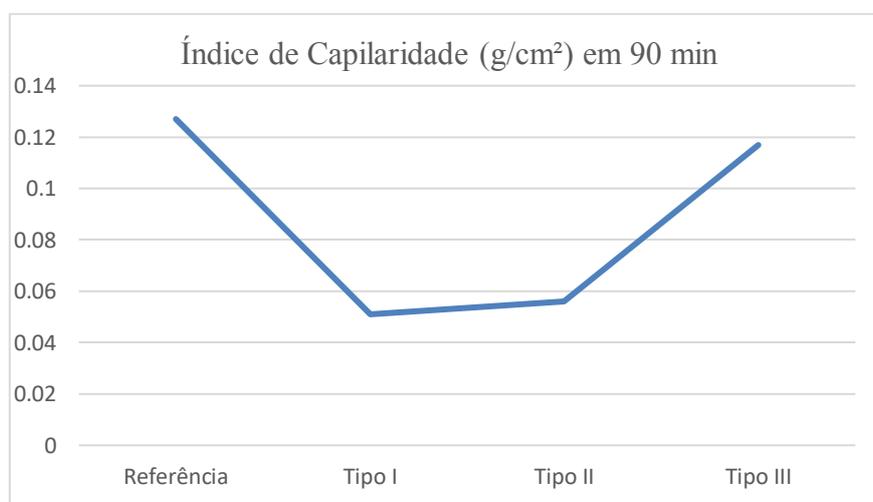


Figura 4 – Curva da absorção de água por capilaridade, após 90 minutos

2.3.2.1.1 Índice de absorção por capilaridade

	C(g/cm ³) 10 min	C(g/cm ³) 90 min
REFERÊNCIA	0,061	0,127
TI	0,020	0,051
TII	0,025	0,056
TIII	0,046	0,117

Tabela 5– Índice de absorção por capilaridade

É possível perceber, que os valores referentes a absorção de água, aumentam devido a maior quantidade de vazios do material. Vale ressaltar que as características térmicas e mecânicas não se alteram mesmo sob a ação da umidade garantindo a durabilidade do material. Por se tratar de um material com baixo peso específico, implicamos em uma expressiva redução de peso das estruturas em uma obra.

2.3.3 Resistência a compressão

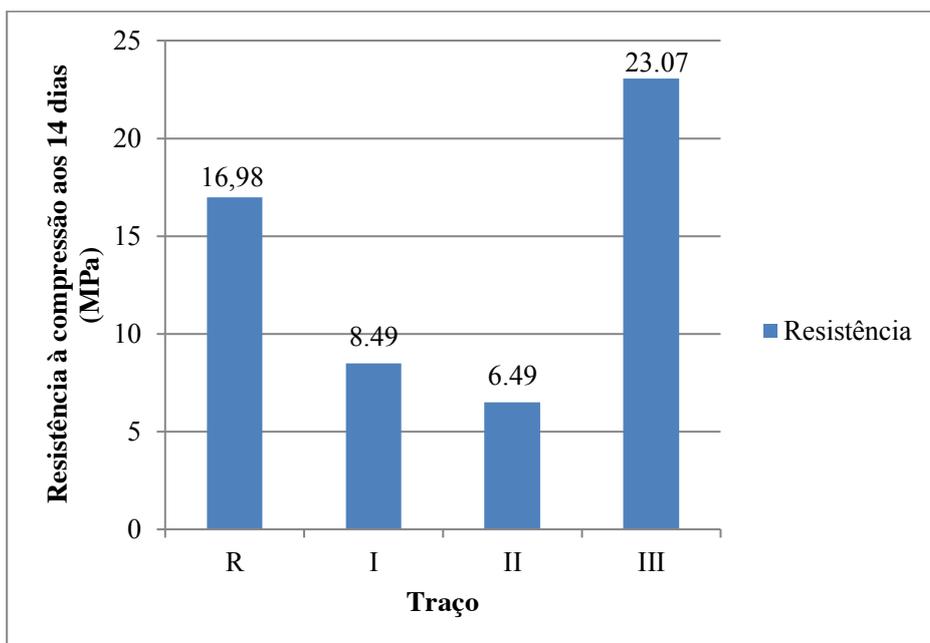


Figura 5– Gráfico de resistência a compressão

O material teve uma grande perda de resistência mecânica, isso é decorrente da grande quantidade de vazios que comporta o corpo de prova. Esse comportamento está diretamente relacionado com a densidade. Quanto maior a quantidade de EPS adicionado a argamassa, menor a densidade aparente e consequentemente menor resistência mecânica suportada pela amostra. Este comportamento também foi descrito no estudo realizado por Mas, Tortosa e Alcocel (2011).-Não foram realizados outros ensaios como resistência a flexão e a tração, devido a não disponibilidade no laboratório de materiais construtivos do IFPB- Campus Cajazeiras, isso implica empiricamente em algumas conclusões que podem ser feitas.

Observamos também que a argamassa com 0.15 % de EPS atingiu uma resistência à compressão média de aproximadamente 7,5 Mpa. “É importante ressaltar que grande resistência à compressão da argamassa não significa necessariamente a melhor solução estrutural. A argamassa deve ser resistente para suportar os esforços que a parede precisa suportar. No entanto, não deve

exceder a resistência dos blocos da parede, para que as fissuras decorrentes de expansões térmicas ou outros movimentos da parede ocorram na junta” (LEMOS, 2016). Demais porcentagens de EPS (Poliestireno Expandido) podem ser utilizadas em aplicações não estruturais como preenchimento, nivelamento, revestimento e vedação de superfícies. Vale ressaltar que foi utilizado o EPS em forma de pérolas, caso faça-se o uso do material triturado, ou de outra forma, os resultados podem ser diferentes.

3. Considerações finais

De acordo com os ensaios laboratoriais realizados, pode-se concluir que a propriedade que mais sofre alteração é a resistência à compressão, como consequência da adição das pérolas de EPS, que é um material de alta porosidade, o que acaba facilitando o surgimento de fissuras. Pode-se perceber também um aumento significativo nos testes de absorção, diretamente proporcionais a quantidade de EPS adicionado, porém os resultados ainda foram menores do que o obtido com o corpo de referência da mistura: cimento, areia e água.

De forma geral, a inclusão do EPS em meio à construção civil oferece propriedades interessantes, além de contribuir com o meio ambiente quando utilizado na forma de reciclagem, quando adicionado em argamassas resulta em baixa densidade aparente, resistência à compressão considerável e razoável absorção de água, tornando este material uma alternativa viável para diversas áreas da construção civil.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro. 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro. 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro. 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (ABRAPEX). Características do EPs. Rio de Janeiro. Site único. Em: <<http://www.abrapex.com.br/02Caracter.html>> acesso dia 27 de julho 2017.
- CALCADO, Gabrielle Cristina da Silva. INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND. 2015. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fevereiro de 2015.

KANAUF ISOPOR. Uso na construção Civil. 2017. São Paulo. Anais eletrônicos. em <<https://www.knauf-isopor.com.br/produtos/construcao-civil>> acesso dia 24 de Julho de 2017.

LEMOS, Jacques Allan Ottobelli. REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIDOS EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL. Santa Maria: -, 2016. 65 p. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_JACQUES%20ALLAN%20OTTOBELLI%20LEMONS.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2017.

MAS, Verónica Ferrándiz. TORTOSA, Jose Antonio Huesca. ALCOCEL, Eva García. Durability of Mortars with Expanded Polystyrene. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DURABILITY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS. 12. p. 7, 2011, Anais... Porto: Portugal, 2011

MOLL, S.; BRINGEZU, S.; SCHUTZ, H. "Resource use in European countries – material flows and resource management". Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal, Alemanha, 2005.

Destinação planejada e alternativa de reutilização de resíduos da construção civil

Planned and alternative destination for reuse of construction waste

Ana Carolina Reis Lozovey, M.Sc, Universidade do Vale do Itajaí.

ana.lozovey@univali.br

Flávia Cauduro, M.Sc, Universidade do Extremo Sul Catarinense.

flavia.cauduro@unesc.net

Christiane Ribeiro Muller, M.Sc, Universidade do Extremo Sul Catarinense.

christiane@unesc.net

Resumo

Parte dos trabalhos da construção civil ainda é artesanal e muitas vezes origem de resíduos e das perdas de materiais. Ainda na fase de projetos podem ser feitos estudos que indiquem medidas e alternativas, em nível de prevenção, reutilização, reciclagem, processamento para os resíduos gerados na fase de construção. Modelos de gerenciamento de resíduos utilizam técnicas sustentáveis em obra e minimizam os resíduos na fonte, como por exemplo, o modelo proposto pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. O objetivo desta pesquisa é analisar soluções alternativas para redução da geração de resíduos e a reutilização dos mesmos, que podem ser integradas aos projetos e incentivar o emprego de novos produtos. A metodologia engloba discussão dos pontos críticos no processo de construções mais artesanais e pesquisas de alternativas para minimização dos resíduos gerados em canteiro de obras. Como conclusão, tem-se o uso dos resíduos como pavimentação, possibilitando a reutilização dos mesmos, e o incentivo do emprego de materiais e produtos mais industrializados, como as argamassas estabilizadas, que são produzidas em centrais dosadoras e permanecem por até 72 horas no canteiro de obras.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Projetos de gerenciamento de resíduos; Materiais industrializados

Abstract

Part of the construction work is still handcrafted and often originates waste and loss of materials. Also in the project phase, studies can be carried out to indicate measures and alternatives, at the

VII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UFSC – Florianópolis – 08 a 10 de Maio de 2019

level of prevention, reuse, recycling, processing for the waste generated during the construction phase. Waste management models use sustainable techniques on site and minimize waste at source, such as the model proposed by the Environmental Sanitation Technology Company. The objective of this research is to analyze alternative solutions to reduce waste generation and reuse, which can be integrated into the projects and encourage the use of new products. The methodology encompasses discussion of the critical points in the process of more artisanal constructions and researches of alternatives to minimize the waste generated in construction site. As a conclusion, the use of residues such as paving is possible, allowing their reuse, and encouraging the use of more industrialized materials and products, such as stabilized mortars, which are produced in metering plants and remain for up to 72 hours at the site of works.

Keywords: *Sustainability; Waste management projects; Industrialized materials*

1. Introdução

Parte dos trabalhos da construção civil ainda é artesanal e muitas vezes origem de resíduos e das perdas de materiais. Ainda na fase de projetos podem ser feitos estudos que indiquem medidas e alternativas, em nível de prevenção, reutilização, reciclagem, processamento para os resíduos gerados na fase de construção. Modelos de gerenciamento de resíduos utilizam técnicas sustentáveis em obra e minimizam os resíduos na fonte, como por exemplo, o modelo proposto pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

Surge a problemática relacionada com a minimização do impacto gerado pelos resíduos da construção civil (RCC). Em decorrência dessa problemática, tornam-se imprescindíveis estudos que indiquem uma alternativa, seja em nível de prevenção, reutilização, reciclagem, processamento ou mesmo disposição final correta dos resíduos.

A construção civil é atividade importante para o crescimento econômico e social, entretanto, apresenta-se como grande geradora de impactos ambientais, o que se deve não somente ao consumo de recursos naturais, como também pela modificação da paisagem e pela geração de resíduos (PINTO, 2005).

Segundo Cassa *et al* (2001) a cadeia produtiva da construção civil, também denominada construbusiness, apresenta importantes impactos ambientais em todas as etapas do seu processo: extração de matérias primas, produção de materiais, construção, uso e demolição. Qualquer sociedade seriamente preocupada com esta questão deveria priorizar o aperfeiçoamento da construção civil.

Durante a construção, observa-se um maior volume de resíduos nas etapas de estrutura e alvenaria, com predominância de areias, argamassa, concreto e tijolos. (OLIVEIRA *et al*, 2007).

Ainda na fase de projetos podem ser feitos estudos que indiquem medidas e alternativas, em nível de prevenção, reutilização, reciclagem, processamento para os resíduos gerados na fase de construção.

1.1 Objetivos

O objetivo principal é analisar soluções alternativas para redução da geração de resíduos e a reutilização dos mesmos, que podem ser integradas aos projetos e incentivar o emprego de novos produtos.

Os objetivos específicos são:

- Levantar informações quanto à geração de resíduos em canteiro de obras;
- Identificar os pontos críticos do processo;
- Discorrer sobre o uso dos resíduos de construção e demolição incentivando o uso dos resíduos como pavimentação e novos produtos, como as argamassas estabilizadas.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Legislações

A legislação responsável pela regulamentação da gestão dos resíduos da construção no Brasil é a Resolução CONAMA n° 307 de 05 de junho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, objetivando disciplinar as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

A Resolução define reutilização do resíduo como o processo de reaplicação deste sem a sua transformação, enquanto reciclagem é definida como o processo de reaproveitamento do resíduo após o mesmo ter sido submetido à transformação. Observa-se que a Resolução não especifica formas de reciclagem ou reutilização para cada tipo de resíduo. Porém, são sugestões para a destinação final dos componentes de obras: material de aterro de estradas, agregado para produção de concreto asfáltico, meio-fio, material de enchimento e blocos de vedação.

A Resolução CONAMA n° 307, alterada pelas Resoluções CONAMA n° 348 e n° 431 classifica os resíduos de construção e demolição (RCD) de Classe A como resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Para os geradores, o objetivo principal é a não geração de resíduos e, posteriormente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final; define o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil como instrumento para a implementação da gestão dos RCC's, o qual deve incorporar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Com relação às normas técnicas brasileiras, a NBR 10005 fixa os requisitos exigíveis para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, a NBR 10006 fixa os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. A NBR 10007 fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos, a NBR 15112 fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos. As normas NBR 15113 e NBR 15113 fixam os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil.

A norma brasileira ABNT NBR 15115 estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em obras de

pavimentação; e a ABNT NBR 15116 estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) propõe modelo de gerenciamento ambiental de resíduos. Torna-se mais vantajosa a minimização de recursos na fonte, através de técnicas sustentáveis utilizadas em obra, visando à redução e eliminação de resíduos, do que o tratamento de um resíduo não reduzido.

A Figura 1 mostra o modelo proposto pela CETESB.

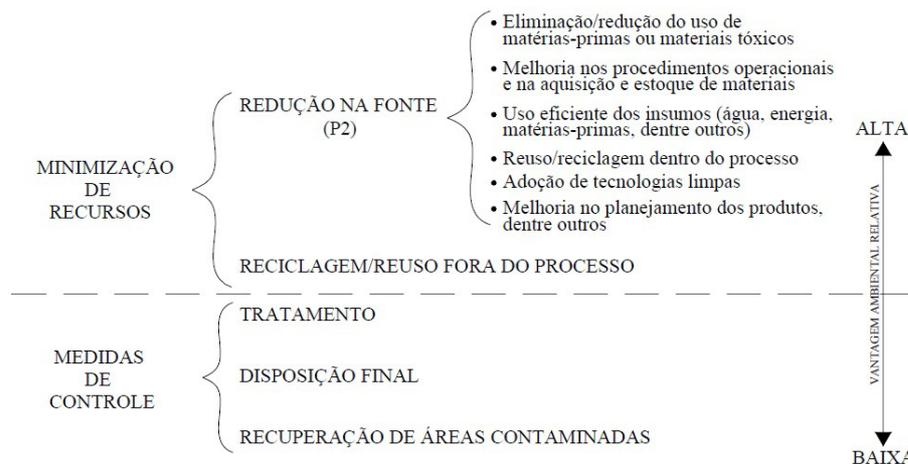


Figura 1: Modelo de gerenciamento ambiental dos resíduos. Fonte: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (2005).

3. Procedimentos metodológicos: os pontos críticos no processo

Em levantamentos realizados em obras de construção civil no município de Florianópolis-SC, percebeu-se necessidade de melhor organização/disposição dos materiais. Foram identificadas perdas por transporte de areia na rampa de acesso, onde os materiais ficam armazenados, baias insuficientes, havendo material fora destas, distâncias de transporte de materiais e que poderiam ser reduzidas, e remoções pela falta de compatibilidade entre projetos executivos.

Em processos de estruturas e alvenarias convencionais, percebe-se que normalmente os canteiros de obras são dados por um amplo espaço para disposição e armazenamento dos materiais. Após sua produção, comumente as argamassas são transportadas com carrinho de mão simples percorrendo a edificação até o poço do elevador, onde o carrinho de mão é içado mecanicamente por uma roldana até chegar ao pavimento em que a argamassa será aplicada.

A Figura 2 mostra os pontos críticos do processo pelos processos de produção/confecção, transporte e aplicação das argamassas no assentamento de alvenaria de vedação.

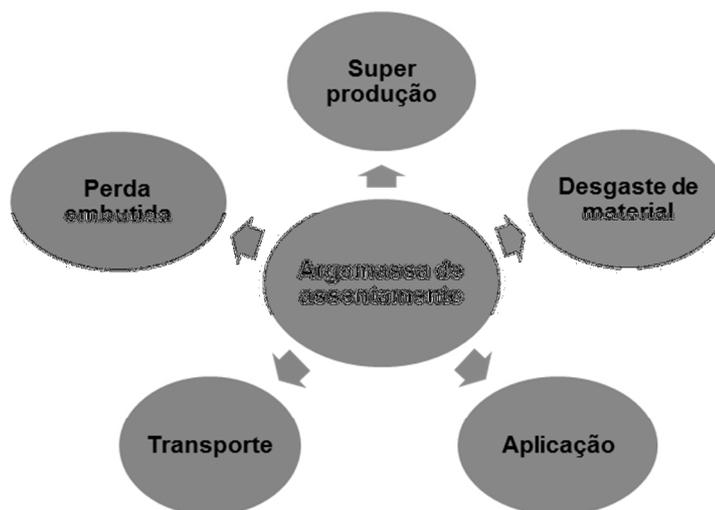


Figura 2: Perdas de argamassa de assentamento. Fonte: elaborado pelos autores.

Os materiais constituintes das argamassas são armazenados em baias e demais áreas abertas, provocando alguns derramamentos dos agregados das baias. Conforme a NR 18 a central de argamassa precisa estar coberta. Uma pequena parcela de resíduo é gerada, por material que é depositado fora da baia. Observaram-se perdas durante o transporte, que usualmente é feito com carrinhos de mão, conforme já exposto. Faz-se enchimento de carrinhos de mão e deslocamentos até local de descarga da argamassa, provocando muitas vezes perdas no transporte. Durante o assentamento dos blocos, notou-se argamassa expulsa da fiada para acomodação do bloco, caindo em solo e não sendo reutilizada.

Trabalhar as soluções propostas é uma forma de minimizar os resíduos gerados e desperdício de materiais, além de ser um desafio tecnológico para reaproveitamento de resíduos gerados, reuso de água, reduzindo consumo de materiais, desperdícios.

Os resíduos por transporte da argamassa do local de produção até a caixa dos elevadores, onde carrinhos de mão são içados até o pavimento de aplicação desta argamassa, poderiam ser minimizados com a redução da distância de transporte da argamassa entre armazenagem e unidade de consumo, além de idealização de projeto de canteiro funcional.

Com identificação de perda embutida no assentamento da alvenaria, e alteração do processo de assentamento da alvenaria com colher de pedreiro para bisnaga, a perda é reduzida. A argamassa residual, apesar de não contribuir estruturalmente, não acaba por contaminar o ambiente uma vez que fica embutida na alvenaria.

Uma proposta para a solução de resíduos gerados pelo excedente de argamassa de assentamento é a análise deste material em laboratório para possível utilização em um fim menos nobre que não tenha finalidade estrutural.

Ensaio de laboratório podem auxiliar no reaproveitamento de concretos, argamassas e grautes, que sejam resíduos de assentamento de blocos cerâmicos (tijolos). Equipamentos que façam a moagem de resíduos podem ser empregados na própria obra, podendo gerar materiais aplicáveis para enchimento, produção de blocos intertravados de concreto (paver)

no próprio canteiro de obra para pavimentação da calçada da edificação, áreas de lazer, demais.

Até 2012, a cidade do Rio de Janeiro possuía dois aterros, o Aterro de Gramacho e o Aterro de Gericinó. Até o encerramento do Aterro de Gramacho, os RCD eram depositados na Área de Transbordo e Triagem (ATT) das Missões e reaproveitados na pavimentação das pistas e praças de operação do aterro, no recobrimento dos resíduos dispostos, no nivelamento e na conservação de suas vias de acesso. (FERREIRA; MOREIRA, 2013).

Fujii e Camapum de Carvalho (2011) estudaram as propriedades de resíduos de construção e demolição. Os autores analisaram a viabilidade técnica e propriedades de um solo tropical misturado aos resíduos de construção passantes na peneira #4, e com base nos ensaios de laboratório concluíram que os resíduos melhoraram a resistência mecânica do solo avaliado. Os resultados obtidos nos estudos indicaram o emprego dos resíduos de construção e demolição na pavimentação para baixo volume de tráfego.

Os resultados obtidos nas pesquisas e nos levantamentos apontam de forma positiva o uso dos resíduos como pavimentação, possibilitando a reutilização dos mesmos.

Uma hipótese levantada que mudaria todo o processo de produção de argamassa é o incentivo do emprego de materiais e produtos mais industrializados, como por exemplo, as argamassas estabilizadas. Essas argamassas são produzidas em centrais dosadoras e permanecem por até 72 horas no canteiro de obras, reduzindo as questões de transportes. Além disso, um projeto de canteiro funcional auxilia a disposição e armazenamento e reduz as perdas no canteiro de obras.

4. Aplicação/Resultados

Com os levantamentos e análises conclui-se que são imprescindíveis estudos que indiquem alternativas para uso de RCC e RCD, quer seja em nível de prevenção, reutilização, reciclagem, processamento.

Neste trabalho foi discorrida a viabilidade da utilização dos resíduos de construção e demolição em camadas de bases, sub-bases e reforços do subleito de pavimento. O uso destes resíduos como material para infraestrutura de transportes possibilita a reutilização dos mesmos e reduz a quantidade de material granular natural empregada.

A geração de resíduos para a elaboração de argamassa produzidas em obra foi discorrida, incluindo os principais focos de geração de resíduo nos processos de produção, transporte e aplicação (assentamento) das argamassas na construção civil.

As soluções propostas auxiliam no reaproveitamento de parte dos resíduos gerados e reduzem o consumo de materiais pelos desperdícios gerados.

5. Considerações finais

Na fase de projetos podem ser feitos estudos que indiquem medidas e alternativas, em nível de prevenção, reutilização, reciclagem, processamento para os resíduos gerados na

construção civil. Modelos de gerenciamento de resíduos utilizam técnicas sustentáveis em obra e minimizam os resíduos gerados em canteiro de obras.

As alternativas de soluções para redução da geração de resíduos e a reutilização dos mesmos, podem ser integradas aos projetos e incentivar o emprego de novos produtos.

O uso dos resíduos como pavimentação (paver) possibilitam a reutilização dos materiais. Materiais e produtos mais industrializados, como as argamassas estabilizadas, que são produzidas em centrais dosadoras e permanecem por até 72 horas no canteiro de obras podem ser utilizadas em maior escala nas construções, reduzindo transporte e aperfeiçoando processos mais industriais.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005: procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10006: procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15112: resíduos da construção civil e resíduos volumosos: áreas de transbordo e triagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimentação: procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº. 307, de 05 de julho de 2002. “Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.

CASSA, J. C. S.; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S. Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal. 2001.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). “Prevenção à poluição. Conceitos e definições”, São Paulo, 2005. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.

FERREIRA, A. R. L.; MOREIRA, H. C. “Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil: Estudo de caso do município do Rio de Janeiro”, Rio de Janeiro: UFRJ, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2013. 129 p.

FUJII, L. M. T.; CAMAPUM DE CARVALHO, J. “Estudo de propriedades de resíduos de construção e demolição misturado a um solo tropical”, In: II Geocentro, 2011, p. 167-174.

OLIVEIRA, D. F. et al. “Conjuntura atual da gestão de resíduos sólidos de construção civil”, In: SOUZA, A. A. P. et al. (Org.). Sinal verde: gestão ambiental: a experiência do CEGAMI. Campina Grande, 2007. 324 p.

PINTO, T. P. (Coord.) Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP, São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005.



Lajes mistas de bambu-concreto pré-fabricadas com zero aço: são viáveis tecnicamente?

Prefabricated bamboo-concrete slab with zero steel: they are technically feasible?

Gilberto Carbonari, doutor, UEL, carbonar@uel.br

Lucas Augusto Milani Lopes, mestre, UEL, lucasmilani@uel.br

Gabriel de Barros Rossi, UEL, gabrielbarrosrossi@gmail.com

Gabriel Heckler Piedade, UEL, gabriel_heckler@hotmail.com

Francisco Cláudio Morato Leite, mestre, UEL, morato@uel.br

Caio Acosta, mestre, IFSC, caio.acosta@ifsc.edu.br

Resumo

Visto que os elementos usuais da construção civil sofrem um processo de extração no qual o gasto energético e a degradação do meio ambiente são muito altos, a procura por novas alternativas visando a sustentabilidade vem crescendo. O bambu é um material que oferece muitas vantagens como leveza, resistência, versatilidade, rápido crescimento e excelentes propriedades mecânicas. Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica de lajes compostas por vigotas pré-fabricadas de bambu-concreto, fazendo o uso de conectores de cisalhamento de bambu e de aço, que se completa com o uso de EPS¹, malha de distribuição em bambu e uma capa superior de concreto, executada in loco. Para tanto foram efetuados ensaios experimentais variando a tipologia, tamanho e espaçamento entre os conectores, através de cinco diferentes lajes. A metodologia construtiva se mostrou consistente e viável. Em termos mecânicos, as lajes apresentaram comportamento satisfatório, tanto para ELU² e ELS³, atendendo as prerrogativas normativas, evidenciando o potencial técnico do sistema proposto de laje mista bambu-concreto.

Palavras-chave: Construção em bambu; Laje mista bambu-concreto; Zero aço; Viabilidade técnica.

Abstract

Since the elements used in the civil construction suffer a process of extraction in which the energetic spent and the environment degradation are quite high, the search for new alternatives looking for the sustainability has been the focus lately. The bamboo is a material that provides many advantages such as lightness, resistance, versatility, quick growth and excellent mechanical properties. This work aims to evaluate the technical viability slabs composed of prefabricated bamboo-concrete beams making use of bamboo and steel shear connectors, which is completed with the use of EPS, distribution mesh in bamboo and an upper layer of concrete, performed in loco. For this, experimental tests were performed varying the typology, size and spacing between the connectors, through 5 different slabs. The constructive methodology proved to be consistent and feasible. In mechanical terms, the slabs presented satisfactory behavior, both for ULS and SLS, attending normative prerogatives, claiming to be a system with great potential.

Keywords: Bamboo buildings; Bamboo-concrete slab; Zero steel; Technical viability.

¹ EPS – Sigla internacional de poliestireno expandido;

² ELU – Estado Limite Último;

³ ELS – Estado Limite de Serviço;



1. Introdução

Devido aos inúmeros problemas ambientais registrados nas últimas décadas e a constatação de que a construção civil gera um grande impacto no meio ambiente, a atual tendência é uma busca por alternativas sustentáveis. Dentro desse cenário, a construção civil interessa-se cada vez mais por materiais renováveis, como por exemplo o bambu. Este, por ser um material altamente renovável e com reduzido consumo de energia na sua cadeia produtiva, atrai olhares para a sua exploração na construção civil. Além disso, o rápido crescimento e a facilidade em se adaptar em diferentes tipos de solos e climas são fatores que o tornam um material de fácil acesso e baixo custo.

Neste contexto, fundir aspectos sustentáveis à durabilidade e eficiência se apresenta como um desafio. Por vezes, novas ideias se esbarram em algum destes fatores, não conseguindo se concretizar frente ao mercado da construção civil. Vislumbrando a difusão de novas tecnologias, o principal desafio deste artigo é apresentar um sistema construtivo sustentável e de alto potencial, definida como vigotas pré-fabricadas de bambu-concreto (zero aço) para lajes.

A presença do amido é comprovadamente o ponto fraco do bambu, por estar relacionado com a incidência do ataque do caruncho (*Dinoderus Minutus*). Porém, há diversos tipos de tratamentos, tanto naturais quanto químicos, com o objetivo de minimizar e ou inibir tais ataques. Um que merece destaque é o tratamento natural utilizando tanino acoplado ao sistema que utiliza o método Bouchiere Modificado, idealizado por um grupo de pesquisadores da UEL coordenado por Gilberto Carbonari (Carbonari, 2013), com isenção de ataque em mais de cinco anos de tratamento. De acordo com os experimentos realizados pelo mesmo, os bambus submetidos a este tratamento são qualificados para fins estruturais. A título de esclarecimento, o tanino é uma substância natural encontrada em plantas, e que atua como defensor contra o ataque de herbívoros.

Por outro lado, as propriedades mecânicas que o bambu apresenta são fundamentais, quando se pretende utilizar esse material como elemento estrutural (Ghavami e Marinho, 2001; Carbonari et al., 2016; e Carbonari, 2017). Além disso, trabalhos prévios comprovam que é possível utilizar o bambu em sistemas estruturais, especialmente as lajes mistas bambu-concreto (Ghavami, 1995; Ghavami, 2005; e Acosta e Carbonari, 2017).

Considerando a durabilidade conferida aos bambus por meio de tratamentos naturais, e as excelentes propriedades mecânicas que este material apresenta, torna-se possível o investimento em pesquisas cujos objetivos estejam relacionados com a sua aplicação em elementos estruturais das edificações.

No caso deste trabalho, trata-se de uma vigota pré-fabricada, composta por bambu e concreto, fazendo o uso de conectores de cisalhamento em bambu, produzida de acordo com preceitos da construção racionalizada (Figura 1a). A referida vigota, em seu uso pleno, fará parte do sistema de lajes de edificações, que se completa com o uso de EPS, uma malha de distribuição em bambu e uma capa superior de concreto executada in loco, na obra (Figura 1b). Difere dos sistemas convencionais de vigotas por ser um sistema leve, devido ao uso de concreto de baixa densidade (agregado de argila expandida) no preenchimento parcial da vigota e sustentável, visto que, este sistema dispensa a utilização do aço. Esta ideia foi concebida também pelo grupo de pesquisa Bambu-UEL (Carbonari e Lopes, 2018).

Acosta e Carbonari (2017) desenvolveram lajes mistas em bambu com concreto leve, posicionando o primeiro material na região tracionada em formato “meia-cana” justapostos e o segundo na região tracionada até a linha neutra. Realizaram ensaios de resistência à

flexão e concluíram que, apesar de deficiências na interface bambu-concreto, as lajes apresentaram comportamento mecânico praticamente linear entre a carga e o deslocamento, em seu trecho inicial, e dúctil na ruptura, impondo uma condição favorável para aplicações práticas. Essa mesma pesquisa serviu de base para a realização do presente trabalho.

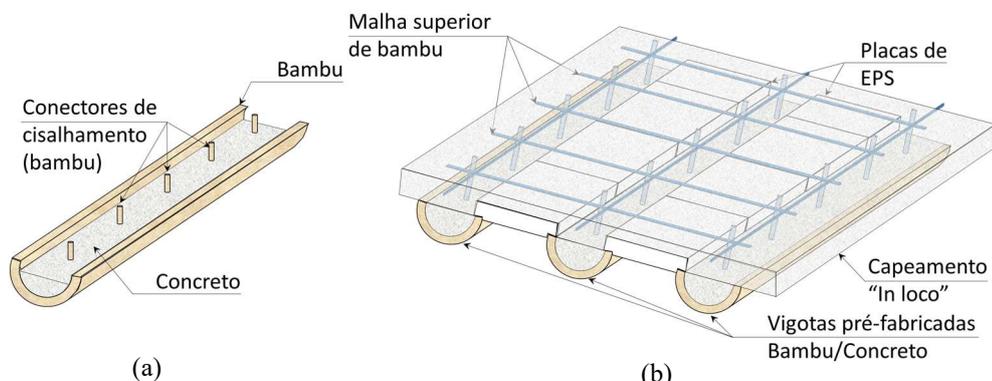


Figura 1a: Vigota pré-fabricada bambu-concreto; Figura 1b: Laje mista bambu-concreto.
 Fonte: elaborado pelos autores.

O objetivo principal deste trabalho é o de analisar o comportamento estrutural e avaliar a viabilidade técnica deste novo sistema construtivo frente as situações de uso, lembrando que as lajes têm como finalidade conduzir as cargas atuantes para as vigas da edificação, aliada a garantia de segurança e conforto ao usuário. Para tanto, foram ensaiadas em laboratório cinco lajes, onde se avalia a influência dos conectores: tipo (bambu e aço), tamanho (4 cm e 12 cm), e espaçamento (5 cm e 10 cm). Com isso, foi possível comparar e verificar a influência de cada conector de acordo com os resultados obtidos. No estudo, foi utilizado o bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* (Pinheiro e Nunes, 2007; Carbonari, 2017).

2. Materiais e métodos

Os objetos estudados nesse trabalho são lajes mistas com vigotas pré-fabricadas unidirecionais utilizando bambu, concreto e placas de EPS com diferentes conectores entre si. Foram ensaiadas 5 lajes, todas com 160 centímetros de comprimento, 75 centímetros de largura e altura de aproximadamente 15 centímetros. A definição da largura está relacionada às limitações dos equipamentos do laboratório, sendo este o valor máximo possível para a realização dos ensaios. A Figura 2 ilustra as dimensões supracitadas:

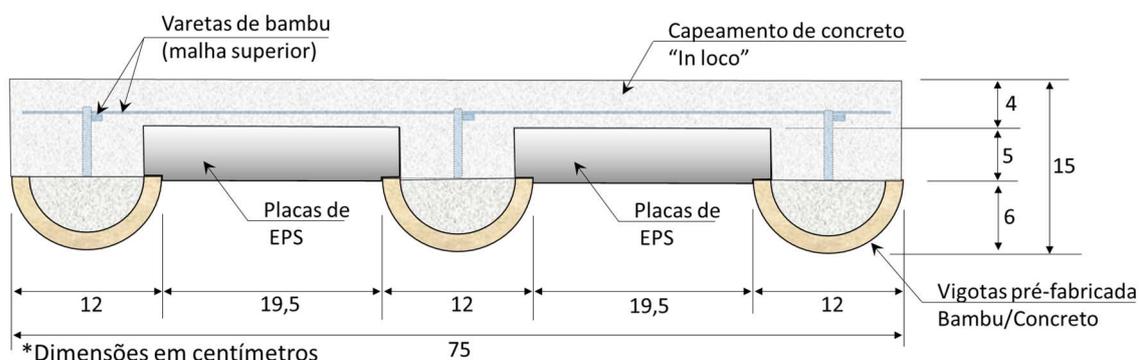


Figura 2: Layout genérico das lajes ensaiadas. Fonte: elaborado pelos autores.

Na tabela 1 são detalhados os principais parâmetros avaliados:

Laje	Tipo de conector	Comprimento dos conectores (cm)	Espaçamento entre conectores (cm)
LCB12e10	Bambu	12	10
LCB12e5	Bambu	12	5
LCB4e5	Bambu	4	5
LCA12e10	Aço	12	10
LCA12e5	Aço	12	5

Tabela 1: Parâmetros avaliados experimentalmente. Fonte: elaborado pelos autores.

O procedimento detalhado de toda a produção e ensaios das lajes será mostrado nos próximos tópicos.

2.1 Extração do bambu

Os bambus utilizados nos ensaios foram retirados do Jardim Botânico da cidade de Londrina – PR (Figura 3a). Utilizando a experiência de mais de 10 anos com pesquisas em bambu, por meio da coloração, da presença de musgos e líquens, etc., foram escolhidos os colmos com 4 e 8 anos de idade. Após o corte, os colmos de bambu foram mantidos no local da colheita apoiadas em calços de madeira por 15 dias, com o objetivo de cura e secagem parcial das mesmas (Figura 3b).



Figura 3a: Bambuzal no Jardim Botânico em Londrina – PR; Figura 3b: Utilização de calços de madeira durante o corte. Fonte: elaborado pelos autores.

2.2 Preparação das vigotas

Após o extração e secagem parcial, as varas foram transportadas para o Laboratório de Estruturas da UEL, onde foi realizado o corte longitudinal, resultando em duas “meias-canas” de bambu por vara. É importante ressaltar que o local de armazenamento das mesmas era plano, seco e coberto, como pode ser visto na Figura 4. Na sequência, efetuou-se a aplicação de inseticida/cupinicida para evitar o ataque de organismos xilófagos.

Os critérios utilizados para selecionar as “meias-canas” para a montagem das lajes foram o diâmetro externo, espessura de parede e na retilineidade das varas. Aquelas que possuíam diâmetro externo médio menor que 12 centímetros foram descartadas dos ensaios, assim como aquelas que estavam visualmente tortas. E em relação à espessura da parede, foram selecionadas aquelas que possuíam um valor médio de 1,5 centímetros.



Figura 4: Local de armazenamento das varas de bambu. Fonte: elaborado pelos autores.

As peças selecionadas, as varas passaram por um processo de limpeza por jateamento de ar e, em seguida, foi realizada a marcação e a perfuração dos pontos onde seriam fixados os conectores. Há variação dos tamanhos, tipos de materiais (bambu ou aço) e espaçamentos entre os conectores, porém o diâmetro de furação é sempre o mesmo: 5 milímetros. Os pré-furos foram efetuados com o auxílio de furadeira de mesa. Após a pré-furação, os conectores foram cravados a peça, sob impacto mecânico. É válido ressaltar que os conectores cravados na parede interna da meia-cana em torno de 5 milímetros (menos que a metade da espessura). O procedimento não gerou nenhum dano a parede do bambu, tais como fissuras ou rachaduras. A Figura 5a elucida o processo.

De maneira análoga ao concreto armado, o bambu foi idealizado resistindo à tração, suprimindo a inexistência de armaduras e, portanto, posicionado na face inferior da laje. O concreto de preenchimento das “meias-canas” possui pouca ou nenhuma função estrutural tendo basicamente finalidade de preenchimento e visando maior leveza, foi utilizado argila expandida previamente saturada por 24 horas. O traço unitário em massa foi de 1:1,80:2,25 (cimento Portland do tipo CP II-Z 32, areia quartzosa natural fina e a mistura entre brita nº 1 de basalto e argila expandida, respectivamente) e relação água/cimento de 0,50. A proporção do agregado graúdo foi dividida em 60% de brita nº 1 e 40% de argila expandida. O adensamento foi feito com o auxílio de uma colher de pedreiro. Este concreto foi preparado para adquirir um alto índice de rugosidade, pois ele terá contato direto com o concreto da capa da laje, melhorando assim a aderência entre eles. A Figura 5b mostra algumas meias-canas recém concretadas.

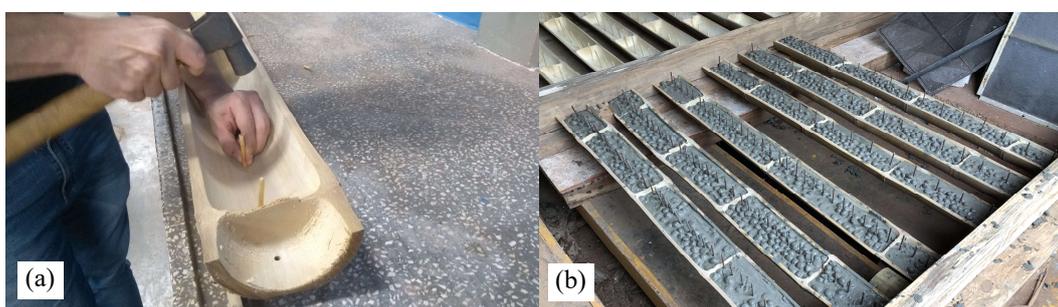


Figura 5a: Fixação dos conectores; Figura 5b: Meias-canas de bambu preenchidas com concreto leve (acréscimo de argila expandida). Fonte: elaborado pelos autores.

2.3 Montagem das lajes

As vigotas foram posicionadas dentro da forma de modo que duas delas ficassem nas extremidades e uma terceira no centro. O bom alinhamento e nivelamento é essencial nesta etapa, por isso foram usados calços de madeira para tal função, quando necessário. Em seguida foram posicionadas as placas de EPS nos vãos das vigotas. Cada placa de EPS possui

as dimensões de 80x20x5 centímetros (comprimento, largura e altura, respectivamente), totalizando quatro placas por laje. Além disso, elas sofreram um pequeno corte nas extremidades laterais da parte inferior para facilitar no encaixe com as vigotas.

Por fim, preparou-se as malhas de distribuição, que foram filetes de bambu de seção quadrada de 1 centímetro, formando uma malha de 15x15 centímetros. A união dela foi feita com cola branca para madeira. As Figura 6a e b, ilustram o *layout* das lajes antes da concretagem final. Vale ressaltar que antes de realizar a concretagem, foi feita a vedação de todo e qualquer vazio na lateral das formas, impedindo a saída de nata de cimento.

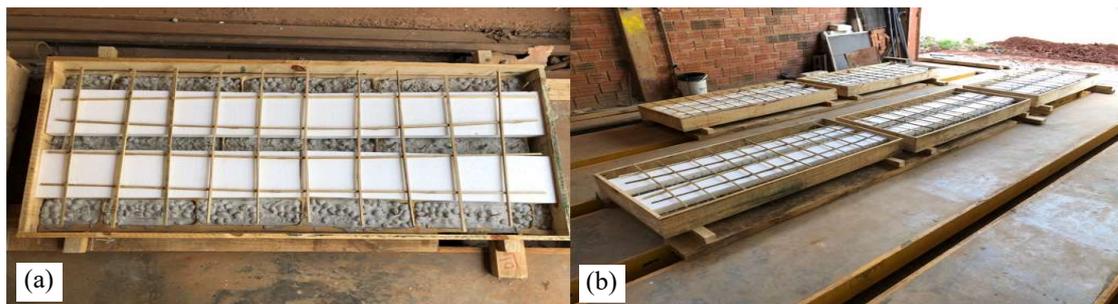


Figura 6a: Laje preparada para concretagem; Figura 6b: Lajes preparadas para concretagem. Fonte: elaborado pelos autores.

2.4 Concretagem das lajes

O concreto utilizado foi produzido *in loco*, em betoneira estacionária, com traço unitário em massa de 1:1,75:2,25 (cimento Portland do tipo CP II-Z 32, areia quartzosa natural fina e brita nº 1 de basalto, respectivamente) e relação água/cimento de 0,45. No ensaio de abatimento do cone (*slump test*), foi encontrado um valor de aproximadamente 150 milímetros, podendo ser considerado um concreto de alta trabalhabilidade. A concretagem das lajes foi efetuada em duas etapas e para cada uma foram moldados três corpos de prova para a determinação da resistência à compressão.

As etapas de concretagem foram realizadas em dois dias subsequentes: duas lajes em um dia (Figura 7a) e as outras três no dia seguinte. A Figura 7b mostra detalhes do nivelamento do concreto. Durante a concretagem foi observado que a estanqueidade da laje era satisfatória, não havendo perda de pasta de cimento na lateral das formas. É importante destacar que as lajes foram devidamente molhadas durante os primeiros dias após a concretagem, com o objetivo de obter uma cura ideal do concreto. Após 15 dias, foram feitas as desformas das lajes (Figura 8).



Figura 7a: Lajes recém concretadas (1ª etapa); Figura 7b: Detalhe do nivelamento do concreto.



Figura 8: Aspecto final da laje após desforma. Fonte: elaborado pelos autores.

2.5 Ensaios de resistência

Os corpos de prova das respectivas concretagens foram curados imersos em tanque de água fria e rompidos com 15 dias de idade. O valor médio de resistência à compressão foi de 26,0 MPa, com desvio padrão de 1,68 MPa.

Na sequência, iniciou-se o procedimento para a realização do ensaio da resistência à flexão simples das lajes. Os ensaios foram realizados em dois dias, de acordo com a data da concretagem, fazendo com que o período de cura fossem exatos 15 dias. Ou seja, duas lajes em um dia e as outras três no dia seguinte. O ensaio de flexão foi realizado no Laboratório de Estruturas da UEL. Foi utilizado um pórtico de reação para de até 70 kN, acoplado de um macaco hidráulico e uma célula de carga com capacidade de 100 kN. As lajes foram preparadas de modo que ficassem bi-apoiadas com um vão livre de 150 centímetros.

O ensaio foi realizado aplicando-se uma carga pontual no centro do vão da laje, distribuída transversalmente através de um perfil metálico. Devido às irregularidades da superfície da laje, inicialmente o perfil metálico não tinha contato pleno com a laje em toda a seção, apenas em alguns pontos. A fim de minimizar tal efeito, foi utilizado uma borracha do tipo *Neoprene* entre o perfil metálico e a laje, de aproximadamente 7 milímetros de espessura.

Três transdutores de deslocamento (LVDT) foram posicionados no centro do vão, sendo um em cada extremidade da laje e um ao centro, próximo ao macaco hidráulico, como é mostrado na Figura 9a. Foram utilizados dois relógios comparadores (Figura 9b), um em cada apoio, como é ilustrado na Figura 10.



Figura 9a: Preparação dos ensaios e posicionamento dos LVDTs; Figura 9b: Relógio comparador posicionado na região do apoio. Fonte: elaborado pelos autores.

O ensaio de flexão foi realizado em velocidade constante até a ruptura da laje, sendo transferidos os dados de carga e deslocamento para o sistema de aquisição de dados, com exceção do transdutor do apoio, no qual era preciso coletar os resultados manualmente através do relógio comparador.



Figura 10: Posicionamento do relógio comparador na região do apoio. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Resultados e discussões

Todas as lajes tiveram rupturas semelhantes, obedecendo mesmos mecanismos, ou seja, falha nos conectores que fazem as ligações dos colmos de bambu com o concreto, conforme estão evidenciados nas fotos da Figura 11.



Figura 1: Mecanismos de rupturas das lajes (falha na aderência entre os colmos de bambu e o concreto). Fonte: elaborado pelos autores.

Houve descolamento da parede do bambu do concreto na maioria das vigotas, juntamente com a aparição de rachaduras longitudinais na região inferior das vigotas, além de ruptura por flexão da capa de concreto. O bambu não sofreu ruptura por tração, o que permitiu um comportamento dúctil da laje. Isso comprova as elevadas propriedades mecânicas bambu, sobretudo a resistente à tração.

Os diagramas carga versus deslocamento, que estão indicados na Figura 12, correspondem aos valores médios dos três sistemas de medição (LVDTs) situados no centro das lajes. Esses valores já estão corrigidos pelos deslocamentos medidos nos apoios, por meio dos relógios comparadores.

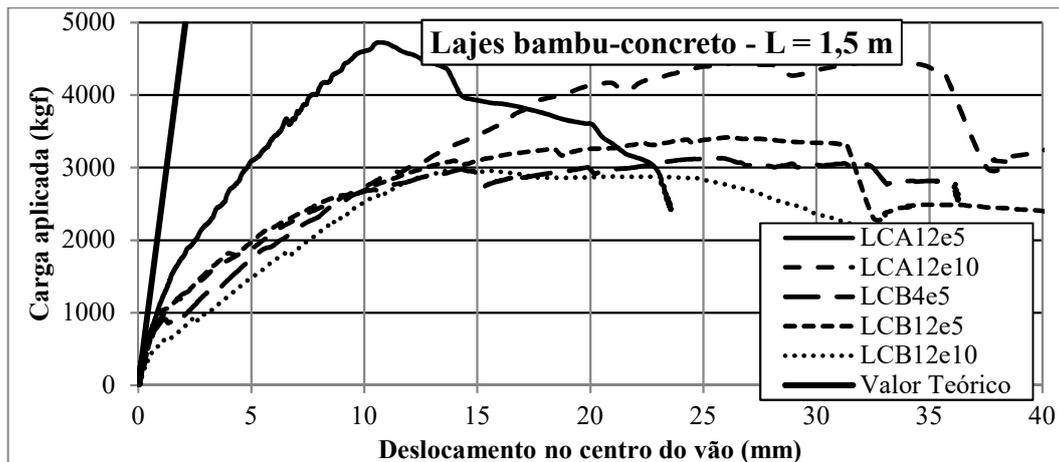


Figura 12: Curvas Carga versus deslocamentos das lajes ensaiadas. Fonte: elaborado pelos autores.

Analisando as curvas da Figura 12, observa-se que as lajes com conectores de aço (LCA12e5 e LCA12e10) apresentaram cargas de ruptura maiores que as lajes compostas por conectores de bambu. Além disso, entre as duas lajes com conectores de aço, a que teve espaçamentos a cada 5 cm apresentou maior carga de ruptura e maior rigidez que a que teve espaçamentos a cada 10 cm.

Entretanto, as lajes com conectores de bambu também apresentaram um excelente comportamento mecânico, com cargas de ruptura muito maiores que as cargas utilizadas nos projetos estruturais, conforme será explicado a seguir.

Considerando o ELU (Estado Limite Último) das lajes, conforme se observa nas curvas da Figura 12, todas as lajes apresentaram um comportamento muito dúctil, adequado para a aplicação estrutural.

Já no ELS (Estado Limite de Serviço), é possível analisar o comportamento mecânico das lajes tanto para as cargas de norma, como também, dos limites de deslocamentos.

Considerando uma carga total de 350 kgf/m^2 na laje de 1,5 m de comprimento, e 0,75 m de largura, isso equivale a uma carga resultante de $\sim 400 \text{ kgf}$ ($=350 \text{ kgf/m}^2 \times 0,75\text{m} \times 1,5 \text{ m}$), muito abaixo da menor carga de ruptura medida das lajes, que foi de $\sim 3000 \text{ kgf}$ (ver Figura 13).

Por outro lado, segundo os limites estabelecidos pela ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), os deslocamentos máximos não podem exceder a relação entre $L/250$, sendo L o vão entre apoio das lajes, que no caso deste trabalho, é de 1,5 m. Portanto, o valor máximo deveria ser de $1500/250 = 6 \text{ mm}$. Conforme se observa nas curvas da Figura 14, para a carga de serviço de 400 kgf , se teria um deslocamento de $\sim 0,35 \text{ mm}$, muitas vezes menor 6 mm. Atendendo com sobra os limites da norma.

Também é possível obter a rigidez média aproximada (EI) das lajes, utilizando os resultados experimentais das lajes ensaiadas. Como foi aplicada uma carga concentrada no centro do vão das lajes, o deslocamento neste ponto pode ser calculado por $y=PL^3/(48EI)$. Como são conhecidos $P=400 \text{ kgf}$, $y=0,35 \text{ mm}$, $L=1500 \text{ mm}$, a rigidez média é de $EI=400 \times 1500^3 / (48 \times 0,35) = 8 \times 10^{10} \text{ kgf.mm}^2$.

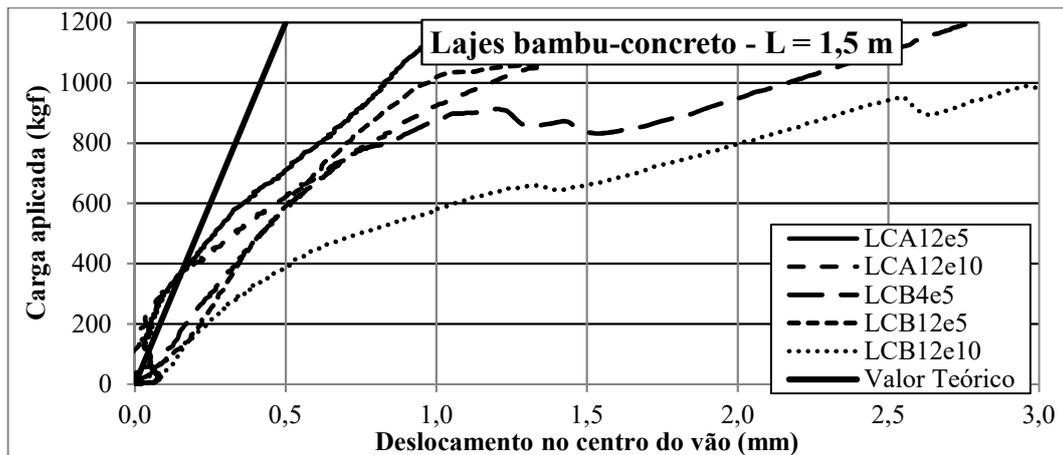


Figura 13: Curvas Carga versus deslocamentos das lajes ensaiadas – carga até 1200 kgf.
 Fonte: elaborado pelos autores.

Como os deslocamentos medidos para carga de serviço ficaram muito abaixo dos limites normativos, é possível verificar a possibilidade de se utilizar essa mesma seção transversal da laje para um vão de 3 m. Nesse caso, utilizando a mesma carga total de 350 kgf/m^2 , se obtém uma carga distribuída no comprimento de $350 \times 0,75 \text{ m} = 262,5 \text{ kgf/m}$. Com isso, o deslocamento máximo seria de $5 \times 262,5 \times 10^{-03} \times 3000^4 / (384 \times 8 \times 10^{10}) = 3,5 \text{ mm}$, que ainda é menor que o limite estabelecido pela ABNT NBR 6118 de $3000/250 = 12 \text{ mm}$. Ou seja, essa mesma seção transversal, utilizada nos ensaios, também seria possível utilizar para vãos de até 3m, atendendo as condições de serviço das lajes.

4. Conclusões

Respondendo a pergunta do título deste artigo, em função dos resultados e análises realizadas, é possível concluir que é viável tecnicamente o uso de lajes mistas bambu-concreto com zero consumo de aço. Mas, ainda faltam outros ensaios mecânicos, instantâneos e de longa duração, para comprovar a sua aplicação como elemento estrutural de edificações. Embora os conectores de aço apresentaram um comportamento mecânico melhor que os de bambu, todos atenderam as condições de ELU e ELS.

Comprovou-se que a mesma seção transversal utilizadas nos estudos deste trabalho, onde as lajes possuem 1,5 m comprimento, também pode ser utilizada para lajes com vão de 3 m, e que já estão previstos nos próximos ensaios do grupo de pesquisa Bambu-UFL, cadastrado no CNPQ, a serem realizados no primeiro semestre de 2019.

Da metodologia experimental utilizada neste estudo, também se observou da necessidade de utilizar uma mesma altura das meias canas de bambu, independente dos diâmetros que pode ter os colmos. Isso garante um apoio completo de todas as vigotas no momento do carregamento.

Agradecimentos

Aos técnicos do Laboratório de Estruturas da UEL, Luís Gustavo, Carlos e Reginaldo, pela colaboração na execução da metodologia, ao Curso de Especialização em Engenharia de Estruturas-CTU-UFL, e ao Jardim Botânico de Londrina, por fornecer os colmos de bambu.

Referências

ACOSTA, Caio C. V.; CARBONARI, Gilberto. Laje mista de bambu-concreto leve: Estudo teórico e experimental. *Mix Sustentável*, Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 48-56, maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

CARBONARI, Gilberto. Tratamento do Bambu com Tanino. 2013. (Brasil). Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020130207888, título: "Tratamento do Bambu com Tanino", Instituição de registro: INPI Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

CARBONARI, Gilberto; LOPES, Lucas Augusto Milani. Vigotas pré-fabricadas de bambu-concreto (zero aço) para lajes. 2018. (Brasil). Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020180157116, título: "Vigotas pré-fabricadas de bambu-concreto (zero aço) para lajes", Instituição de registro: INPI Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

CARBONARI, G.; DA SILVA JR, Nelson Matias; PEDROSA, Nicolas Henrique; ABE, Camila H.; SCHOLTZ, Marcos F.; ACOSTA, Caio. C. V.; CARBONARI, Luana T. Propriedades Mecânicas de Várias Espécies de Bambu. In: XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2016, Curitiba. Anais do EBRAMEM-Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2016.

CARBONARI, G.; DA SILVA JR, Nelson Matias; PEDROSA, Nicolas Henrique; ABE, Camila H.; SCHOLTZ, Marcos F.; ACOSTA, Caio. C. V.; CARBONARI, Luana T. Bambu: O aço vegetal. *Mix Sustentável*, Londrina, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

GHAVAMI, Khosrow. **Ultimate load behavior of bamboo-reinforced lightweight concrete beams**: Cement and Concrete Composites, London, v. 17, n. 4, p. 259-351, 1995.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, A. B. Determinação das propriedades dos bambus das espécies: mosó, matake, guadua angustifolia, guadua tagoara e dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.

GHAVAMI, Khosrow. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. *Cement and Concrete Composites*, London, v. 27, p. 637–649, 2005.

PINHEIRO, Roberta Russo F. K.; NUNES, Paula Maurício. Análise morfológica do bambu dendrocalamus giganteus. In: XV Seminário de Iniciação Científica PUC-Rio, Anais. R.J., p.1-7, 2007.

Estudo experimental da ligação de placas de compensado estrutural com perfis do sistema construtivo light steel framing visando a redução de aço no sistema

Experimental study of the connection between structural plywood board and profiles of the Light Steel Framing construction system aiming at the reduction of steel in the system

Janaína Costa Rezende, Mestranda, Universidade Federal de Minas Gerais

janacrezende@gmail.com

Francisco Carlos Rodrigues, Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais

francisco@dees.ufmg.br

Rodrigo Barreto Caldas, Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais

caldas@dees.ufmg.br

Ana Carolina Saraiva Cardoso, Mestranda, Universidade Federal de Minas Gerais

carolsaraivacardoso@yahoo.com.br

Resumo

O sistema conhecido mundialmente como Light Steel Framing vem ganhando espaço no cenário da construção civil brasileira. Diante disso, esta pesquisa tem por objetivo principal investigar, por meio de um estudo experimental, o comportamento da ligação do compensado estrutural com os perfis do sistema construtivo Light Steel Framing. Para alcançar o objetivo da pesquisa, foi feita uma revisão bibliográfica; a caracterização, por meio de ensaios de flexão e de cisalhamento, das placas de compensado; a avaliação do conjunto formado pelos parafusos de ligação e as placas de compensado fixadas nos perfis do sistema Light Steel Framing; e também, uma análise da possibilidade da eliminação do contraventamento com fitas de aço galvanizado comumente feito nos painéis de Light Steel Framing. Espera-se que este estudo contribua com a redução de aço no sistema, principalmente em edificações de interesse social, e com a difusão do conhecimento técnico sobre o assunto.

Palavras-chave: Light steel framing; Compensado estrutural; Painel de cisalhamento.

Abstract

The system known worldwide as Light Steel Framing it has been gaining ground in the Brazilian civil construction scenario. Therefore, this research has as main objective to investigate, by mean

an experimental study, the behavior of the connection of the structural plywood with the Light Steel Framing profiles system. To achieve the research objective, a bibliographic review was being done; the description, by means of flexure and shear tests, of the plywood boards; the evaluation of the connecting between self-tapping screws and the plywood boards fixed in the Light Steel Framing profiles system; and also an analysis of the possibility of eliminating of the galvanized steel strips bracing commonly made in the Light Steel Framing panels. It is hoped that this study will contribute to the steel reduction in the system, especially in buildings of social interest (low cost construction), and to the diffusion of technical knowledge about this subject.

Keywords: *Light steel framing; Structural plywood; Shear wall*

1. Introdução

Após a Primeira Revolução Industrial, o ferro ganhou grande importância no cenário europeu, uma vez que ele foi utilizado em aplicações diversas. Com a Segunda Revolução Industrial, no fim do século XIX, o emprego do aço ganhou força e grandes edifícios europeus começaram a ser construídos em aço, ferro e vidro, como o Palácio de Cristal, em 1851, em Londres, e a Torre Eiffel, em 1889, em Paris. Nos Estados Unidos, o primeiro prédio feito em estrutura metálica foi o Home Insurance Company em Chicago, em 1885 (CONSUL STEEL, 2002).

Entre os anos de 1810 a 1860, a população dos Estados Unidos cresceu 10 vezes causando uma alta demanda, principalmente de habitações. Para atender a procura por moradias, buscou-se um sistema rápido, produtivo e prático, dos conceitos vindos da revolução industrial. Devido as grandes reservas florestais dessa época, surgiu o sistema construtivo denominado Wood Framing pelo emprego de madeira como matéria-prima (BEVILAQUA, 2005). Com o desenvolvimento tecnológico, o uso do aço nas construções foi sendo aprimorado, e ao fim da Segunda Guerra Mundial, surge naquele país um novo sistema, que ficou conhecido como Light Steel Framing (LSF), feito basicamente de perfis leves de aço galvanizado formados a frio.

No Japão, após a segunda Guerra Mundial, devido aos constantes incêndios ocasionados pelos ataques que o país sofria e, com o intuito de proteger as reservas de madeira, o governo proibiu o uso desse material nas construções, o que alavancou o uso de perfis de aço nas construções naquele país, tornando-o um grande produtor desse material. (SANTIAGO *et al.*, 2012).

O LSF é um sistema construtivo com inúmeras vantagens. Sua concepção é feita de forma racional, permitindo uma construção a seco, com poucos resíduos de obra, além de poder ser feito de forma rápida, em comparação às construções feitas em alvenaria.

O sistema é composto por perfis de aço galvanizado formados a frio que são obtidos a partir de bobinas de aço Zincado de Alta Resistência (ZAR) – 150 g/m² (alumínio-zinco) e 275 g/m² (zinco) e, tem resistência ao escoamento de no mínimo 230 MPa. Sua capacidade autoportante é devido a forma alinhada no qual se encontram os perfis, dando origem ao termo “in line framing”.

Seu sistema estrutural é dividido em dois subsistemas, os verticais e os horizontais, sendo que os subsistemas horizontais são suportados pelos verticais. Assim, os horizontais são

responsáveis por receber e transmitir as cargas de piso e teto, e os verticais conduzem as cargas verticais e horizontais para a fundação do edifício (RODRIGUES, 2016).

Para garantir que o sistema resista também aos esforços horizontais, é necessário que haja um contraventamento na parede estrutural (shear wall), que pode ser feito com fitas de aço galvanizado, bem como com painéis de revestimento.

Além do sistema principal, constituído de perfis de aço, há outros elementos que o compõe, como a fundação, os revestimentos estruturais e não-estruturais, como placas de madeira, placas cimentícias e placas de gesso, as instalações hidráulicas e elétricas, e também os isolamentos termo - acústicos.

Atualmente, o sistema é comumente empregado em países onde a construção civil é predominantemente industrializada. No Brasil, um dos maiores produtores de aço do mundo, as construções feitas em concreto armado ainda são predominantes, e o LSF ainda é pouco utilizado. No entanto, o uso do aço vem aumentando consideravelmente no país desde a década de 1980.

Diante desse contexto, esta pesquisa tem por objetivo principal analisar o comportamento da ligação do compensado estrutural no reticulado metálico do sistema construtivo LSF, por meio de um estudo experimental. Para isto, interessa avaliar o comportamento da ligação feita com parafusos autoatarraxantes entre as placas de compensado estrutural e o reticulado metálico do sistema LSF, assim como determinar ou confirmar, por meio de ensaios, algumas propriedades mecânicas do compensado. Com isso, este estudo poderá contribuir com a redução de aço no sistema Light Steel Framing, uma vez que tais placas podem vir a substituir as fitas de aço galvanizado utilizadas no contraventamento dos painéis estruturais, além de contribuir para a difusão do conhecimento técnico a respeito desse sistema e promover o seu uso no país.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Pannel de cisalhamento

Para que o sistema LSF consiga resistir a esforços horizontais, é necessário que haja um contraventamento feito nas paredes estruturais, compostas de montantes separados entre si por 400 ou 600 mm, com fitas de aço galvanizado, pré-determinado no projeto, cuja forma mais comum é em formato de "X", como mostra a Figura 1. Quando esse formato não é adequado devido, por exemplo, a alguma abertura, pode-se utilizar o contraventamento em outros formatos, como em "K", "Λ" e "V" (RODRIGUES, 2016). Ainda é possível utilizar painéis estruturais de madeira, como o compensado e a placa de OSB, além de placas cimentícias para garantir a estabilidade da estrutura. O efeito diafragma é a capacidade que essas paredes têm em resistir às forças laterais, e o painel recebe o nome de diafragma rígido ou painel de cisalhamento (shear wall).



Figura 1: Painel com contraventamento em "X". Fonte: Santiago, et al. 2012.

As fitas de aço galvanizado são parafusadas com parafusos do tipo HEX com cabeça sextavada em uma placa denominada Gusset, de mesmo material, junto a montantes duplos, que ficam junto a ancoragem (hold down) do painel. Dessa forma, é possível que esforços transmitidos pelo contraventamento sejam absorvidos. Além disso, o ângulo entre a guia inferior e a fita de aço galvanizado deve estar compreendido entre 30° e 60°, para que não haja deformações no painel (RODRIGUES, 2016).

Já as placas de revestimento estruturais podem desempenhar a função de diafragma rígido no lugar das fitas aço galvanizado. No entanto, o desempenho estrutural deve ser garantido pelo fabricante do painel de revestimento ou por instituições de pesquisas por meio de testes comportamentais do material. Para que o painel exerça o efeito diafragma, conforme mostra a Figura 2, é preciso que ele esteja engastado na parte inferior e que seu deslocamento na parte superior esteja dentro dos limites preconizados nas normas brasileiras aplicáveis, dentre elas está a Norma 14762: 2010.

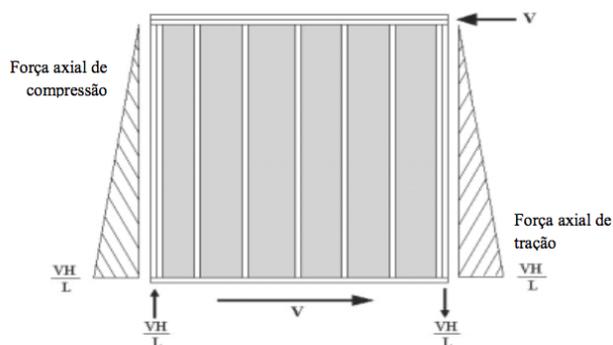


Figura 2: Diagrama das forças do painel de cisalhamento. Fonte: Bredel, 2003

2.2 Placa de compensado

As indústrias do setor florestal no país passaram por muitas mudanças a partir da década de 1980, uma vez que as florestas plantadas de rápido crescimento, como pinus e eucalipto, passaram a ser as principais produtoras de matéria-prima do setor, substituindo as florestas nativas. A madeira do gênero Pinus (taeda e elliotii) foi a primeira a ser usada na

substituição das madeiras nativas e, nos dias de hoje, é uma das mais utilizadas na fabricação de laminados, compensados, aglomerados, MDF e placas de OSB (IWAKIRI *et al.*, 2007).

Conforme a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2007), o compensado é um painel de madeira, conhecido mundialmente por plywood, feito de colagem de lâminas de madeira sobrepostas, cujas fibras são dispostas perpendicularmente a cada lâmina, a fim de que possa garantir maior resistência mecânica e física, como mostra a Figura 3.

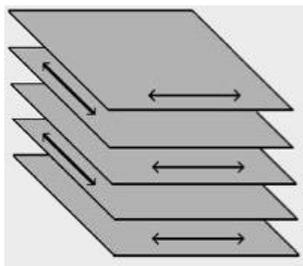


Figura 3: Posicionamento das lâminas de compensado. Fonte: Dias, 2005

Ainda, segundo Iwakiri *et al.* (2007), as resinas de fenol-formaldeído ou ureia-formaldeído são responsáveis pela colagem das lâminas do painel, e o processo de prensagem das lâminas demanda atenção em relação ao teor de umidade e pressão. Ademais, o tipo de resina usada dependerá do tipo de compensado. No mercado há sete tipos de compensados, são eles, laminados, sarrafeados, decorativos, industrial, naval, resinado e plastificado.

A ABIMCI, divide os painéis de madeira compensada quanto aos tipos de aplicação, são eles, os compensados estruturais, utilizados em paredes, pisos e tetos; e, os não estruturais, utilizados em andaimes, tapumes, folhas de porta, bem como na fabricação de móveis e pisos de madeira decorativos.

Segundo seus fabricantes, o compensado estrutural tem qualidade superficial, estabilidade dimensional, assim como, baixa condutividade térmica e acústica, resistência a água e ótimo custo-benefício. Eles são fabricados conforme as normas, que garantem a resistência do compensado estrutural à flexão estática, item importante levado em consideração ao assegurar a estabilidade da estrutura em Light Steel Frame e Wood Frame. A empresa Globalwood, responsável pela fabricação de madeiras serradas, compensados e placas de OSB, faz uma comparação entre o desempenho físico e mecânico do painel compensado e das placas de OSB. Segundo a empresa, os dois painéis são estruturais e têm desempenho semelhante quando produzidos com colas à prova d' água.

2.3 Sustentabilidade

Os compensados, segundo as empresas que os fabricam, estão sob rigorosos critérios socioambientais, com seus produtos feitos de madeira reflorestada e de baixa emissão de formaldeído. Essa preocupação é devido ao fato de a indústria da construção civil ser uma das que mais polui no mundo. Ela gera grande impacto no meio ambiente, sendo uma das grandes responsáveis pela grande quantidade de CO₂ emitido na atmosfera, pelo

esgotamento das reservas naturais, pelo lixo depositado de forma indevida na natureza, pela degradação do solo, entre outros impactos que atingem também outras esferas além da ambiental, como a econômica e a social. Ademais, esse setor não gera resíduos apenas quando está produzindo seus materiais, as edificações quando prontas também geram resíduos ao longo de toda sua vida útil, principalmente quando essas edificações são pouco sustentáveis.

As empresas de placas de compensado, muitas vezes, também garantem, além do uso de madeira reflorestada, a recuperação de áreas degradadas, a conservação de remanescentes florestais, o gerenciamento de resíduos, o controle de atividades ilegais, como a caça, pesca e extração, e, asseguram também o sistema agroflorestal, que permite o uso diversificado da terra. Também, os fabricantes prezam pelo certificado internacional FSC (Forest Stewardship Council), no qual certifica que as madeiras utilizadas sejam produzidas sob condições sustentáveis, visando não só a responsabilidade ambiental, mas também a social e a econômica.

Devido a necessidade da sustentabilidade na construção civil, inúmeras pesquisas estão sendo feitas com o intuito de minimizar os impactos gerados por esse setor. Nesse cenário, podemos encontrar a Análise do Ciclo de Vida (ACV), uma das principais metodologias atuais de análise ambiental, capaz de avaliar os impactos ambientais gerados pelos materiais de construção, desde sua produção até o seu descarte. Apesar de existir muitos estudos na atualidade para diminuir os danos que a indústria da construção civil causa no meio ambiente, ainda é necessário mais investimentos no setor, como políticas públicas de redução de gases na atmosfera e de controle a exploração de recursos naturais, e de incentivo a pesquisas para a criação de materiais construtivos mais sustentáveis.

2.4 Pesquisa realizada por Serrette *et al.* (1997)

Na pesquisa realizada por Serrette *et al.* (1997), foi comparado o comportamento do compensado, placa de OSB, gesso acartonado e MDF no fechamento de paredes estruturais do sistema construtivo LSF. O teste foi feito para um mesmo espaçamento entre os conectores metálicos, com boa fixação e ancoragem das paredes na base. O resultado da Tabela 1 mostra que o compensado possui a maior resistência lateral às paredes em relação aos outros materiais de fechamento.

Material de fechamento	Comparativo de carga máxima
Compensado 11,9mm, APA rated exposure 1 – parafusos No. 8 x 31,7mm	100%
OSB 11,1mm APA rated exposure 1 – parafusos No. 8 x 31,7mm	88%
Gesso acartonado 12,7mm Hardirock – parafusos No. 6 x 25,4mm	38%
Fiberboard 12,7mm Fiberboind – parafusos No. 6 x 31,7mm	35%

Tabela 1: Relação entre a capacidade resistente lateral de paredes com diferentes materiais de fechamento. Fonte: Serrete *et al.*, 1997.

2.5 Pesquisa realizada por Tian *et al.* (2004)

Na pesquisa feita por Tian *et al.* (2004), também foi realizada uma análise da rigidez dos painéis estruturais do sistema LSF, conforme os corpos de provas da Figura 4. Os resultados da pesquisa deixam claro que a placa de OSB e a cimentícia resistem aproximadamente à mesma força cisalhante, se comparados com os resultados apresentados pelos painéis contraventados por fitas metálicas, segundo a Tabela 2. Além disso, observou-se que, quanto maior for a espessura das placas e menor o espaçamento entre os parafusos, maior será a capacidade de o corpo de prova suportar maiores valores de cisalhamento.

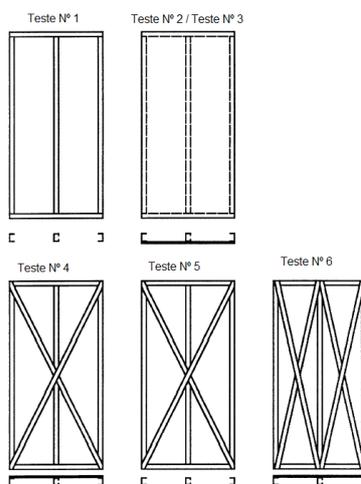


Figura 4: Corpos de Prova. Fonte: Tian *et al.*, 2004.

CP	Descrição	Força máxima cisalhante (KN)
1	Sem contraventamento e sem placa	0,4
2	Com OSB em apenas uma face	9,5
3	Com placa cimentícia em apenas uma face	9,9
4	Com contraventamento em X nas duas faces	10,3
5	Com contraventamento em X apenas uma face	5,2
6	Duplo contraventamento em XX nas duas faces	10,1

Tabela 2: Resultados obtidos. Fonte: Tian *et al.*, 2004

2.6 Pesquisa realizada por Silva (2017)

Silva (2017) comparou as propriedades físicas e mecânicas das placas de OSB com as do compensado naval, a fim de também utilizar as placas de compensado naval no contraventamento e/ou fechamento externo de um edifício em LSF. Segundo o autor, as obras financiadas pela Caixa Econômica Federal permitem apenas uso de placas de OSB e placas cimentícias em seus edifícios em LSF, logo seu trabalho cria uma possibilidade de aumentar a concorrência de placas de madeira estrutural no mercado, diminuindo assim os custos finais da obra em LSF.

O autor realizou ensaios mecânicos, conforme a Figura 5, para determinar o Módulo de Ruptura (MOR), o Módulo de Elasticidade (MOE) e o cisalhamento na linha de cola.

Também efetuou ensaios físicos para determinar o inchamento, o teor de umidade, massa específica aparente e a absorção de água.

Os resultados das análises do comportamento físico do compensado naval foram satisfatórios em relação à placa de OSB. No entanto, as propriedades mecânicas do compensado naval tiveram resultados menores em comparação ao painel de OSB.



Figura 5: Ensaio do compensado naval à Flexão Estática. Fonte: Leite, 2017.

2.7 Ensaio *Push-Test*

Conhecido também como ensaio de cisalhamento ou de deslizamento, o ensaio tipo *push-test*, é normalmente utilizado para a análise de conectores de cisalhamento na interface perfil metálico e concreto. Na literatura atual, foi encontrada a pesquisa desenvolvida por Possas (2015), que analisa o comportamento do reticulado metálico em LSF submetido ao cisalhamento. Assim, foi realizada em seu trabalho uma adaptação com o intuito avaliar o comportamento do parafuso de fixação na interface entre o perfil metálico e as placas de revestimento.

É importante que haja uma ação conjunta entre os três elementos, o reticulado metálico, a placa de revestimento e os parafusos de fixação, pois é nesse conjunto que atuam as forças de cisalhamento, as quais são transmitidas, pelos parafusos de fixação, para os elementos que compõem o reticulado metálico.

No ensaio de cisalhamento (*push-test*), o Eurocode 4 (EN 1994- 1-1:2004) recomenda aplicar incrementos de carga até atingir 40% da carga máxima esperada; em seguida, realizar 25 ciclos de carga/descarga entre as cargas correspondentes a 5% e 40% da de ruptura, evitar que esses incrementos provoquem ruptura antes de um período de 15 minutos; monitorar, durante todo o ensaio, o deslizamento relativo entre os componentes principais do corpo de prova, sendo este medido pelo menos até que a carga aplicada decresça em 20% da máxima e, medir, próximo aos conectores, a separação transversal entre os componentes principais.

Na pesquisa feita por Fuentes *et al.* (2014), realizou-se ensaios de cisalhamento entre perfis de madeira e placas de OSB. Os ensaios foram feitos com placas de OSB; grampos orientados a 0°, 45° e 90°; com e sem cola e carregamento nas direções paralela e perpendicular das fibras de madeira. Os resultados mostraram que quanto maior for a espessura das placas de OSB com grampos orientados perpendicularmente à direção das fibras de madeira (90°), menor o espaçamento entre eles, maior número de grampos, sem uso de cola, maior será a capacidade de o corpo de prova suportar o incremento de força.

3. Procedimentos metodológicos

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, foi feita uma revisão bibliográfica a fim de verificar os ensaios que já foram realizados e os seus respectivos resultados para uma comparação posterior com os ensaios realizados durante este trabalho. Também, foi feito um estudo de normas brasileiras e estrangeiras com ênfase em recomendações referentes aos parafusos, propriedades mecânicas, resistências, dentre outras peculiaridades pertinentes ao assunto abordado.

Além da revisão bibliográfica, foi feita a determinação, por meio de ensaios de flexão e cisalhamento, de algumas propriedades mecânicas do compensado estrutural nas direções longitudinal e transversal da placa, tais como: módulo de elasticidade longitudinal; módulo de elasticidade transversal; tensão de ruptura à flexão estática e, tensão de cisalhamento.

Ademais, foram realizados os ensaios de cisalhamento, com variações nas espessuras do compensado e do perfil metálico considerando o espaçamento entre os parafusos incluído o posicionamento, para analisar o comportamento do conjunto compensado, parafuso e reticulado. Esse ensaio é determinado por meio de uma adaptação dos ensaios de cisalhamento, do tipo *Standard Push Test*, preconizado pelo Eurocode 4 (EN 1994-1-1, 2004).

Para facilitar os ensaios, os espécimes foram nomeados segundo a expressão: “*M1-A(0,80)- C (11,1) -L ou T -150 - E (1, 2 ou 3)*”, no qual “M1” é o tipo de modelo a ser ensaiado; “A” representa a espessura da chapa de aço dada em milímetros; “C” representa a espessura da placa de compensado, dada em milímetros; “L” e “T” representam a direção do corte da placa, sendo “L” as placas com corte na direção longitudinal às fibras externas da madeira e “T”, as placas na direção transversal; “150” é o espaçamento axial entre os parafusos, também dado em milímetros; e “E”, representa o número do espécime.

4. Resultados

Como parte dos resultados desta pesquisa de mestrado, foi feita uma série de ensaios para análise da ligação entre a placa de compensado estrutural e o perfil formado a frio. Na Figura 6 têm-se um espécime denominado de “*M1- 0,80 - C11,1- L -150 -E3*”, fabricado com montantes na extremidade, espaçados entre si de 400 mm, e com placas de compensado estrutural fixadas no perfil por parafusos autoatarraxantes, espaçados a cada 150 mm entre seus eixos. A chapa de aço utilizada tem espessura 0,80 mm de espessura e a placa de compensado tem espessura nominal de 11,1 mm.

Dessa forma, é realizado o ensaio *push-test*, e analisado o deslocamento médio da placa de compensado em relação ao reticulado metálico, concomitante ao incremento de força. Na Figura 7, tem-se um gráfico com a apresentação dos resultados de seis espécimes semelhantes a Figura 6. No entanto, três destes têm placas com corte na direção longitudinal às fibras da madeira, e contém a letra “L” em sua nomenclatura, e outros três, estão na direção transversal, e contém a letra T, na sua nomenclatura, como mostra a legenda da Figura 7.

Pode-se observar no gráfico que as placas na direção transversal às fibras de madeira suportam mais incremento de força e se deslocam mais em comparação às placas com corte na direção longitudinal. Além disso, os espécimes com placa de corte transversal apresentam uma maior área no gráfico em relação aos espécimes com corte transversal.

Ademais, é determinado o valor de rigidez inicial (K_e) em cada ligação dos espécimes. Para isso, são considerados o valor entre 0,4 e 0,8 da força máxima atingida por cada parafuso e o deslocamento correspondente a essa variação. No exemplo ilustrado na Figura 7, foi encontrado um valor médio de K_e , para os espécimes com placas de corte na direção longitudinal, dado por 1556,62 N/mm e para as placas com corte na direção transversal foi encontrado o K_e com o valor médio de 1017,34 N/mm, uma vez que quanto maior a rigidez, menor o deslocamento médio.

Este trabalho é parte de uma pesquisa para a verificação posterior de uma possível substituição de parte do contraventamento do sistema LSF, por placas de compensado estrutural. Além dos ensaios de *push-test*, foram realizados ensaios para a caracterização da placa de compensado, a fim de poder compará-la a outros materiais de revestimento mais utilizados como o painel de OSB e a placa cimentícia.



Figura 6: Foto do espécime 'M1- 0,80- C11,1 - L- 150' ensaiado. Fonte: elaborado pelos autores.

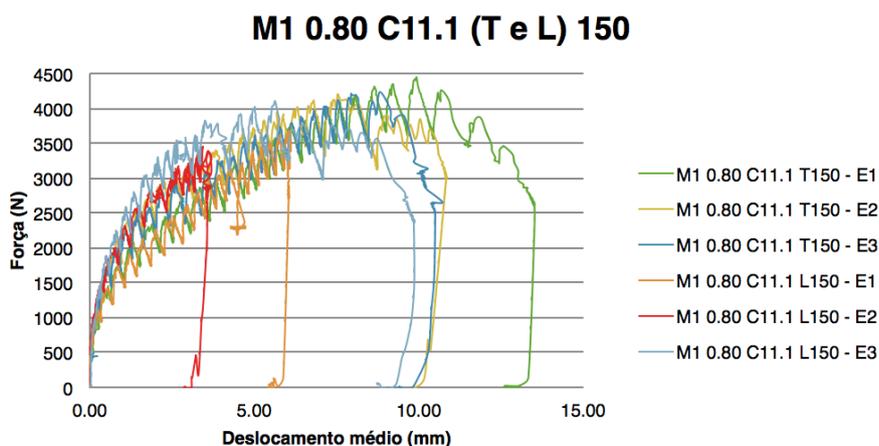


Figura 7: Gráfico Força x Deslocamento de algum dos modelos ensaiados. Fonte: elaborado pelos autores.

5. Considerações finais

Conforme as análises dos resultados deste trabalho, tem-se que os espécimes com placas com corte transversal têm certa tendência em suportar valores de cargas análogas em relação aos espécimes com placas de corte longitudinal. Os espécimes com placas com corte transversal suportaram cerca de 4,92% a mais de força em relação aos espécimes com corte longitudinal. Trata-se, portanto, de uma baixa diferença percentual. Enquanto, para os valores de K_e , os espécimes com corte longitudinal apresentaram valores de rigidez da ligação cerca de 53,01% maior em relação aos espécimes com corte transversal. Esse fato é explicado devido aos maiores valores de deslocamentos alcançados pelos espécimes com corte transversal.

Dessa forma, com base no gráfico analisado, recomenda-se que para suportar menores valores de deslocamento médio para uma mesma força, é indicado que o sistema LSF tenha em suas paredes estruturais placas trabalhando na direção longitudinal. No entanto, é necessário um estudo aprofundado em cada caso e uma análise geral sobre o resultado desta pesquisa de mestrado, como a verificação do espaçamento axial dos parafusos, espessura do perfil de aço e espessura da placa de compensado.

É importante ressaltar a importância de um embasamento científico para o emprego de placas de revestimento como elemento de contraventamento nas paredes estruturais do sistema LSF, uma vez que ainda não existe normalização sobre o assunto. A partir de referências bibliográficas, ensaios mecânicos e coletas de dados por meios computacionais, deseja-se uma contribuição técnico-científica para as novas edificações do sistema LSF.

Ademais, espera-se que esta pesquisa contribua para a normalização nacional sobre o assunto, e que seja possível a substituição das fitas de aço galvanizado por placas de compensado estrutural no contraventamento do sistema LSF, podendo assim permitir a redução de custos das obras em LSF, principalmente as edificações de interesse social.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE: *Compensado de Pinus – Catálogo Técnico nº 1*. Curitiba, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE: *Estudo Setorial 2004*. Curitiba, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14762: 2010. *Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio - Padronização*. Rio de Janeiro, 2010.

GUARARAPES. *Compensados Guaraply*. 2018. Disponível em: <<http://www.guararapes.com.br/compensados-guaraply/#certificacoes>>. Acesso em: 23 fevereiro 2018.

CONSULSTEEL. *Manual de Procedimiento: Construcción con Steel Framing*. Buenos Aires, 2002. 303p.

BEVILAQUA, R. *Estudo Comparativo do Desempenho Estrutural de Prédios Estruturados em Perfis Formados a Frio Segundo os Sistemas Aporticado e "Light Steel Framing"*. 2005. 247p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

DIAS, F. M. *Aplicação de Resina Poliuretana à Base de Mamona na Fabricação de Painéis de Madeira Aglomerada*, 2005.178p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 1994-1-1. Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures. *Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings*. Bruxelas, Bélgica, 2004.

FUENTES, S., FOURNELLY, E., PITTI, R.M., BOUCHAR, A. Impact of Semi-rigidity of Joint on Timber Composite Truss Beam. In: Tandon, G.P. *et. al. Experimental Mechanics, of Composite, Hybrid, and Multifunctional Materials*. Vol. 6. p. 9-16. 2014.

POSSAS, L. de C. *Análise Experimental sobre a Força Resistente e o Comportamento da Ligação entre o Perfil de Aço e as Painéis de OSB com Parafuso Auto-Atarraxante no Sistema Light Steel Framing*. Trabalho de conclusão de curso - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

IWAKIRI, S., KEINERT, S., PRATA, J. G., ROSSO, S. Produção De Painel Compensado Estrutural De Eucalyptus Grandis E Eucalyptus Dumnii. *Floresta*, Curitiba, v. 37, n. 3. 2007.

RODRIGUES, F.C. *Steel Framing: Engenharia*. 2a edição revisada. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia - Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2016. 224p.

SERRETTE, R., ENCALADA, J., JUADINES, M., NGUYEN, H. Static racking behavior of plywood, OSB, gypsum, and fiberboard walls with metal framing. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 123, número 8. ASCE, 1997.

SILVA, R. L. *Comparativo da placa de OSB Home Plus com a placa de compensado naval como contraventamento e fechamento vertical externo do sistema Light Steel Framing*. 2017. 81f. Trabalho de conclusão de curso - Centro Universitário Planalto do Distrito Federal (UNIPLAN), Brasília, 2017.

TIAN, Y. S.; WANG, J.; LU, T. J. Racking Strength and Stiffness of Cold-Formed Wall Frames. *Journal of Constructional Steel Research*. Cambridge, 2004, p. 1069-1093.



Análise comparativa de desempenho térmico e acústico entre vedações internas de alvenaria de bloco cerâmico e bloco de concreto celular autoclavado.

Comparative analysis of thermal and acoustic performance between internal ceramic block masonry seals and autoclaved cellular concrete block.

Carolina Marieli Ataíde, Acadêmica do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

carolina.attaide@hotmail.com

Tenile Rieger Piovesan, Orientadora, Professora do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ, Mestre - UFSM.

tenile.piovesan@unijui.edu.br

Resumo

Com o avanço da entrada de novas tecnologias na construção civil, há o interesse em conhecer materiais que possuam agilidade, rapidez, flexibilidade e atendam às exigências de desempenho solicitadas pelos usuários. Através da análise de ensaios científicos realizados por estudos recentes, é possível conhecer os índices de desempenho acústico e térmico do bloco cerâmico vazado e do bloco de concreto celular autoclavado. A partir disso, foi possível realizar um comparativo e selecionar o material que se enquadra a partir das necessidades desejadas pelo consumidor. Apesar do bloco cerâmico vazado ser bastante difundido na cultura brasileira, o bloco de concreto celular autoclavado obteve melhor resultado nos desempenhos dos itens estudados. Portanto, os novos sistemas construtivos alavancados pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) tornaram-se boas opções de utilização tanto para os usuários quanto para as empresas e construtoras, agilizando a execução, diminuindo custos e garantindo conforto.

Palavras-chave: Materiais de construção; Propriedades; Especificidades; Alvenarias.

Abstract

With the advancement of new technologies in civil construction, there is an interest in knowing materials that have agility, speed, flexibility and meet the demands of performance requested by users. Through the analysis of scientific studies carried out by recent studies, it is possible to know the acoustic and thermal performance indexes of the cast ceramic block and the autoclaved cellular concrete block. From this, it was possible to perform a comparative and select the material that fits from the needs desired by the consumer. Although the cast ceramic block was very widespread in the Brazilian culture, the autoclaved cellular concrete block obtained better results in the performance of the studied items. Therefore, the new building systems leveraged by NBR 15,575 (ABNT, 2013) have become good options for users, as well as for companies and builders, speeding execution, reducing costs and ensuring comfort.

Keywords: *Construction Materials; Properties; Specificities; Masonry.*

1. Introdução

Devido à alvenaria de vedação possuir grande relevância no setor da construção civil, é de suma importância à industrialização e racionalização dos elementos constituintes da vedação para garantir maior eficiência do sistema construtivo que se faz cada vez mais necessário (FERRAZ, 2011).

Com o passar do tempo, os materiais da construção civil evoluíram, tornando-se mais leves e esbeltos. Com isso, a carga nas estruturas foi reduzida além de ocorrer à diminuição das espessuras das paredes ocasionando economia na estrutura e aumento das áreas internas. Porém, Pinto (2011) ressalta que com a redução da massa e espessura das paredes, houve uma piora quanto ao desempenho acústico e térmico das edificações.

Conforme cita Losso e Viveiros (2004), atualmente existe uma contínua busca por materiais de alto desempenho, baixo custo de implantação, manutenção e rapidez de execução. Logo, nota-se que os usuários das edificações estão com um nível de exigência cada vez maior. Características qualitativas e quantitativas estão sendo amplamente consideradas no projeto e, posteriormente, ao se ocupar o objeto arquitetônico.

Assim sendo, é necessário estudar o comportamento dos diferentes sistemas de alvenarias empregadas nos dias de hoje na construção civil quanto ao isolamento acústico e térmico e verificar se esse atende aos níveis mínimos para que os ambientes promovam conforto aos seus usuários (PINTO, 2011).

Witzke (2015) comenta que para propiciar uma melhor qualidade de vida ao usuário da edificação, é necessário que a habitação seja planejada com um material que possua boas propriedades de desempenho térmico e acústico, garantindo uma temperatura confortável internamente e para que os ruídos não sejam transmitidos.

O bloco de concreto celular, apesar de existir e ser utilizado há muito tempo, é um modelo de inovação nos sistemas construtivos do Brasil. Este material também pode ser considerado sustentável, quando empregado com materiais reutilizáveis como o EPS (ASSMANN, 2016).

O objetivo deste estudo é realizar a comparação de parâmetros de desempenho em relação ao comportamento térmico e acústico do bloco de concreto celular autoclavado e do bloco cerâmico vazado verificando qual material possui os melhores índices através da observação de resultados de ensaios já realizados.

2. Metodologia

Para realizar a comparação do desempenho de sistemas de vedações verticais internas entre blocos cerâmicos e blocos de concreto celular autoclavado foram utilizados ensaios realizados em sua maioria por estudantes, onde seus trabalhos foram publicados em datas recentes possibilitando maior veracidade e convicção dos resultados. Os estudos foram efetuados em campo e em laboratório. A partir disso, houve a comparação dos índices de condutividade térmica para avaliar o desempenho térmico e índices de isolamento sonora (R_w) e diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes ($D_{nT,w}$) para avaliar o

desempenho acústico dos blocos selecionados para o estudo.

Os ensaios realizados em campo representam melhor a atuação quanto à isolamento sonora dos elementos em estudo. Porém, estudos laboratoriais constituem situações idealizadas, demonstrando resultados mais elevados do que os encontrados nos edifícios (PINTO, 2011).

A partir do estudo de comparação entre os blocos determinados para o estudo, é possível realizar a verificação se os dados encontrados atendem aos requisitos de desempenho. Através disso pode-se escolher o sistema que melhor se adequar as necessidades dos usuários e edificações (FERRAZ, 2011).

3. Resultados e Discussões

De acordo com Júnior (2004), as vedações verticais garantem suporte e proteção para as instalações do edifício e geram as condições de habitabilidade. A rigor, fazem parte das vedações verticais as paredes, as esquadrias e os revestimentos. As vedações verticais internas, além de dividir ambientes e unidades distintas, precisam possuir características próprias que obtenham um bom isolamento acústico e térmico (COSTA, 2016).

A alvenaria de vedação pode ser definida como aquela que não seja dimensionada para resistir a cargas além do próprio peso. A vedação vertical responde pela proteção contra agentes como chuva, vento, entre outros além da divisão de ambientes internos. A maioria dos edifícios com sistema construtivo convencional se utiliza de paredes de alvenaria para o fechamento de vãos (TÉCHNE, p.1, 2006).

A NBR 15575 - Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013), normatiza o desempenho térmico, acústico e outros das edificações, apontando métodos para a verificação do desempenho térmico e acústico de habitações (VIAPIANA, 2017).

3.1 Desempenho Acústico

É comum atualmente o uso de paredes simples de alvenaria onde apenas variam-se os materiais constituintes de sua execução e as espessuras das mesmas. Com a evolução dos sistemas construtivos, as paredes tornaram-se mais leves e esbeltas, o que acabou prejudicando o desempenho acústico das vedações verticais (PINTO, 2011).

O isolamento sonoro aéreo pode ser definido como a capacidade de uma divisória, parede ou até mesmo de um ambiente, em isolar, bloquear sons e ruídos, ou parte desses, propagados pelo ar (PINTO, 2011).

De acordo com a NBR 15575-4 (ABNT, 2013), os conjuntos finais dos elementos constituintes em uma alvenaria de vedação precisam atender aos critérios mínimos de desempenho acústico conforme Tabela 1:

Elemento	DnT,w(dB)	Rw(dB)	Nível de Desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas	40 a 44	45 a 49	M (mínimo)
(parede de geminação)	45 a 49	50 a 54	I (intermed.)
	> 50	>55	S (superior)

Tabela 1: Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes DnT,w para ensaio de campo e índice de redução sonora ponderado dos elementos construtivos (Rw) para ensaio de laboratório.

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

Ensaio realizados em campo podem obter uma redução de exigência de 5dB (decibels) (ASSMANN, 2016).

3.1.1 Bloco de Concreto Celular Autoclavado

Segundo Witzke (2015), no mercado são encontrados blocos com dimensões de 300 mm de altura, 600 mm de largura e espessura mínima de 75 mm até a espessura de 200 mm.

Ferraz (2011, p.21) estabelece o concreto celular como um bom isolante acústico: “por ser constituído de estrutura aerada, que absorve melhor as ondas sonoras incidentes e dificulta a sua transmissão para outro ambiente”.

O concreto celular autoclavado possui células fechadas, aeradas e uniformemente distribuídas. A cura ocorre em autoclave com alta pressão e temperatura (BERVIG, 2017).



Figura 1: Detalhes do Bloco de Concreto Celular Autoclavado (BCCA). Fonte: Bervig (2017)

De acordo com ensaio realizado pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC em 2015 para uma alvenaria de BCCA com espessura de 20 cm revestida com argamassa industrializada com 3 cm em ambos os lados finalizando em 26 cm de espessura total. “[...] os resultados do ensaio para a alvenaria com dimensão total de 4,12 m de comprimento e 3,20 m de altura obteve um índice de redução sonora de 48 dB. Neste caso os desempenhos mais rigorosos exigidos pela norma atingem os 50 dB” (ASSMANN, 2016).

Azeredo (1997) cita em seu livro que o isolamento acústico médio do BCCA chega a 42 dB e para a empresa Celucon (2018) o isolamento acústico do bloco é de 51 dB com dimensões de 19x20x60.

3.1.2 Bloco Cerâmico Vazado

Conforme ensaios realizados por Neto e Bertoli (2010), comparando-se duas espessuras de blocos cerâmicos vazados horizontalmente obteve-se, seguindo os critérios da norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013), os seguintes resultados conforme Tabela 2:

Espe ss ura	Parede
--------------------------	--------

Resultados dos testes	11,5cm	14,0cm
Laboratório R_w (dB)	37	35
Campo $D_{nT,w}$ (dB)	37	41

Tabela 2: Análise do desempenho de paredes – cerâmica. Fonte: Adaptado de Neto e Bertoli (2010).

As paredes foram ensaiadas com 1,5cm de argamassa em ambos os lados e observando a Tabela 2, nota-se que somente a parede de 14cm no ensaio em campo atendeu a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) de forma mínima (M).

Para paredes executadas com blocos cerâmicos de vedação com reboco de argamassa nos dois lados, totalizando 18cm de espessura encontrou-se o valor de 43 dB de isolamento sonora. Um fator que contribui para um melhor desempenho de isolamento sonora das alvenarias é o revestimento de argamassa, conhecido na prática da construção civil como reboco. (SILVA *et al.*, 2000).

Para confirmar o valor encontrado por Silva *et al.* (2000), através de ensaio realizado com paredes de blocos cerâmicos 6 furos em ambientes internos totalizando uma espessura de 20cm resultou em uma diferença padronizada de nível ponderada de 44dB $D_{n,Tw}$. Esta medição foi realizada em paredes de alvenaria do setor íntimo de um apartamento, mais especificamente entre divisórias verticais de dormitórios (PINTO, 2011).

3.2 Desempenho Térmico

Os materiais de construção possuem no seu interior matéria no estado sólido, líquido e gasoso. Dito isso, “a transferência de calor interna envolve três processos distintos: a condução através do sólido, da água e do ar, a convecção através dos movimentos dos gases e a radiação entre as superfícies sólidas” (MOTA, 2001 p. 45).

Um dos requisitos da NBR 15.575 (ABNT, 2013) é que diariamente, a temperatura máxima no interior de ambientes de estadia prolongada sem a presença de pessoas ou máquinas/equipamentos emissores de calor, deve ser menor ou a igual à temperatura máxima do exterior da edificação.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) estabelece os limites de transmitância térmica baseando-se na zona bioclimática em que a edificação encontra-se (ASSMANN, 2016). Seguindo a norma, o Rio Grande do Sul está enquadrado na zona Z2.

Como na região Sul do Brasil a temperatura pode variar em pouco tempo, é fundamental que a alvenaria proporcione resistência, gerando conforto térmico e economia energética ao utilizar menos equipamentos de condicionamento de ar obtendo temperatura agradável naturalmente (COSTA, 2016).

Ao analisarmos o desempenho térmico, um dos critérios a serem avaliados pelos componentes da alvenaria é a transmitância térmica. “A transmitância térmica depende das espessuras e da condutividade térmica dos materiais que a compõe” (VIAPIANA, 2017, p.25).

A condutividade térmica pode ser definida como uma propriedade que apresenta o fluxo de calor através da superfície do material (MOTA, 2001).

3.2.1 Bloco de Concreto Celular Autoclavado

Os poros da estrutura interna do bloco de concreto celular autoclavado garantem baixa condutividade térmica ao material, através de sua baixa densidade gerada também pelos poros (MOTA, 2001).

Conforme o relatório técnico elaborado pela empresa Latitude bio.arquitetura, os blocos de concreto celular autoclavado apresentam índice de resistência térmica igual a 0,5959 m²K/W, transmitância térmica igual a 1,6781 W/ (m².K), capacidade térmica de 174 kJ/ (m².K) e atraso térmico de 3,95 h (WITZKE, 2015).

Seguindo os ensaios de KRÜGER *et al* (2004 apud COSTA, 2016), conforme Tabela 3, é possível observar a variação de desempenho entre o bloco cerâmico e o bloco de concreto celular autoclavado quando comparados com a temperatura externa.

Protótipos (Células teste)	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)
Tijolo cerâmico furado (9x14x19cm)	4,4	15,5	28,3
Bloco de CCA (15x30x60cm)	7,1	14,94	23,2
Externo	3	14,86	28,7

Tabela 3 : Comparação entre temperaturas de dois protótipos (sem revestimento). Fonte: Adaptado de Kruger *et al.* (2004).

Através de sua composição de material leve, os blocos de concreto celular são normalmente maiores que os blocos cerâmicos ou de concreto (FERRAZ, 2011). Mesmo possuindo dimensões divergentes, nota-se que o bloco de concreto celular autoclavado possui bom desempenho frente ao bloco cerâmico ao analisar a temperatura mais estável entre a mínima e a máxima externamente.

Conforme ensaio elaborado pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações da UFSC juntamente com a empresa Celucon (2015) com base na norma técnica ASTM C-518, o bloco de concreto celular autoclavado possui 0,152 (W/mK) de condutividade térmica, valor próximo se comparado ao coeficiente de condutibilidade térmica de 0,16 (W/m°C) apresentado pela empresa Precon (2018).

3.2.2 Bloco Cerâmico Vazado

Os blocos cerâmicos vazados indiscutivelmente são mais vantajosos quando se trata de conforto térmico quando são assentados na sua maior dimensão sendo comparado aos demais tipos e formas de alvenaria (SIMON, 2015).

Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014) os tijolos cerâmicos possuem condutividade térmica entre 0,70 a 1,05 (W/mk). De acordo com a empresa Selecta Blocos (2009) o valor para o coeficiente de condutividade térmica dos blocos cerâmicos de vedação é de 1,00 (W/mk).

Através de *software* de cálculo computacional desenvolvido pela Universidade de Estadual de Campinas (UNICAMP) elaborado pelo professor Daniel de Carvalho Moreira, é possível determinar dados de transmitância térmica (W/ m².K), resistência térmica (m².K) /W)), capacidade térmica (kJ/(m².K)) e atraso térmico (h) (VIAPIANA, 2017).

Para um bloco com dimensões de 11,5x19x24cm com reboco em ambos os lados de 2cm foram encontrados os valores de 2,67 W/ m².K de transmitância térmica, 0,3749 m².K de resistência térmica, 201.97 kJ/(m².K) de capacidade térmica e 3,78 horas de atraso térmico.

4. Comparativo

Realizando a síntese dos resultados obtidos, pode-se verificar através da Tabela 4 os resultados encontrados.

Vedação	Fonte	Índice	Local de Ensaio	Espessura
Bloco de concreto celular autoclavado	Assmann (2016)	48 dB	Campo	20 cm
	Azeredo (1997)	42 dB	Laboratório	
	Celucon (208)	51 dB	Laboratório	
Bloco cerâmico vazado	Neto e Bertoli (2010)	35 dB	Laboratório	14 cm
		41 dB	Campo	
	Silva (2000)	43 dB	Laboratório	18 cm
	Pinto (2011)	44 dB	Campo	20 cm

Tabela 4: Comparativo acústico entre BCCA e bloco cerâmico de vedação. Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Nota-se que o bloco cerâmico vazado possui índices medidos em campo mais baixos do que o bloco de concreto celular autoclavado mesmo quando a espessura da vedação é a mesma (20 cm). Já para os ensaios realizados em laboratório, somente Azeredo (1997) encontrou um índice de BCCA um pouco abaixo do que o bloco cerâmico por se tratar de um valor médio. Considerando que a referência data do ano de 1997, observa-se que em ensaio mais atualizado realizado pela Celucon (2018) o índice de isolamento sonoro encontrado é cerca de 21% maior do que o de Azeredo (1997).

Portanto, conclui-se que o bloco de concreto celular autoclavado possui melhor isolamento acústico em comparação ao bloco cerâmico. “Este bloco é evidenciado comercialmente por apresentar um bom desempenho acústico, devido a sua estrutura aerada que absorve as ondas sonoras incidentes sobre ele” (ASSMANN, 2016).

Quanto ao desempenho térmico dos blocos, pode-se analisar a Tabela 5.

Vedação	Fonte	Índice de Condutividade Térmica (W/mk)
Bloco de concreto celular autoclavado	Celucon (2015)	0,152
	Precon (2018)	0,16
Bloco cerâmico vazado	Lamberts; Dutra e Pereira (2014)	0,70 à 1,05
	Selecta Blocos (2009)	1,00

Tabela 5: Comparativo térmico entre BCCA e bloco cerâmico de vedação. Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Indiscutivelmente o bloco de concreto celular autoclavado possui melhor índice de condutividade térmica com cerca de 0,16 W/mk enquanto o bloco cerâmico vazado possui 0,70 W/mk. A existência de água nos poros da estrutura do BCCA preenchidos com ar tendem a aumentar a condutividade térmica do material, pelo fato da água conduzir maior quantidade de calor que o ar (MOTA, 2001).

5. Conclusões

É possível concluir analisando somente estes dois itens de desempenho que o bloco de concreto celular autoclavado é a melhor opção quanto à utilização para vedação em termos de isolamento sonora e desempenho térmico. Os revestimentos e argamassas de assentamento são materiais que influenciam no isolamento térmico e acústico das alvenarias. Além disso, é imprescindível a execução de acordo com o que é recomendado por norma para obter desempenhos satisfatórios.

É importante observar que o bloco de concreto celular autoclavado possui dimensões maiores que os blocos convencionais e por isso necessitam de um número inferior de unidades por metro quadrado, resultando em uma construção mais limpa, de rápida execução e menor retrabalho. O peso do BCCA é menor do que o peso do bloco cerâmico vazado, o que possibilita uma redução nas cargas da estrutura da edificação.

O desempenho do BCCA é ótimo quando comparado aos materiais convencionais. Porém, deve-se levar em conta que por se tratar de uma nova tecnologia é difícil encontrar fornecedores deste material. Com isso, o custo para utilizá-lo ainda é muito alto. A cultura da construção civil tende para o uso de alvenaria convencional por ser uma técnica antiga e a sua execução ser conhecida mundialmente.

Atualmente com a valorização da NBR 15575 (ABNT,2013) houve a introdução de novos sistemas construtivos e a busca por materiais de alta qualidade e a racionalização, que além de atender os usuários, atende a empresas e construtoras facilitando a execução e diminuindo custos. Portanto, aos poucos, a sociedade brasileira vai permitir o progresso destes materiais e com isso os custos serão mais baixos. Por enquanto, limitando-se a questões de desempenho, as novas tecnologias estão muito à frente da capacidade dos elementos atuais da construção.

Referências

- ASSMANN, Lucas. *Implementação de sistemas livel na edificação do bloco de concreto celular autoclavado e do bloco cerâmico tradicional. Trabalho de conclusão de curso Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis. 2016.*
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedação. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- AZEREDO, Elio. *Projeto de edificação para a construção de um edifício de apartamentos. São Paulo: SBCA, 2011.*
- BERG, André. *O uso do bloco de concreto celular autoclavado com argamassa de assentamento. Trabalho de conclusão de curso Engenharia Civil. UFSC. Santa Maria. 2017.*

- CELUCON, Concreto Celular Autoclavado. Catálogo Digital. 2018. 10 p.
- CELUCON, Concreto Celular Autoclavado. Relatório de ensaios de condutividade térmica. Relatório de Ensaio nº 253/2015. 2015. 2p.
- COSTA, Odivan de. Estudo de viabilidade técnica: Alvenaria de Vedação com blocos cerâmicos vazados na horizontal versus alvenaria de blocos de concreto celular autoclavado. Artigo publicado na Revista on-line IPOG. Porto Alegre, 2016. 16p.
- FERRAZ, Fabiana de Carvalho. Comparação dos sistemas de alvenaria de vedação: Bloco de concreto celular autoclavado x Bloco cerâmico. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Construção Civil da UFMG. Belo Horizonte, 2011. 97p.
- JÚNIOR, Alberto Casado Lordsleem. Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada. São Paulo. 3ª ed. O Nome da Rosa Editora Ltda. 2004. 99 p.
- MOTA, Jacqueline A. R. Influência da junta vertical na resistência à compressão de prismas em alvenaria estrutural de blocos de concreto e blocos de concreto celular autoclavado. Dissertação de mestrado na UFMG. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Belo Horizonte. 2001. 223 p.
- NETO, Maria de Fatima Ferreira; BERTOLI, Stelamaris Rolla. Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmico: uma comparação entre Brasil e Portugal. Ambiente Construído, v. 10, n.4, p. 169-180. Porto Alegre, 2010. 12p.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª ed. 2014. 382 p.
- LOSSO, Marco; VIVEIROS, Elvira. Gesso acartonado e Isolamento acústico: Teoria Versus Prática no Brasil. São Paulo, 2004.
- MOREIRA, Daniel de Carvalho. Software: propriedade térmica dos materiais. 2003. 2ª versão. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~damore/conforto27.swf>>. Acesso em: 15/12/2018.
- PINTO, Rodrigo Barcelos. Determinação experimental e numérica da redução sonora aérea em paredes de alvenaria utilizadas em habitações. Dissertação de Mestrado – UFSM, Santa Maria. 2011. 97 p.
- PRECON, Material de Construção. Ficha técnica – Bloco Precon – Concreto Celular Autoclavado. Disponível em: <<http://precon.com.br/portal/wp-content/uploads/2017/09/bloco-cca.pdf>> Acesso em: 29/10/2018.
- SIMON, Marcieli. Análise comparativa de custo-benefício entre alvenarias na cidade de Santa Rosa-RS. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil na Unijuí. Santa Rosa. 2015. 55 p.
- SILVA, D.T.; SANTOS, J.L.P.; MACHADO, J.L.; LAZZAROTTO, N. Estudo da isolamento sonora em paredes e divisórias de diversas naturezas. V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria. 2000. 9 p.
- SELECTA, Blocos. Produtos. Características térmicas e acústicas. 2009. Disponível em: <http://www.selectablocos.com.br/av_ct.html> Acesso em: 07/11/2018.



TÉCHNE, Pini. Alvenaria Racionalizada. Ed. 112. 2006. Disponível em: <
<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo285542-1.aspx>> Acesso em:
05/11/2018.

VIAPIANA, Giovana. Verificação de desempenho térmico de bloco de concreto em habitações populares – Estudo de caso na cidade de Santo Ângelo – RS. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil na UNIJUÍ. Santa Rosa, 2017. 57p.

WITZKE, Franky Bruno. Análise técnico-econômica dos blocos de concreto celular autoclavado na alvenaria de vedação. Artigo publicado na Revista Engenharia e Construção Civil. Curitiba, 2015. 14p.

Breve estudo de geocélulas de garrafa de Polietileno Tereftalato, aplicadas para melhoria funcional do pavimento

Brief study of polyethylene terephthalate bottle geocells, applied for functional pavement improvement

**Mozart Mariano Carneiro Neto, mestrando em Geotecnia Ambiental, FEB-UNESP,
docente no Centro Universitário Toledo**

neto_mozart@hotmail.com

**Eduardo Henrique Delben, graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário
Toledo**

eduardo.delben@hotmail.com

**Antônio Carlos Vilella Caldeira, graduando em Engenharia Civil, Centro
Universitário Toledo**

carlosvilella.civil@gmail.com

Ariel Silvestri, graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário Toledo

ariel_silvestri@hotmail.com

João Paulo Moraes Ribeiro, Graduado em Engenharia Ambiental, UTFPR (2016)

jpmoraesribeiro@gmail.com

Resumo

Devido ao número de pesquisas com geossintéticos para obras geotécnicas, visando soluções cada vez mais práticas, seguras e sustentáveis, pesquisou-se uma maneira alternativa de execução de geocélula, utilizando garrafas de polietileno tereftalato (PET), com brita como material de preenchimento. Objetivando desenvolver um sistema de baixo custo e sustentável, foi instalado o conjunto de geocélulas em um estacionamento não pavimentado, que passou por um período de 90 dias de exposição às intempéries e ao tráfego. As células, com diâmetro de 100 mm e altura de 80 mm, passaram por ensaios de compressão axial e amostras de PET, com 110 mm de comprimento foram ensaiadas à tração, antes e após a exposição. Notou-se que, houve uma diminuição das resistências de tração e compressão após a exposição, entretanto, visualmente, apesar de sofrer alguns danos mecânicos, não houve deformação aparente do conjunto, viabilizando sua aplicação.

Palavras-chave: Geocélulas; Polietileno Tereftalato ; Sustentabilidade

Abstract

Due to the number of geosynthetic surveys for geotechnical works, aiming at increasingly practical, safe and sustainable solutions, an alternative way of geocellular execution was investigated, using polyethylene terephthalate (PET) bottles, with gravel as fill material. Aiming to develop a low-cost and sustainable system, the set of geocells was installed in an unpaved parking lot, which has undergone a period of 90 days of exposure to weather and traffic. Cells with a diameter of 100 mm and height of 80 mm underwent axial compression tests and PET samples, 110 mm long, were tensile tested before and after exposure. It was observed that there was a decrease in tensile and compressive strengths after exposure, however, visually, despite some mechanical damages, there was no apparent deformation of the assembly, making its application possible.

Keywords: *Geocells; Polyethylene Terephthalate; Sustainability*

1. Introdução

De acordo com a NBRISO 10318-1-2018, classificam-se como Geossintéticos (GSY) os materiais produzidos a partir de um polímero sintético ou natural, utilizado em contato com solo ou outros materiais, em aplicações de engenharia geotécnica ou civil. Entre suas funções destacam-se: separação, proteção, filtração, impermeabilização, drenagem, reforço e controle de erosões. E classifica-se como Geocélula (GCE) uma fibra tridimensional, permeável, polimérica, ou estrutura celular semelhante, feita de ligadas de geossintéticos.

As geocélulas ainda podem ser definidas como sendo, tiras de geomembranas ou geotêxteis que foram dispostas verticalmente em forma de caixa e preenchidas com solo. Assim, o material forma uma estrutura celular e, atuando com a areia ou cascalho contido, produz um colchão impressionantemente forte e estável para o tráfego veicular (KOERNER, 2012).

A concepção da geocélula ocorreu no final da década de 1970, quando o Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos foi incumbido de desenvolver rapidamente um sistema tipo para ser apoiado sobre solos de baixa capacidade de suporte e permitir o acesso de equipamentos militares pesados. O resultado desse desenvolvimento foi a invenção da geocélula, que ao ser preenchida com areia ou pedra suportaria cargas elevadas, quando colocada sobre esses solos pouco resistentes. Desde então, a geocélula tem sido utilizada em projetos/obras militares e civis em todo mundo (MENESES, 2004; WESSELLO, 2008; PRESTO, 2008).

Estes materiais são fabricados geralmente em poliamida, polietileno, poliéster ou polipropileno e suas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhem função de reforço em pavimento, contenção de solo, revestimento e proteção de taludes e canais contra erosão, entre outras funções em uma obra geotécnica (LAVOIE, et. al., 2016; BARUFFI, et. al, 2015; AVESANI e BUENO, 2010; BARUFFI, MIGUEL e FLOSS,

2016; YANG, et. al., 2012; HEGDE, 2012; DASH e CHOUDHARY, 2018, FAVRETTO, et. al., 2018).

1.1 Propriedades de Resistência e Estabilizantes Químicos

Dependendo das aplicações, é necessário caracterizar e definir propriedades mínimas de resistência para o material, como resistência à tração do material, resistência ao funcionamento, resistência à tração e cisalhamento da junta e degradação ultra-violeta e química. As normas a serem consideradas em cada ensaio podem variar de acordo com o material empregado na geocélula (AVESANI NETO, 2013).

A análise do desempenho de um material em situações semelhantes a de projeto é essencial e deve ser considerada na escolha de aplicação desse material em uma obra (NEVES, 2013). Os estudos avaliando a combinação de ações degradadoras em geossintéticos ainda são pouco precisos, por isso se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas na área, a fim de se analisar a durabilidade e eficiência desses materiais quando aplicados em ambientes agressivos (MEDEIROS E FRANÇA, 2018).

Aditivos como estabilizantes térmicos, negro de fumo (*carbon black*) e antioxidantes, são aplicados com o objetivo de reduzir a degradação por raios UV e aumentar a durabilidade e a resistência dos geossintéticos. Porém, a concentração e a combinação desses devem ser avaliadas, visto que, o aditivo se transforma em outro composto químico depois de ser consumido e sofre mudanças devido ao processo de estabilização. Além disso, altas concentrações podem produzir pró-degradantes, que atuarão negativamente no material, prejudicando sua resistência (MOL, 2014; DE PAOLI, 2008).

1.2 Comportamento Mecânico

No que tange à interação e forma com a qual as geocélulas, transferem as cargas às camadas de solo subjacentes, podemos citar algumas formas, o Efeito de Confinamento, que pode ser brevemente descrito como sendo uma compressão induzida pelo material de enchimento nas células, devido à aplicação de carga externa, densificando assim o agregado e também, indução de tensões horizontais entre o material e as paredes das células mobilizando uma resistência passiva entre células adjacentes além de uma tensão cisalhante de interface entre estes dois materiais, desta forma ocorre um aumento da resistência e conseqüente diminuição da deformabilidade do material de enchimento (MANDAL E GUPTA, 1994).

O outro efeito causado pela aplicação de cargas externas é o Efeito Laje, que pode ser descrito como um efeito de dispersão ou espraio das tensões para a camada subjacente devido à estrutura tridimensional de células interconectadas e preenchidas. Devido a este espraio, a carga que é transferida ao solo de fundação atua em uma superfície maior, conduzindo a menores valores de tensão na fundação. E tem-se ainda o

Efeito de Membrana, devido a sua rigidez e a suas extremidades ancoradas, ao se deformar com a aplicação de cargas externas, as células atuam como uma membrana tensionada exercendo uma força para cima na tentativa de suportar as cargas verticais, transferindo as tensões para as zonas de ancoragem, mobilizando a resistência ao cisalhamento de interface reforço/solo (AVESANI, BUENO E FUTAI, 2014).

1.3 Fatores geométricos de capacidade de carga

Entre os fatores que influenciam na capacidade de carga da geocélula em solos com baixa de capacidade de suporte, pode-se citar, dimensões, a quantidade de células, a geometria do reforço e o material de composição (resistência/rigidez) da célula. Assim sendo, os parâmetros significativos para essa aplicação são: a razão de forma (altura dividida pela largura da célula) e a razão do carregamento (largura do carregamento dividido pela largura da célula), (AVESANI, 2013).

Referente à razão de forma (h/d), já citada anteriormente, ensaios de placa realizados constatam que, conforme aumenta-se este valor, ou seja, a medida que se aumenta a altura da célula, mantendo seu diâmetro constante, a capacidade de carga também aumenta, pois, com maior altura de material de preenchimento com melhores qualidade geotécnicas, melhor será a absorção dos esforços e maior será o espraçamento das tensões para as camadas de solo subjacentes, com menores valores de capacidade de carga (MENESES, 2004; MANDAL e GUPTA, 1994).

1.4 O Polietileno Tereftalato

O polietileno tereftalato (PET) é uma resina de grande utilização, membro da família dos poliésteres. Foi descoberta pelos ingleses Whinfield e Dickson em 1941, sendo usada a partir dos anos 60 como material de embalagem, com grande aceitação para acondicionamento de alimentos, devido às suas características de alta resistência mecânica (impacto) e química além de ter excelente barreira para gases e odores (CEMPRE, 1992 apud COSTA, 2016).

No Brasil, a garrafa de PET tornou-se disponível apenas em 1989 e foi a partir de 1993 que as garrafas de refrigerantes passaram a ser produzidas em larga escala. Essa evolução ocorreu devido às vantagens das embalagens de PET, em relação a outros tipos de materiais, tais como: estabilidade química, alta resistência ao impacto e a pressão interna, embalagens mais leves, é reciclável, apresenta segurança e praticidade, e, tem boa aparência (ABIPET, 2015).

O seu consumo aumentou em grande escala e o volume desses materiais ocupam excessivamente os lixões e aterros sanitários, seu descarte tem trazido vários problemas de lixo (CEMPRE, 2015 apud COSTA, 2016).

1.5 A reciclagem e suas limitações

A reciclagem pressupõe a reutilização, o reuso, certamente é um dos pressupostos do conceito do desenvolvimento sustentável, que por sua vez, está embasado nas dimensões econômicas, sociais, ecológicas e culturais do progresso humano (COELHO, 2013). Um conceito de sustentabilidade muito aplicado visando o gerenciamento de resíduos sólidos é o conceito dos 3 R's que tange tanto a área ambiental quanto a econômica e social. Os seus significados são Reduzir, Reutilizar e Reciclar (STEPHANOU, 2013).

A reciclagem do PET traz muitos benefícios, tais como: redução do volume de lixo coletado, economia de energia elétrica, petróleo, proporciona mais empregos, gera rendas as comunidades, menor preço para o consumidor dos artefatos produzidos com plástico reciclado, e redução da poluição gerada no seu descarte (SILVA e JÓIA, 2008).

Ressalta-se que há inúmeros dados que apresentam um aumento da reciclagem no Brasil, porém a destinação inadequada desse material é um grande problema, pois mesmo com várias alternativas de reciclagem e reaproveitamento, a demanda de produção destes continua aumentando e conseqüentemente aumenta-se o descarte destes resíduos (ABIPET, 2015).

1.6 Motivação para o desenvolvimento do artigo

A motivação para o desenvolvimento deste artigo surgiu da necessidade de se resolver um problema que no período de chuva assola o estacionamento de um Centro Universitário situado no noroeste do estado de São Paulo. O estacionamento de 4705 m² e 210 vagas, tem revestimento não pavimentado, apenas coberto por brita. Devido à movimentação dos veículos, (curvas, aceleração e frenagem), a brita se movimenta constantemente. Em períodos de chuva, criam-se poças de água nos pontos onde a brita foi removida, ao passar nessas poças, o atrito dos pneus com o solo úmido remove algumas partículas, criando um processo degradativo da base, até se dar a formação de panelas e deformações excessivas do pavimento. A figura 1 exemplifica as deformações devido à movimentação de brita em trecho de curva formadas no pavimento.



Figura 1: Patologias formadas no pavimento. Fonte: elaborado pelos autores.

2. Objetivo

Desenvolver geocélulas de garrafa PET, que resistam ao tráfego local, evitando deformações e que retenham a brita, evitando assim a criação de um processo de degradação do pavimento, conforme descrito anteriormente.

3. Procedimentos Metodológicos

Foi feita uma breve revisão bibliográfica acerca das geocélulas, e do material PET. Posteriormente foi feita a obtenção das garrafas de PET, provenientes de restaurantes ao redor do Centro Universitário. As garrafas foram cortadas para obtenção das células individuais, e foram montados conjuntos de células, após isso, foi escolhido estrategicamente um local do estacionamento para implantação das células, em setembro de 2018, onde passaram por um período de observação de noventa dias. Ensaios de compressão axial em células individuais e ensaios de tração em amostra de material de PET foram realizados com amostras intactas e amostras exposta, para avaliar sua resistência e durabilidade. Os ensaios foram realizados nos Laboratórios de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica do Centro Universitário Toledo. Os procedimentos descritos acima foram desenvolvidos abaixo de maneira detalhada.

3.1 Escolha da razão de forma da célula

Após a obtenção das garrafas, foi estudada uma maneira de otimizar sua utilização, de forma a se ter o maior aproveitamento possível. Para esta escolha, levou-se em conta a razão de forma. Conforme descrito anteriormente, quanto maior a altura da célula, maior seu desempenho frente às cargas recebidas. Diante disto, ao medir o trecho reto das garrafas (16 cm), e seu diâmetro (10 cm), optou-se por trabalhar com a razão de forma de 0,8, logo, cada garrafa proporcionou duas células com 8 cm de altura. Para fazer a ligação entre as garrafas, foi utilizado fio de PET, com 2 mm de largura, obtido de maneira artesanal, como ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Geocélulas e fio de PET para ligação. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Escolha do local de estudo e instalação das células

Foi escolhido um local do estacionamento onde os carros passam com alta frequência, sujeito há muitas manobras e movimentos curvos. Posteriormente a brita foi retirada com o auxílio de enxada e foram escavados de 4 m² (2m x 2m), com 12 cm em seu ponto mais profundo e 8 cm em seu ponto mais raso, devido a declividade existente no terreno. As células foram instaladas e fixadas com ganchos metálicos instalados a cada metro. Preencheram-se as células com brita e regularizou-se a superfície sem passar por nenhum processo de compactação. Foram utilizados quatro conjuntos de células, sendo cada conjunto de 1m² compostos por 100 células cada, totalizando, 200 garrafas de PET. A Figura 3 ilustra o procedimento de escavação e instalação.



Figura 3: Escavação e Instalação das geocélulas. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Ensaios de compressão axial e tração

Para amostras intactas e amostras expostas, foram feitos ensaios de compressão axial, com uma prensa automática modelo Emic SSH300, de célula Trd 30, utilizando-se a NM 101, devido à falta de norma para o conjunto garrafa de PET e brita. Foram realizados também ensaios de tração regidos pelas ASTM D638 e ASTM D882, com uma máquina de ensaio universal, modelo WDW – 100 E. Imagens de amostras para ensaio podem ser observadas na Figura 4.



Figura 4: Ensaios de compressão e tração. Fonte: elaborado pelos autores.

Após o período de observação de noventa dias, foram retiradas algumas amostras de geocélulas do pavimento, Figura 5, para realização de ensaios de compressão e tração e comparação com os resultados das amostras intactas.



Figura 5: Células expostas, retiradas para realização dos ensaios. Fonte: elaborado pelos autores.

3.3 Resultados

Após os noventa dias de observação, notou-se que, parte das células ficaram expostas, e sofreram amassamento, isso deveu-se ao fato que esta região apresentava menor cobertura de brita, conforme ilustrado na Figura 6. A região das células com maior cobertura de brita não sofreu exposição. Apesar disto, nenhuma deformação no pavimento foi observada.



Figura 6: Células parcialmente expostas após noventa dias. Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados dos ensaios de compressão e ensaios de tração para amostras intactas e amostras expostas após 90 dias podem ser observados nas Tabelas 1 e 2 respectivamente. Sendo os CP de 1 a 5 amostras de PET verde e amostras de 6 a 10, de PET transparente.

Ensaio de compressão Axial - Amostras Intactas							Ensaio de compressão Axial - Amostras Expostas						
CP	σ (MPa)	Ho (m)	Hf (m)	ΔH (m)	ϵ	Ec (MPa)	CP	σ (MPa)	Ho (m)	Hf (m)	ΔH (m)	ϵ	Ec (MPa)
1	3,60	0,008	0,0078	0,0002	0,0250	144,00	1	2,60	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	69,33
2	2,23	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	59,47	2	2,19	0,008	0,0075	0,0005	0,0625	35,04
3	3,05	0,008	0,0078	0,0002	0,0250	122,00	3	3,41	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	68,20
4	3,71	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	98,93	4	2,20	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	58,67
5	2,97	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	79,20	5	2,45	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	49,00
6	3,50	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	70,00	6	3,04	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	60,80
7	3,62	0,008	0,0079	0,0001	0,0125	289,60	7	2,65	0,008	0,0078	0,0002	0,0250	106,00
8	2,35	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	62,67	8	2,73	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	72,80
9	3,05	0,008	0,0078	0,0002	0,0250	122,00	9	2,06	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	41,20
10	3,42	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	91,20	10	1,46	0,008	0,0075	0,0005	0,0625	23,36

Tabela 1: Resultados dos Ensaio de compressão axial. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ensaio de Tração - Amostras Intactas						Ensaio de Tração - Amostras Expostas					
CP	σ (MPa)	Lo (m)	ΔL (m)	ϵ	Et (MPa)	CP	σ (MPa)	Lo (m)	ΔL (m)	ϵ	Et (MPa)
1	133,33	0,075	0,003236	0,0431	3090,16	1	122,22	0,075	0,006664	0,0889	1375,53
2	144,44	0,075	0,00555	0,0740	1951,89	2	122,22	0,075	0,009436	0,1258	971,44
3	144,44	0,075	0,006129	0,0817	1767,50	3	100,00	0,075	0,007329	0,0977	1023,33
4	122,22	0,075	0,004574	0,0610	2004,04	4	100,00	0,075	0,00481	0,0641	1559,25
5	144,44	0,075	0,005124	0,0683	2114,17	5	88,89	0,075	0,00684	0,0912	974,67
6	55,56	0,075	0,001919	0,0256	2171,44	6	111,11	0,075	0,007832	0,1044	1064,00
7	100,00	0,075	0,00439	0,0585	1708,43	7	111,11	0,075	0,005301	0,0707	1572,01
8	122,22	0,075	0,004072	0,0543	2251,11	8	144,44	0,075	0,006731	0,0897	1609,42
9	133,33	0,075	0,006299	0,0840	1587,51	9	144,44	0,075	0,01011	0,0135	1715,13
10	88,89	0,075	0,003557	0,0474	1874,26	10	122,22	0,075	0,004796	0,0639	1911,28

Tabela 2: Resultados dos Ensaio de tração. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores médios de tensão normal de compressão e tração para amostras intactas foram, 3,15 MPa e 118,89 MPa respectivamente. Enquanto que, os valores médios para amostras expostas foram de 2,48 MPa e 116,67 MPa. Indicando uma queda na resistência de 21,2 % e 1,86 % respectivamente.

Os valores médios de módulo de elasticidade para compressão e tração para amostras intactas foram, 113,91 MPa e 2052,05 MPa respectivamente. Enquanto que, os valores para amostras expostas foram de 58,44 MPa e 1313,25 MPa. Indicando uma queda no módulo de elasticidade de 48,69 % e 36 % respectivamente.

4. Considerações Finais

Conforme os valores indicados nas tabelas, notou-se que após o período de exposição de noventa dias, o conjunto de geocélulas sofreu enrijecimento devido à exposição às intempéries. Ocorreu também queda dos valores de resistência e módulo de elasticidade.

Houve movimentação de brita devido ao movimento dos veículos, e isto fez com que parte das geocélulas ficassem expostas, entretanto, não houve deformação do conjunto e exposição da base do pavimento como em outros pontos do estacionamento. O que mostrou que esta solução atende positivamente ao objetivo deste trabalho.

Trabalhos futuros visam utilizar além de brita, solo, areia e resíduos sólidos da construção civil, de modo a verificar a resistência do conjunto de células, e como elas interagem com estes materiais, visando sempre à solução mais sustentável possível.

Ensaio de placa também serão realizados de modo a se determinar uma razão de forma ótima para as células, no que tange à melhoria de capacidade de suporte do pavimento, algo que não foi abordado nesta pesquisa.

Referências

ABIPET – **Associação Brasileira da Indústria PET**. Disponível em: <www.abipet.org.br>. Acesso em: 10 Out. 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D638**: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, West Conshohocken, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D882**: Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, West Conshohocken, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 101**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 1996. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10318-1**: Geossintéticos — Termos e Definições, Rio de Janeiro, 2018. 9 p.

AVESANI NETO, B. O. ; BUENO, B. S. **Capacidade de carga de solos reforçados com geocélula**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica e Desenvolvimento Urbano, Gramado, 2010, 17 – 22 de Agosto, pp. 1 – 8, 2010.

AVESANI NETO, J.O. **Desenvolvimento de uma metodologia de cálculo e simulações numéricas aplicadas na melhoria da capacidade de carga de solos reforçados com geocélula**, 2013, 336 p. (Tese) Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos.

AVESANI NETO, B. O. ; BUENO, B. S.; FUTAI, M. M.; **Desenvolvimento de um método de cálculo de solo reforçado com geocélula e avaliação por meio de ensaios de placa de laboratório**. XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano COBRAMSEG 2014, Goiânia, Brasil, 9 - 13 de Setembro, pp 1 – 8, 2014.

BARUFFI, A.; MIGUEL, G. D.; ABIDO, L.C.; FLOSS, M. F., **Análise do comportamento mecânico de geocélulas**. II Encontro Nacional de Tecnologia Urbana, Passo Fundo, Brasil, 11 – 13 de Novembro, pp. 1- 11, 2015.

BARUFFI, A.; MIGUEL, G. D.; FLOSS, M. F.; **Geocélulas Preenchidas com Resíduo de Pedras Semipreciosas**. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica COBRAMSEG 2016, Belo Horizonte, Brasil, 19-22 Outubro, pp. 1 – 9, 2016.

COELHO, R. M. P. **Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável**. Capítulo 13, 12 p. 2013. Disponível em : < http://www.ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Livro_Reciclagem/Projeto_Cezar/cap%2013%20desenv%20sustentavel.pdf>. Acesso em 22 mar. 2015.

COSTA, G. K. S., **Reciclagem de PET: Potencialidades para Sustentabilidade e inclusão social**, 2016, 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Contábeis) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Cacoal.

DASH, S. K.; CHOUDHARY, A. K.; **Geocell reinforcement for performance improvement of vertical plate anchors in sand**. Revista Geotextiles and Geomembranes, v. 46, p. 214– 225, 2018.

DE PAOLI, M.A. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. 2º versão online, Chemkeys, São Paulo, São Paulo, BR, 221 p. 2008.

FAVRETTO, J. MIGUEL, G. D.; DONATI, M.; FLOSS, M. F. **Comportamento de um Resíduo Granular Reforçado com Geocélula Submetido a Ensaio de Placa**. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano COBRAMSEG 2018, Salvador, Brasil, 28 - 01 de Setembro, pp 1 – 7, 2018.

HEGDE, A., **Geocell reinforced foundation beds-past findings, present trends and future prospects: A state-of-the-art review**. Revista Construction and Building Materials, v. 154, p. 658 – 674, 2017.

KOERNER, R. M., **Design com Geossintéticos** - 6ª Edição Vol. 1 (p. 77). Bloomington: Xlibris, 2012.

LAVOIE, F. L.; BENJAMIN, C.V.S.; PALMA, S. L.; BOTELHO, C.; **Experiência na Utilização de Geocélulas de Polipropileno em Obras de Engenharia**. III Conferência Pan Americana de Geossintéticos GEOAMERICAS 2016, Miami, Estados Unidos, 10 – 13 Abril, 2016.

MANDAL, J. N.; GUPTA, P. **Stability of geocell-reinforced soil**. Revista Construction and Building Materials. v. 8, p. 55-62, 1994.

MEDEIROS, M. A., FRANÇA, F. A. N., **Degradação de Geotêxteis Não-Tecidos em Ambiente Costeiro**. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano COBRAMSEG 2018, Salvador, Brasil, 28 - 01 de Setembro, pp 1 – 9, 2018.

MENESES, L. A. **Utilização de Geocélula em Reforço de Solo Mole**, 2004. (Dissertação) Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MOL, A.S., **Preparação e Funcionalização de Nano Fibras (whiskers) de Quitina e Sua Aplicação Como Agente de Recuperação de Propriedades em Polímeros Reciclados**, (Tese), Universidade Federal de Minas Gerais, 125 p. 2014.

NEVES, L. P. **Geossintéticos e Geossistemas em Engenharia Costeira**. 2003. 196p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2003.

PRESTO, Technical Literature on the GEOWEB **Cellular Confinement System**. Presto Products Company, 2008.

SILVA, M. S. F.; JOIA, P. R. **Educação Ambiental: A Participação da Comunidade na Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas Três Lagoas – MS – Nº 7 – ano 5, Maio de 2008.

STEPHANOU, J. **Gestão de Resíduos Sólidos: Um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais**. 29 de Abril de 2013. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?p=235>>. Acesso em: 14 Out. 2018.

WESSELOO, J., Visser, A.T, Rust, E. (2008). **The stress–strain behaviour of multiple cell geocell packs**. Geotextiles and Geomembranes nº 27, p. 31 – 38.

YANG, X.; HAN, J.; POKHAREL, S. K.; MANANDHAR, C.; PARSONS, R. L.; LESHCHINSKY D.; HALAHMI, I., **Accelerated pavement testing of unpaved roads with geocell-reinforced sand bases**. Revista Geotextiles and Geomembranes, v. 32, p. 95 – 103, 2012.

Avaliação espaço-temporal da dinâmica de sedimentação do baixo curso do rio Paraíba do Sul por meio de sensoriamento remoto

Spatiotemporal evaluation of the sedimentation dynamics of the low course of the rio Paraíba do Sul using remote sensor

Dhiego da Silva Sales, Graduado em Geografia e Mestrando em Engenharia Ambiental, IFF

dhiego.sales@outlook.com

Jader Lugon Junior, Doutor em Modelagem Computacional e professor do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Engenharia Ambiental, IFF

jljunior@iff.edu.br

Vicente de Paulo Santos de Oliveira, Doutor em Engenharia Agrícola e professor do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Engenharia Ambiental, IFF

vsantos@iff.edu.br

Resumo

O Paraíba do Sul é um rio de grande extensão e que corta diversas áreas antropizadas, possuindo grande propensão à variação morfológica em seu baixo curso. A partir dessa premissa, o presente trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência de modificações morfológicas decorrentes de possível processo de assoreamento. Para este fim foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2, de 2017, associadas ao aerolevanteamento do IBGE realizado na região em 2005, para a vetorização e posterior obtenção da quantificação e espacialização dos processos geomorfológicos fluviais. Para garantia de padronização do nível de água nestas duas datas, foram observadas as médias, obtida a partir da estação fluviométrica da ANA, em Campos dos Goytacazes. Diante da metodologia proposta foi possível perceber que entre os anos de 2005 e 2017 houve perda significativa na largura média do rio na ordem de 34,75m e na área total na ordem de 2,26 km².

Palavras-chave: Geomorfologia fluvial; Assoreamento; Monitoramento ambiental; GIS.

Abstract

The Paraíba do Sul is a river of large extension and passing through several anthropic areas having great propensity to the morphological variation in its low course. Based on this premise, the present research has aimed to verify the occurrence of morphological modifications resulting from possible silting process. For this purpose it was used images from the Sentinel-2 satellite,

from 2017, associated to the IBGE aerial survey carried out in the region in 2005, for the vectorization and subsequent obtaining of the quantification and spatialization of fluvial geomorphological processes. In order to guarantee the standardization of the water level in these two dates, the average were obtained from the fluviometric station of the ANA in Campos dos Goytacazes was observed. In view of the proposed methodology, it was possible to observe that between 2005 and 2017 there was a significant loss in the mean river width in the range of 34.75 m and in the total area in the range of 2.26 km².

Keywords: *Fluvial geomorphology; Silting; Environmental monitoring; SIG.*

1. Introdução

A sociedade contemporânea, fortemente marcada pela intrincada relação do homem com a natureza, tem ampliado sua preocupação com o uso racional dos recursos naturais notadamente dos recursos hídricos. Nesse contexto, temáticas como uso do solo, erosão, captação de água e assoreamento vem sendo discutidas. O assoreamento é um fenômeno que ocorre em rios que sofrem intensos processos erosivos ao longo de seu curso. Ele acontece por meio de causas naturais, como o regime de chuvas e os ventos fortes, que transportam os produtos do intemperismo para os rios que, por conseguinte, irão transportar e depositar estes sedimentos em seus baixos cursos, onde a energia, logo a capacidade de transporte, é reduzida (GUERRA, 2005). Este processo pode ser intensificado pela ação humana, na medida em que as matas ciliares são removidas, favorecendo a dinâmica de erosão dos terraços, o que ocasiona a remoção do solo e rochas para os cursos dos rios (RODRIGUES, 2016).

A ausência de um monitoramento eficaz tanto da elevação do nível da água, como da intensidade dos processos erosivos e deposicionais, no baixo curso do Rio Paraíba do Sul, representa um problema de gestão pública, que afeta o equilíbrio entre homem e natureza.

Entender a evolução do sistema deposicional é de grande importância para o contexto geológico e geomorfológico da paisagem, mas, também, para outras áreas do conhecimento, envolvendo desde os aspectos físicos, que incluem a hidrologia e a engenharia, aos aspectos ecológicos, que atentam para a estrutura e funcionamento das comunidades biológicas.

Para o desenvolvimento do presente trabalho será realizada uma análise qualitativa do processo de sedimentação do rio, sendo esta análise dividida em dois momentos. Primeiro serão abordados princípios da dinâmica fluvial natural do rio Paraíba do Sul, buscando entender os processos geomorfológicos fluviais naturais e, ainda, serão elencadas a natureza das principais intervenções realizadas neste curso, contribuindo para uma reflexão a cerca da diminuição do volume de água. Em seguida pretende-se propor a utilização de geotecnologias, para o monitoramento da dinâmica fluvial, notadamente para a diminuição do espelho d'água e o assoreamento decorrente da perda de capacidade de transporte, uma vez que as imagens de satélites auxiliam na compreensão das complexas relações entre homem e natureza (CARVALHO JÚNIOR, 2018)

Neste sentido, espera-se que este trabalho contribua para a discussão a cerca do uso de ferramentas SIG como suporte a decisão dos comitês de bacia, contribuindo para uma

gestão integrada e responsável das mais variadas instituições que compõe o mosaico heterogêneo de uso dos recursos hídricos.

2. Área de estudo

2.1 Caracterização e localização

A bacia do Rio Paraíba do Sul possui área de drenagem de 55.000 km², se estendendo pelo estado de São Paulo (13.900 km²), Rio de Janeiro (20.900 km²) e Minas Gerais (20.700 km²) (CEIVAP, 2013). Devido a sua grande importância para manutenção de diversos empreendimentos como parques hidrelétricos, atividades mineradoras, indústrias e agropecuária, seus recursos necessitam de monitoramento frequente, visto que seu uso pode ocasionar diversos impactos na sua qualidade e quantidade disponíveis para abastecimento.

O rio nasce na serra da Bocaina, no estado de São Paulo, a 1.800 m de altitude, e deságua no norte fluminense, no município de São João da Barra, percorrendo uma extensão de aproximadamente 1.180 km. O seu baixo curso estende-se de São Fidélis/RJ à foz, com 95 km de extensão e declividade média de 0,22 m/km, atravessando a Baixada Campista, extensa planície litorânea (MARENGO e ALVES, 2005).

O trecho delimitado para o presente trabalho se estende desde a divisa municipal entre Campos dos Goytacazes e São Fidélis, nas coordenadas -41,53688° / -21,62133°, caracterizado na Figura 1, como o ponto A, até a foz no município de São João da Barra, nas coordenadas -41,04181° / -21,61933°, caracterizado como ponto B. O rio Paraíba do Sul no trecho em questão banha cinco municípios, sendo eles: São Fidélis, Cardoso Moreira, Campos dos Goytacazes, São Francisco do Itabapoana e São João da Barra. A extensão total do trecho delimitado é de 65 km, sendo excluído o trecho final, do delta, para que a dinâmica costeira, provocada pela ação da erosão marinha não comprometesse a análise. A maior parte dessa extensão está localizada dentro dos limites municipais de Campos, correspondendo a aproximadamente 53 km da extensão total.

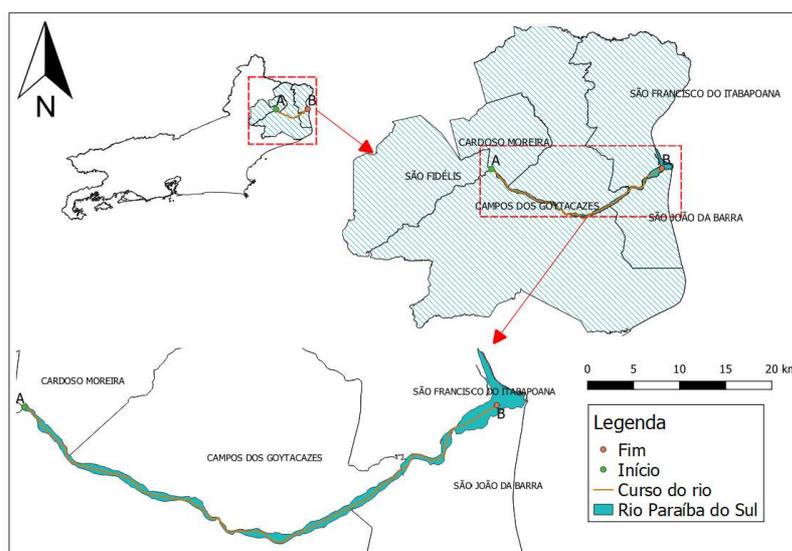


Figura 1: Delimitação da área de interesse. Fonte: elaborado pelos autores.

2.2 Padrão de canal do trecho estudado

A heterogeneidade dos canais vem sendo amplamente estudada no campo da geomorfologia fluvial, tendo a nomenclatura destes crescido de forma não sistemática, embora algumas dessas classificações tem se apresentando mais frequentemente. As quatro mais usuais são: retilíneo, anastomosado, meândrico e entrelaçado (LEWIN & ASHWORTH, 2014).

O renomado geógrafo brasileiro, Guerra (2005), apresenta três classificações para os canais, sendo eles, canais retilíneos, anastomosados e meandrante. (i) Para os canais retilíneos o autor atribui condições de excepcionalidade na medida em que depende de condições específicas, tais como um embasamento rochoso homogêneo e às vezes associados a linhas tectônicas. O canal retilíneo também pode estar associado a ações antrópicas, que com o objetivo de aumentar o escoamento e promover uma melhor drenagem da região, tem sido muito utilizado em áreas urbanas e de baixada constantemente alagadas. O autor também classifica retilíneo como sendo um seguimento com extensão 10 vezes maior que a largura; (ii) os canais anastomosados são classificados como canais que se caracterizam por apresentar grande volume de carga de fundo que, conjugado com as flutuações de descargas, ocasionam sucessivas ramificações, ou múltiplos canais que se subdividem e se reencontram, separados por ilhas assimétricas e barras arenosas; (iii) os canais meandros estão associados a áreas de baixa declividade onde a energia do fluxo de descarga de água é reduzida, típicos de regiões estuarinas. Apresentam condições de erosão específicas, sendo caracterizado pela zona de deposição na margem convexa (progradação das praias) e em áreas de degradação na superfície côncava.

Além da tipologia acima descrita é recorrente na literatura o canal entrelaçado. Este é definido como sendo rio permeado por ilhas e barras, decorrentes do assoreamento do material transportado em suspensão por suas próprias águas, e é caracterizado por apresentar pouca ou nenhuma mata ciliar no solo ao redor, pois a ausência ou baixo volume de raízes das plantas favorece a erosão, devido à instabilidade do solo exposto, sendo o produto desta erosão carregada para o rio (TEIXEIRA, 2009). Lorang & Hauer (2017), o descreve a partir de um processo que ocorre quando a capacidade do fluxo de transportar sedimentos é excedida pelo volume de sedimento sendo transportado como carga de leito, evidenciando perda da capacidade de transporte de sedimentos.

É importante destacar que um mesmo canal fluvial pode ter fisionomias diferentes ao longo de todo o curso, sendo a tipologia do canal associada a um conjunto de fatores que compõe a geomorfologia fluvial, destacando-se a descarga líquida, cargas de sedimentos e declive, que serão elementos decisivos na fisionomia do canal.

A cerca da fisionomia do curso fluvial do Rio Paraíba do Sul, no trecho de interesse, o relatório da ENGEORPS (2010) classifica a morfologia, como entrelaçada e com maior sinuosidade do que as regiões a montante (alto e médio curso), logo apresentando uma tendência meândrica associada. Pode-se observar na que o rio apresenta diversas ilhas à principalmente à jusante do perímetro urbano de Campos dos Goytacazes, corroborando para a classificação entrelaçada do canal. Na área urbana percebem-se os meandros, onde se observa a progradação das praias da margem convexa. Os diques produzidos pela ação antrópica, para o desenvolvimento da cidade, que se encontra nas margens do rio, impedem o processo de escavação da margem côncava dos meandros, fazendo assim que os mesmos

não tendam a aumentar a sinuosidade. Em contrapartida a deposição na margem convexa do meandro, tende a promover um afunilamento do leito do rio.

2.3 Uso do solo, processo erosivo e produção de sedimentos

A intervenção humana nas áreas adjacentes aos cursos dos rios, seja na construção de diques ou na remoção de cobertura vegetal nativa, em razão da expansão da atividade agropecuária, ou mesmo para a expansão das cidades, vem contribuindo para o processo de erosão acelerada. A impermeabilização do solo, em função do crescimento das cidades, atua no sentido de dificultar o processo de infiltração, o que acarreta no transporte de sedimentos urbanos para os corpos hídricos que contribuirá para a deposição e consequente assoreamento (OLIVEIRA; BEZERRA, 2017).

A remoção da mata ciliar contribui para o processo de erosão que pode ocorrer de duas formas: (i) a erosão laminar, onde o escoamento difuso das águas pluviométricas removem a camada superficial do solo, conduzindo-a para o curso d'água, ou (ii) pode ser erosão linear, quando as águas se concentram em linhas de fluxo, resultando em incisões na superfície do terreno, tendendo, neste contexto a ser muito mais agressiva e mudando a geomorfologia fluvial consideravelmente. As águas oriundas das chuvas representam o mais expressivo agente erosivo (MORAES; SALES, 2017).

A questão dos assoreamentos nos rios está diretamente relacionada aos processos erosivos na medida em que é a erosão que fornece os materiais (sedimentos) que darão origem ao assoreamento. Quando não há energia suficiente para transportar o material erodido, este material é depositado (GUERRA, 2005). A erosão e o assoreamento trazem também como consequências uma maior frequência e intensidade de enchentes e alterações ecológicas, na medida em que o acúmulo de material no fundo do rio diminui o tirante hídrico do curso do rio, deixando-o vulnerável ao transbordamento quando ocorre uma elevação do volume de águas (ABDON, 2014).

Conforme relatório realizado pela COHIDRO e publicado pela CEIVAP (2006), a trecho de estudo representa área de grande potencial de erodibilidade, devido à baixa densidade vegetal nativa, que teria a capacidade de reter os sedimentos, diminuindo a erosão laminar oriunda das precipitações. Os fatores antrópicos desencadeiam um processo de desequilíbrio, que pode ser observado conforme tabela 1.

MUNICÍPIO	Floresta Ombrófila	Floresta Estacional	Veget. Secund.	Campo/Pastagem	Área Agrícola	Reflorestamento	Área Urbana	Outros
Aperibé			236	8.388			84	280
Cambuci		4.044	6.588	44.912	12		128	648
C. dos Goytacazes	588	212	2.768	17.740	29.360		220	3.344
Cardoso Moreira		308	4.400	37.772	8.144		12	844
Italva			1.440	27.608			160	312
Itaocara	216		3.048	37.948	968		192	424
Itaperuna		1.732	6.252	99.488	20	60	1.232	1.124
Laje do Muriaé		1.636	1.932	21.172	64		28	236
Miracema		572	2.648	26.444			364	4
Natividade		2.064	4.300	31.772	144		56	324
Porciúncula		2.812	1.060	15.368			128	36
Quissamã								
Santa Maria Madalena	7.892		1.208	18.676			48	496
S. Antônio de Pádua	688	16	2.884	57.004	324		320	420
São Fidelis	6.324	912	12.196	77.888	1.628		220	4.072
S. Fc. de Itabapoana				616	8			1.152
São João da Barra				1.076	44		176	2.064
São José de Ubá			1.828	22.272				1.036
Varre e Sai		1.364	312	2.188				
Total	15.708	15.672	53.100	548.332	40.716	60	3.368	16.816
Percentual (%)	2,3	2,3	7,7	79,0	5,9	0,07	0,5	2,4

Tabela 2: Uso do solo nos municípios que compõe o baixo curso do Rio Paraíba do Sul (em hectares). Fonte: CEIVAP (2006).

A erosão é sempre mais intensa em áreas desmatadas, pois a velocidade de escoamento é maior do que em áreas com cobertura vegetal, na medida em que os vegetais além de fornecer um obstáculo ao fluxo de água, favorecem a fixação do solo na encosta, além ainda, de permitir que a água infiltre, diminuindo assim a velocidade do fluxo superficial (RODRIGUES, 2016).

2.4 Decréscimo de vazão

O perfil altimétrico da região de Campos dos Goytacazes é modesto e plano, sendo de origem geológica recente. O volume de água ocupado regularmente no rio Paraíba do Sul, tem decrescido ao longo do tempo, fruto principalmente, das diversas obras de intervenção antrópica a montante. Conforme Marengo e Alves (2005),

A bacia do rio Paraíba do Sul tem sido palco para a implantação de uma série de aproveitamentos de usos múltiplos da água (...) dentre as possíveis causas desta redução sistemática nas vazões e cotas do Paraíba do Sul, temos: (a) efeitos antropogênicos de uso da água para abastecimento e geração de energia, com a construção de barragens e açudes; (b) desvio de rios para usos na agricultura e que pode aumentar a evaporação; (c) mudanças no uso da terra que pode afetar todo o ciclo hidrológico; (d) mudanças gradativas no canal do rio devido à sedimentação e deposição de sedimentos que podem não ter sido considerado no momento de calcular vazões usando a curva chave; e, finalmente, (e) mudanças gradativas no regime e distribuição de chuvas na bacia, decorrentes de mudanças climáticas regionais (MARENGO e ALVES, 2005, p3-4)

Os autores apresentam as diversas possibilidades de alterações na bacia, que irão implicar na diminuição no fluxo de água. Há de se notar que a maior parte das razões dizem respeito a ações antropogênicas, sendo a gestão integrada das bacias hidrográficas uma ação que vai além dos limites municipais ou divisas estaduais.

A fim de se avaliar quantitativamente o decréscimo do volume do rio, foi extraída a série histórica de nível coletadas na estação fluviométrica de Campos dos Goytacazes, a partir do portal HidroWeb da ANA, entre os anos de 2005 e 2018, sendo possível observar a diminuição do nível ao longo dos anos, conforme ilustra a Figura 2. A partir desses dados, é possível observar uma forte tendência a diminuição do volume de água no rio, implicando na possibilidade de levar o curso a exaustão se não sejam buscadas alternativas para às sucessivas intervenções no rio. O monitoramento tanto hidrológico, a partir de medições *in loco*, quanto espacial, por meio de sensoriamento remoto e aerofotogrametria, corrobora neste sentido.

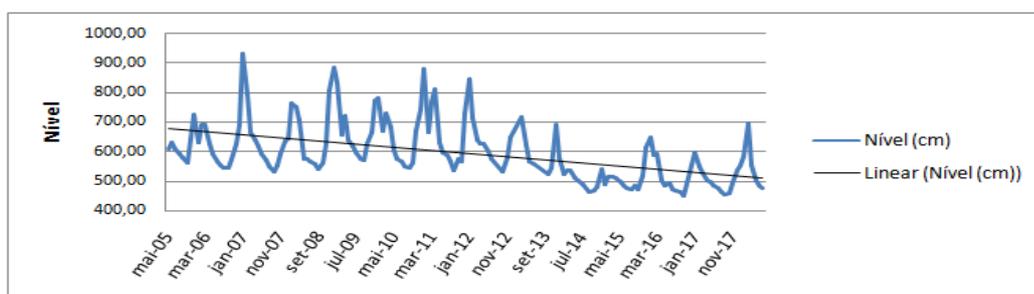


Figura 2: Evolução do decréscimo dos valores de nível do Rio Paraíba do Sul, coletados na estação fluviométrica da ANA, em Campos dos Goytacazes, entre 2005 e 2018. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Metodologia

A metodologia utilizada no presente trabalho necessita de imagens históricas de alta resolução para a vetorização do curso do rio e ilhas, com a finalidade de identificar a área do espelho d'água que foi decrescida do rio e as mudanças morfológicas no leito, que incluem o aumento do processo de sedimentação e deslocamento das margens. O processo de vetorização leva em consideração a interpretação visual do executante e pressupõe, além do conhecimento a cerca do ferramental de geoprocessamento, o conhecimento do local estudado. Por meio dessa vetorização é possível gerar mapas temáticos, extração de dados para operações estatísticas e informações de área do leito do rio preenchida pelo rio, e pelas ilhas. Todo o processo de vetorização e estatística foi realizado do QGIS 3.4.1.

Para a escolha das cenas e garantia de que a variação o leito não corresponderia à sazonalidade do regime das chuvas (cheia e vazante do rio), foi estabelecido como parâmetro para escolha das imagens a proximidade das cotas do rio médias nas datas de interesse. Os valores de cotas históricas foram obtidos a partir do portal oficial HidroWeb da ANA, e todas as medições aqui apresentadas dizem respeito a estação fluviométrica código 58974000, que se localiza no perímetro urbano da cidade de Campos dos Goytacazes, próximo a ponte Saturnino de Brito.

A primeira imagem escolhida é oriunda da campanha de aerolevante realizada pelo IBGE, entre junho e agosto de 2005, que possui uma resolução espacial de 0,7m, sendo cada foto na escala 1:25000. A cota média registrada na estação da ANA, citada anteriormente, foi de 609m.

Uma vez que não há uma imagem atual, de alta resolução e com a mesma cota do rio de 2005, buscou-se uma medida alternativa para a obtenção de uma imagem recente e de cota média aproximada. Foram buscados os satélites disponíveis com imagens gratuitas e que possuíssem a melhor resolução espacial, para uma equiparação com a imagem de alta resolução do IBGE, tendo sido escolhido o satélite Sentinel-2, que são disponibilizadas de forma gratuitas no site *Earth Explorer* do Serviço Geológico Americano.

A missão Sentinel-2 é composta de 2 satélites (2A e 2B) defasados 180° na mesma órbita, o que permite uma revisita de 5 dias no equador. O satélite 2A foi lançado pela Comunidade Européia e a ESA, em junho de 2015 e 2B em março de 2017, estando os dois em operação. O satélite é do tipo multiespectral e possui 13 bandas, as quais dispõe a seguinte distribuição de resoluções espaciais: 4 bandas de 10m, 6 bandas de 20m e 3 bandas de 60m (ESA, 2018).

4. Resultados e discussões

4.1 Validação do uso da imagen do Sentinel-2

A fim de validar o uso do satélite Sentinel-2, foram buscadas no *software Google Earth Pro* imagens de alta resolução que dispusesse da mesma cota do rio de uma cena do satélite. As imagens do *Google Earth*, apesar de alta resolução espacial, inferior a 1m, possui a limitação de utilização para a grande extensão da área de estudo – 65 km – pois são utilizadas imagens de diferentes datas para compor o mosaico da região. Outra

limitação diz respeito à possibilidade de substituição das imagens do banco de dados do *Google* sem aviso prévio, o que impossibilita a reprodução do estudo a qualquer tempo.

Para a validação foi utilizada uma imagem do *Google Earth* de 11/08/2016 (acessada em 02/12/2018) com uma cota do rio em 468cm. Foi vetorizado no *software* de geoprocessamento QGIS um trecho de 8,3 km do rio, que corresponde a 12,7 % do curso total de interesse.

A cena do Sentinel-2 escolhida para a validação foi de 29/08/2016, sendo a cota do rio encontrada nesta data de 468m (mesmo valor da imagem do Google de 11/08/2016). A banda escolhida para vetorização do leito do rio foi a 8, com resolução espacial de 10 m e que corresponde ao infravermelho próximo – NIR (*Near-infrared*), de comprimento de onda central de 842 μm . A escolha se dessa banda se deu em função do comportamento de absorção do infravermelho na água, que pode ser observada na figura 3. Antes da escolha, foi realizado um experimento de utilização do NDWI (*Normalized Difference Water Index*), que "foi concebido com a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos)" (BRENNER, GUASSELLI (2015) e pode ser obtido por meio de operações entre as bandas espectrais do verde e NIR, conforme enuncia Mcfeeters (1996):

$$\text{NDWI} = (\text{GREEN} - \text{NIR}) / (\text{GREEN} + \text{NIR}) \quad (1)$$

O NDWI vem amplamente sendo utilizado em trabalhos de mapeamento de corpos hídricos (CARVALHO JÚNIOR (2018); MARTH, MOURA, KOESTER (2016); BRENNER, GUASSELLI (2015)), no entanto, neste trabalho, o resultado do NIR se mostrou mais adequado para o monitoramento de pequenas variações morfológicas. Na Figura 4, pode-se observar a que a resposta do NDWI apresenta pequenas variações na margem e no contorno das ilhas, ocasionando em erro de interpretação no sentido de diminuição do espelho d'água, talvez pelo fato da grande presença de material particulado e da pequena lamina d'água associada nas margens do rio e ilhas. Uma vez que o NIR é absorvido pela água, a resposta visual tende a ser bem mais coerente com a realidade, apresentando uma resposta satisfatória em pequenas profundidades e com intensa presença de material particulado. Segundo Meneses et. al. (2012), a reflectância média da água é muito próximas na região do visível e são facilmente discriminadas na imagem do infravermelho próximo de um sensor multiespectral. Ainda destaca-se a interpretaç

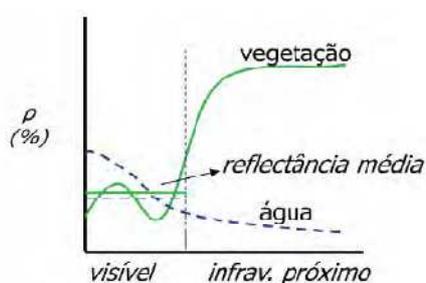


Figura 3: Assinatura espectral da água e vegetação. Fonte: Meneses et. al. (2012).

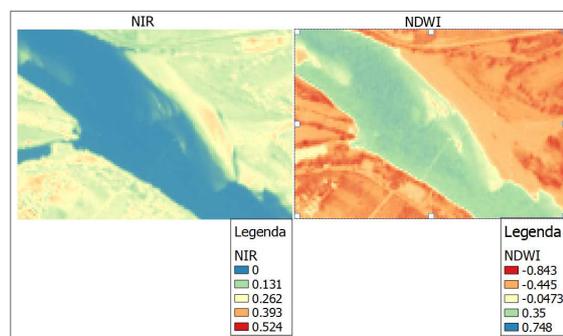


Figura 4: Comparação NIR x NDWI. Fonte: elaborado pelos autores.

Adicionalmente a análise acima citada foi observada a composição colorida fornecida pelo *software Google Earth Pro*, na data de interesse, de forma a corroborar com a escolha do NIR. A interpretação visual da composição colorida associada a cena do satélite, apresentou maior semelhança de contorno do NIR que o NDWI.

Para o processamento da imagem foi aplicada a correção atmosférica DOS1, cuja finalidade é a redução da influência da atmosfera na qualidade da imagem, em seguida se utilizou o método de classificação pixel-a-pixel, para definição dos pixels que correspondem ao espelho d'água e ao contorno das ilhas. Para ambos os processos foi utilizado o *plugin* do SCP, *Semi-Automatic Classification*, disponível no catálogo de complementos do QGIS. Após a classificação foi realizada a vetorização da imagem, no mesmo trecho, referente à imagem do *Google Earth* utilizada, sendo obtidos os valores conforme Tabela 2:

	Data	Nível (cm)	Área vetorizada (km ²)
<i>Google Earth</i>	11/08/2016	468	3,433
Sentinel-2	29/08/2016	468	3,491
		Diferença	1,69%

Tabela 2: Validação da imagem do Sentinel-2 a partir da imagem do Google Earth Pro. Fonte: elaborado pelos autores.

Foi possível observar que a vetorização da imagem do *Google Earth* apresentou uma área de 3,43 km², quanto à imagem do Sentinel-2, apresentou uma área de 3,49 km² resultando em uma diferença de 1,69%. A sobreposição dos contornos das duas imagens associadas à baixa diferença descrita, resultou na validação da imagem do satélite Sentinel-2 para a metodologia proposta.

4.2 Variações morfológicas ocorridas entre junho de 2005 e janeiro de 2017

Após validação da imagem do Sentinel-2 para observação de pequenas variações na geomorfologia fluvial, foi realizada a vetorização de todo o trecho de 65 km, descrito na Figura 1, tanto a partir da imagem do aerolevante do IBGE, quanto do Sentinel-2.

A data da imagem escolhida do satélite foi de 26/01/2017, que possuía uma cota média de 602 cm no dia da passagem do satélite. Esta data foi escolhida tendo em vista necessidade de se manter o nível médio do rio próximo ao nível da campanha do IBGE que foi de 609 cm. A vetorização do leito do rio e a sobreposição dos contornos nos permitem observar consideráveis variações geomorfológicas no curso do rio, conforme evidencia a Figura 5. Estas variações refletem espacialmente as modificações que ocorreram e continuam ocorrendo na morfologia do Rio Paraíba do Sul, ao longo dos últimos 12 anos.

É possível, por meio de ferramentas de geoprocessamento realizar a quantificação dessas mudanças, sendo estas expressas conforme a Figura 6. A quantificação processada

no *software* QGIS, reflete as modificações em termos quantitativos, que ocorreram e continuam ocorrendo na morfologia do Rio Paraíba do Sul, ao longo dos últimos 12 anos.

No que se refere à largura média no trecho estudado, a Figura 6 apresenta uma perda de 34,75m ou 4,53%, facilmente observada na espacialização das variações morfológicas expressas na Figura 5.

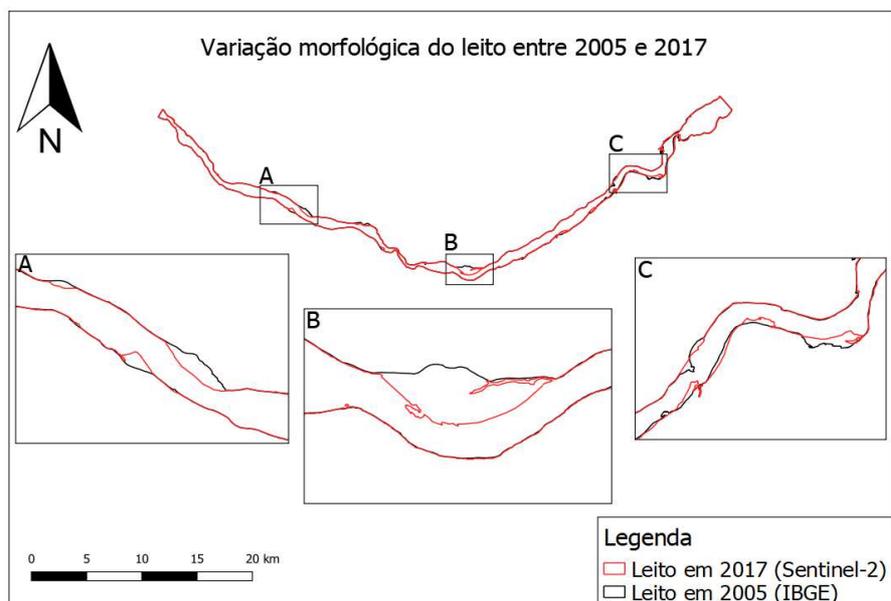


Figura 5: Variações morfológicas no trecho de interesse entre os anos de 2005 e 2017. Fonte: elaborado pelos autores.

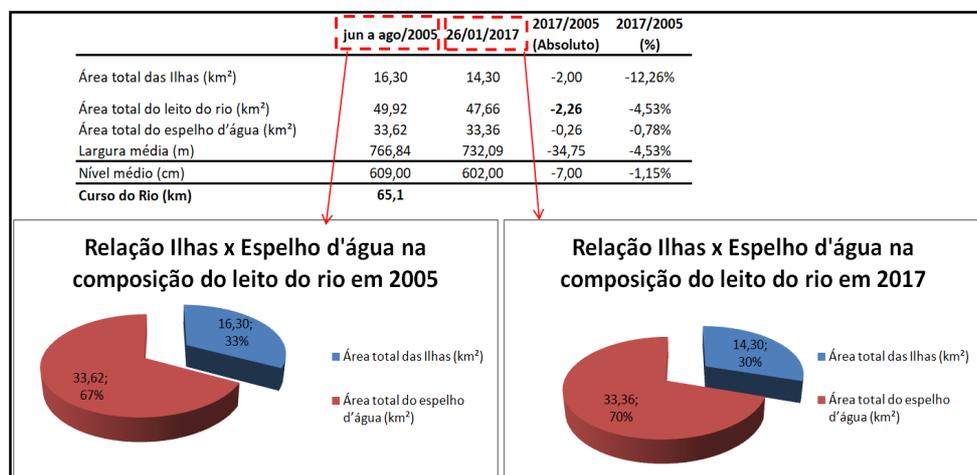


Figura 6: Estatísticas das variações morfológicas no trecho de interesse entre os anos de 2005 e 2017. Fonte: elaborado pelos autores.

É possível, dessa forma, observar que o rio tem gradativamente perdendo área e que aproximadamente 2,26 km² representou espelho d'água e ilhas que foram incorporadas à margem, tal como pode ser evidenciado por meio da análise histórica realizada a partir de imagens de satélite (Figura 5). O ponto B, por exemplo, representa uma ilha que existia em 2005, mas que foi incorporada a margem devido à redução do volume de água, possivelmente ocasionada pela ação antrópica no sentido de intensificação do uso da água.

5. Considerações finais

O presente trabalho evidenciou significativas mudanças na geomorfologia fluvial do baixo curso do rio Paraíba do Sul, onde foi possível perceber que entre os anos de 2005 e 2017, houve perda significativa na largura média do rio na ordem de 34,75m e na área total na ordem de 2,26 km². Adicionalmente, esta pesquisa observou uma queda na vazão do rio, por meio na análise da série histórica fornecida pela ANA.

A utilização das imagens do satélite Sentinel-2, mostrou-se eficaz no processo de monitoramento e quantificação da dinâmica geomorfológica fluvial do rio Paraíba do Sul, configurando-se como uma ferramenta de baixo custo para subsidiar ações de gestão dos comitês de bacias hidrográficas. Foi possível espacializar e quantificar as modificações na geomorfologia fluvial, aonde ilhas vêm sendo incorporadas às margens, o leito principal está perdendo largura e as ilhas existentes estão aumentando extensão ao longo de seu curso.

No que se refere ao processo de sedimentação, a metodologia utilizada nesta pesquisa não se mostrou conclusiva, deixando para um próximo trabalho a iniciativa de quantificação dos processos sedimentológicos. Não há a princípio evidências conclusivas de que a progradação da margem convexa dos meandros e o alongamento das ilhas sejam oriundas diretamente de um processo de assoreamento crescente ou se apenas ocorreu uma redução do espelho d'água devido ao aumento da captação a montante.

Referências

- ABDON, Myrian de Moura. **Os impactos ambientais no meio físico, erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do Rio Taquari, MS**. 2014. 319p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos: USP.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas, Portal HidroWeb**. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br> > Acesso em: 5 de dezembro de 2018.
- BRENNER, V. C.; GUASSELLI, Laurindo Antônio. **Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS–Brasil**. ANAIS XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, v. 25, 2015.
- CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio de. **Aplicações e perspectivas do sensoriamento remoto para o mapeamento de áreas inundáveis**. Revista de Geografia (Recife), v. 35, n. 4, 2018.
- COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – CEIVAP. **Avaliação dos impactos de novas transposições de vazão no Rio Paraíba do Sul**. COHIDRO, 2013.
- _____. **Caderno de Ações Área de Atuação do GT-Foz**. COHIDRO, 2006. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/planobacia2.php>> Acesso em: 20 de novembro de 2018.

- _____. **Relatório de Gestão Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul.** 2012. Disponível em: <<http://cbhbaixoparaiba.org.br/downloads/relatorio-de-gestao-2011.2012.pdf>> Acesso em: 23 de setembro de 2018.
- ENGEORPS. **Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul, R 02 – Coleta de Dados Engecorps - Brasília: ANA, SUM, 2010. 285p.**
- EUROPEAN SPACE AGENCY – ESA. **Copernicus Sentinel-2 mission.** 2018. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>>. Acesso em: 21 de dezembro de 2018.
- GUERRA, Antonio José Teixeira (org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 6.ed. Bertrand Brasil: 2005. 472p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Ortofotos da Bacia do Rio Paraíba do Sul.** Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/arquivos-raster.html>> Acesso em: 23 de setembro de 2018.
- LEWIN, J., & ASHWORTH, P. J. **Defining large river channel patterns: Alluvial exchange and plurality.** 2014. *Geomorphology*, 215, 83–98.
- LORANG, Mark S.; HAUER, F. Richard. **Fluvial geomorphic processes.** In: *Methods in Stream Ecology, Volume 1 (Third Edition)*. 2017. p. 89-107.
- MARENGO, José A.; ALVES, Lincoln Muniz. **Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 20, n. 2, p. 215-226, 2005.
- MARTH, J. D.; MOURA, N. S. V.; KOESTER, E. **Localização e mapeamento de áreas úmidas na Sub-bacia hidrográfica Arroio Santa Isabel, através do método NDWI.** Geografia (Londrina), v. 25, n. 1, p. 23-41, 2016.
- MENESES, Paulo Roberto *et. al.* **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** v. 11, 2012. Brasília, DF: Universidade de Brasília– CNPq.
- McFEETERS, S. K. (1996). **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features.** International Journal of Remote Sensing, 17(7), 1425–1432.
- MORAIS, R. C. S; SALES, M. C. L. **Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica .** Caderno de Geografia, v. 27, n. 1, p. 84-105, 2017.
- OLIVEIRA, T. C. E.; BEZERRA, M. C. L. **Manejo Sustentável da Água no Meio Urbano: O Caso de Brasília.** In: **ENSUS 2017 - V Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, 2017, Florianópolis. Anais [do] ENSUS 2017 - V Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2017. v. 1. p. 1-1702
- RODRIGUES, Juliana Paula da Silva. **Avaliação da qualidade ambiental urbana na bacia hidrográfica do Córrego das Lajes em Uberaba (MG).** 2016. 127p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia: UFG.
- TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 557p.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Earth Explorer, Sentinel-2.** Disponível em: < <https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em: 30 de novembro de 2018.

Utilização de resíduos de tabaco em processos biotecnológicos

Use of tobacco residues in biotechnological processes

Aline Cristine Rutsatz, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

aline.rutsatz@hotmail.com

Juliana Dalcin, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

judalcin98@gmail.com

Jorge André Ribas Moraes, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

jorge@unisc.br

André Luiz Emmel Silva, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

andresilva@unisc.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar uma aplicação de procedimento biotecnológico para o reaproveitamento de resíduos resultantes do processamento do tabaco. Para a verificação de tal aplicação, foi utilizada pesquisa exploratória, com uma abordagem qualitativa e a coleta de dados foi realizada por meio de uma entrevista semiestruturada. Ao final desta pesquisa obteve-se como resultado que o uso de microrganismos para a decomposição da nicotina nos resíduos do tabaco é uma maneira eficaz para o reaproveitamento desses resíduos sem contaminação do ambiente.

Palavras-chave: biotecnologia; resíduos; tabaco; reaproveitamento.

Abstract

This article aims to analyze an application of biotechnological procedure for the reuse of residues resulting from the processing of tobacco. For the verification of such application, an exploratory research was used, with a qualitative approach, and data collection was performed through a semi-structured interview. At the end of this research it was obtained that the use of microorganisms for the decomposition of the nicotine in the tobacco residues is an effective way for the reutilization of these residues without contamination of the environment.

Keywords: biotechnological; residues; tobacco; reuse.

1. Introdução

A biotecnologia envolve um conjunto de técnicas de manipulação de organismos ou parte deles para a alteração de seres vivos ou materiais de origem biológica para a criação de bens, serviços e conhecimento, através da aplicação de ciência e tecnologia (OECD, 2006).

Atualmente, esse ramo permite uma vasta aplicabilidade na indústria, pois é uma área complexa e multidisciplinar que abrange conceitos como biologia molecular, microbiologia, química associadas a informática, robótica e controle de processos.

Com a crescente preocupação com as questões ambientais e aumento da necessidade de eficiência das indústrias, a biotecnologia vem ganhando destaque, pois possibilita a criação de produtos inovadores e tecnologias para combater enfermidades, reduzir prejuízos ambientais, utilizar energias mais limpas e gerar processos de fabricação mais eficientes (VISPO, 2016).

Neste contexto de avanço tecnológico e desenvolvimento sustentável, a biotecnologia traz inovação aos diversos ramos da indústria, especialmente quanto ao reaproveitamento de seus resíduos e a logística reversa.

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo analisar uma proposta para o reuso dos resíduos da indústria de fumo, através de processos biotecnológicos e a introdução da matéria prima oriunda desse processo nos processos produtivos das empresas.

O artigo está estruturado em três partes: a primeira trata-se de uma revisão bibliográfica relacionada à biotecnologia e a produção de tabaco; na segunda parte, ocorre a descrição da metodologia e por último, apresentam-se os resultados e as considerações finais.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Biotecnologia

Com os avanços tecnológicos e o aumento da preocupação ambiental, as indústrias têm investido em meios para reduzir seus impactos ambientais. Isso abre espaço para a integração entre ciência e tecnologia no setor industrial, através dos processos biotecnológicos.

A biotecnologia permite o uso de processos inovadores de modo a aumentar o rendimento da indústria de forma sustentável, que é essencial para a manutenção dos recursos naturais e redução de resíduos gerados pelas indústrias (VISPO, 2016). Essa área explora processos celulares e biomoleculares para o desenvolvimento de tecnologias e produtos que ajudam a melhorar a vida e a saúde das pessoas, auxiliando também a melhorar os processos de produção, como na redução do uso de recursos naturais e da dependência de produtos petroquímicos, desenvolvimento de biocombustíveis para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, diminuição do consumo de água e da geração de resíduos (BIO).

Assim, entre tantas inovações convergentes, as empresas precisam adaptar suas estratégias de negócios às mudanças decorrentes das inovações, a fim de obter o retorno econômico referente aos investimentos realizados em conhecimento, garantindo vantagem

em sua capacidade de inovação e em sua abordagem ambiental, sendo a biotecnologia um dos meios para isso (LAVRYNENKO; SHMATKO; MEISSNER, 2018).

2.2. Resíduos da produção de tabaco

Os estados da região sul do Brasil são os maiores produtores de tabaco do país, produzindo mais de 700 mil toneladas de tabaco na safra 2016/17, 98,1% da produção. Observou-se também um crescimento de 34% na produção em relação à safra passada (2015/16), como se pode verificar na figura 1 (Fonte: AFUBRA / IBGE).

FUMICULTURA BRASILEIRA								
Safr a: 2016/17								
REGIÃO	Nº de	FAMÍLIAS	HECTARES	PRODUÇÃO	Partic.	kg/ha	VALOR	
	Estados	produtoras	plantados	Ton	%		R\$/kg	Total
Sul	3	150.240	298.530	705.930	98,1	2.365	8,63	6.090.633.962
Nordeste	7	13.690	12.330	13.242	1,8	1.074	2,45	32.446.007
Outras	4	360	270	220	0,0	815	5,50	1.208.993
Total	14	164.290	311.130	719.392	100	2.312	8,15	6.124.288.962
Safr a: 2015/16								
Sul	3	144.320	271.070	525.221	97,5	1.938	9,96	5.230.364.810
Nordeste	7	13.690	12.330	13.242	2,5	1.074	2,45	32.446.007
Outras	4	360	270	220	0,0	815	5,50	1.208.993
TOTAL	14	158.370	283.670	538.683	100	1.899	9,77	5.264.019.810,00

Figura 1: Dados da fumicultura – Safra 2016/2017

Com o aumento da produção de tabaco, conseqüentemente os resíduos de seu processamento também aumentam, gerando assim um problema para as indústrias do ramo: o que fazer com os resíduos oriundos do processamento do tabaco.

Os resíduos oriundos da produção de tabaco são gerados durante os diversos processos do ciclo de produção de tabaco e do cigarro, geralmente esses resíduos contêm partes da folha do tabaco o pó produzido gerado por seu processamento (PIOTROWSKA-CYPLIK, 2009).

A produção de tabaco gera em torno de 25% de resíduos. Este resíduo gera um grande problema ambiental, pois contém componentes tóxicos, como a nicotina. A nicotina, além de ser o componente que torna o tabaco viciante, também é um grande contaminante do ecossistema devido à solubilidade em água da substância, facilitando a penetração no solo, afetando a estrutura ecológica do solo e poluindo as águas subterrâneas (WANG, 2012).

2.3. Tabaco como matéria prima para biotecnologia

Os resíduos do processamento do tabaco constituem um grande e potencial recurso de fertilizante, devido à matéria orgânica e às substâncias biológicas contidas nesses resíduos. Entretanto, se esses resíduos forem gerenciados inadequadamente, podem se tornar uma ameaça considerável ao meio ambiente (PIOTROWSKA-CYPLIK, 2009).

Uma das principais ameaças causadas pelos resíduos do tabaco é a contaminação do solo e da água através da nicotina. Com o uso de microrganismos, é possível tratar isso e ainda conseguir um produto benéfico para o produtor, para o meio ambiente e para as empresas produtoras de tabaco.

Como os microrganismos podem crescer com a nicotina e utilizar como fonte o carbono, água e energia, é possível tratar a poluição causada pela nicotina, reduzindo os impactos causados pelo resíduo do tabaco no solo (WANG, 2012).

Esse processo biotecnológico resulta em um produto com impactos ambientais reduzidos, pois é um reaproveitamento de resíduos que evita a contaminação dos solos e lençóis freáticos.

O produto final do processo biotecnológico pelo qual o resíduo do tabaco passa pode ser usado como fertilizante orgânico para melhorar a fertilidade do solo, devido ao seu conteúdo relativamente alto de elementos químicos disponível em sua composição (WU, 2015).

3. Metodologia

Para verificar a aplicação dos processos biotecnológicos para o reaproveitamento dos resíduos do tabaco como fertilizante, foi realizada uma pesquisa exploratória, que tem como objetivo o esclarecimento do problema, torná-lo mais explícito ou ainda trazer um aprimoramento de ideias (GIL, 2002).

A escolha do tema deste artigo foi baseada nos benefícios que a adesão de biotecnologia e seus processos podem trazer para amenizar os impactos ambientais causados pelos resíduos gerados pelo processamento do tabaco em folha, atividade de grande importância na região de Santa Cruz do Sul - RS.

Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória é dividida em três etapas: um levantamento bibliográfico do assunto abordado, entrevista com pessoas especializadas no tema abordado e a análise dos exemplos.

A pesquisa literária foi realizada na base de dados Scopus e no Portal de Periódicos da CAPES, onde foram analisados periódicos publicados entre os anos de 2013 e 2018. Os termos utilizados para realizar a busca foram biotecnologia, processos biotecnológicos, resíduos de tabaco e processamento de tabaco.

Para a coleta de dados foi realizada uma entrevista semiestruturada que se encontra no apêndice A, na qual as questões relacionadas ao assunto abordado foram aplicadas a Profª. Dra. Lisianne Brittes Benitez, docente e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

Com as respostas obtidas na entrevista semiestruturada, foi realizada uma análise sobre os estudos já realizados na área, bem como de seus benefícios e resultados, possibilitando a compreensão da relevância desse processo biotecnológico para redução dos impactos ambientais dos resíduos do tabaco.

4. Resultados

De acordo com a entrevistada, a Profª. Dra. Lisianne Brittes Benitez, um dos principais resíduos oriundos do processamento do tabaco em folha é o pó de tabaco, cerca de 90 a 95%. Esse resíduo é gerado pela manipulação das folhas de tabaco após a colheita e a cura. De acordo com a Portaria nº16/82 do Ministério da Agricultura, o pó de tabaco é definido como um constituído de resíduos finais provenientes da destala mecânica e que compreende o pó e resíduos de tamanho ínfimo.

Atualmente não há um destino correto para este tipo de resíduo, podendo ele ser depositado diretamente no solo, sem haver um estudo prévio das consequências que essa ação pode gerar para a natureza ou transformado em adubo para o solo, passando por um processo de decomposição da nicotina.

Algumas empresas do ramo destinam seus resíduos para a FUPASC (Fundação para Proteção Ambiental de Santa Cruz do Sul), onde o resíduo é tratado e convertido em biofertilizante para uso em lavouras de tabaco.

Uma solução encontrada para transformar o resíduo do tabaco em matéria-prima para as organizações é o uso de processos biotecnológicos, priorizando a decomposição da nicotina através de microrganismos pré-selecionados. O principal processo biotecnológico utilizado é o da fermentação, onde os mecanismos enzimáticos dos microrganismos (fungos e bactérias) transformam o substrato em moléculas menos complexas.

Os benefícios desse processamento, além de se tratar de um processo que utiliza um mecanismo presente naturalmente nos microrganismos, são a redução dos resíduos na indústria processadora do tabaco, redução da contaminação dos solos onde estes resíduos eram depositados incorretamente e o ganho de uma matéria-prima de um produto que iria ser inutilizado.

Em contrapartida, esse tipo de processo também possui alguns entraves. O principal deles é a dificuldade da manipulação, seleção e obtenção desses microrganismos utilizados nestes processamentos e a quantidade reduzida de informações a respeito de procedimentos como esse. Outro cuidado que deve ser tomado são os resíduos que os processos biotecnológicos, principalmente nos gases que serão emitidos para a atmosfera, que são um impacto resultante desse processo biotecnológico.

Segundo a entrevistada, os bioprodutos obtidos como resultados desses processos podem ter diversas aplicações, desde a produção de enzimas até a produção de biocombustíveis como o bioetanol.

5. Conclusão

Este artigo teve como objetivo investigar o uso de processos biotecnológicos para reduzir os impactos ambientais causados pelos resíduos do tabaco, que são utilizados como fertilizantes. A biotecnologia traz uma nova perspectiva para esses rejeitos, pois possibilita transformar os resíduos industriais em matéria-prima e ainda amenizar os impactos ambientais causados pelos resíduos da produção de tabaco, utilizados de forma inadequada.

Observou-se, através da entrevista com uma especialista na área que existem várias pesquisas relacionadas à utilização de processos biotecnológicos para amenizar os impactos gerados pelos resíduos industriais e fazer com que esses resíduos se transformem em matéria-prima para outros processos, entre elas, enzimas, biotanol e produção de composto para o solo, utilizando pó de tabaco como substrato. Este último estudo, é um meio de transformar resíduos inutilizados em um produto que trará benefícios aos agricultores que terão um novo meio de fertilizar o solo, sem contaminá-lo e para as indústrias de processamento do tabaco, que darão um destino adequado aos seus rejeitos.

Com a adesão de biotecnologia, é possível utilizar os recursos de forma mais eficiente, utilizar energias e processos mais limpos, reduzir os impactos ambientais e ainda criar produtos inovadores.

Assim, pode-se perceber que a biotecnologia pode ser uma grande aliada das empresas, propondo soluções que podem ser utilizadas como medidas corretivas, amenizando os impactos ambientais resultantes dos processos produtivos e consequentemente seus efeitos para comunidade e o meio ambiente.

Referências

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC AND COOPERATION DEVELOPMENT.
OECD ‘biotechnology statistics. Paris: OECD Publishing, 2006.

VISPO, Nelson Santiago (2016). “Biotecnologia”, Bionatura, Vol.1(1), p.3.

What is Biotechnology? BIO - BIOTECHNOLOGY INNOVATION ORGANIZATION. Disponível em: www.bio.org/what-biotechnology. Acesso em: 28 de set. 2018.

LAVRYNENKO, Alina; SHMATKO, Natalia; MEISSNER, Dirk (2018) "Managing skills for open innovation: the case of biotechnology", Management Decision, Vol. 56 Issue: 6, pp.1336-1347.

PIOTROWSKA-CYPLIK, Agnieszka et al (2009). “The kinetics of nicotine degradation, enzyme activities and genotoxic potential in the characterization of tobacco waste composting”, Bioresource Technology.

WANG, Xin et al (2012). “Bioremediation of the tobacco waste-contaminated soil by Pseudomonas sp. HF-1: nicotine degradation and microbial community analysis”, ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY.

WU, Weixuan et al (2015). “Kinetics and reaction chemistry of pyrolysis and combustion of tobacco waste”, Fuel.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p. ISBN 85-224-3169-8

AFUBRA - Associação dos Fumicultores do Brasil (2018)
<https://afubra.com.br/fumicultura-brasil.html>. Acesso em: 13 de nov. de 2018.

APÊNDICE A

1. Quais os principais resíduos oriundos do processamento do tabaco?
2. Qual é destino desse resíduo?
3. Como é o processo biotecnológico para tratamento dos resíduos do tabaco?
4. Quais microrganismos são utilizados nesse processo?
5. Quais são os benefícios trazidos pelo processo?
6. Existem entraves para o tratamento dos resíduos? Quais?
7. Quais cuidados devem ser tomados durante o processo?
8. Este tratamento resulta em algum impacto ambiental?
9. Quais são os produtos originados nesse processo?
10. Qual o destino do subproduto do processo biotecnológico?

Investigações em processo de projeto e tecnologias aplicadas: uma experiência projetual com abordagem sensível ao contexto do lugar

Investigations in the design process and applied technologies: a project experience with a context-sensitive approach to the place

Pedro Oscar Pizzetti Mariano, mestre em Arquitetura e Urbanismo, PósARQ/UFSC.

pedro.pm@hotmail.com

Leonardo de Oliveira Brito, mestrando em Arquitetura e Urbanismo, PósARQ/UFSC.

leonardodeoliveirabrito@gmail.com

Carolina Oliveira da Silva, mestranda em Arquitetura e Urbanismo, PósARQ/UFSC.

carolinaoliveiradasilva@gmail.com

Franciele Fontana da Rosa, mestranda em Arquitetura e Urbanismo, PósARQ/UFSC.

francielefdarosa@hotmail.com

Resumo

O presente estudo envolveu o embasamento e a aplicação de métodos de projeto com abordagem sensível ao contexto do lugar, afim de se analisar uma possível abordagem de exercício de projeto que permita criar ambientes que potencializem as características sensíveis através da mistura de técnicas digitais e métodos tradicionais. O trabalho abrangeu estudos teórico-prático e dialogados, atividades expositivas, estudos em campo, criação, modelagem paramétrica e materialização. Durante o processo, refletiu-se sobre o projeto arquitetônico, analisando soluções que correspondessem entre as necessidades sensíveis do ambiente, o programa do projeto, a materialização e a virtualização de um projeto final com metodologia intermediada pelas tecnologias propostas por este estudo. Por fim, as diferentes etapas do processo de projeto foram analisadas e caracterizadas, com o intuito de que possa ser reproduzido em um contexto de ensino.

Palavras-chave: Processo de projeto; tecnologias aplicadas; contexto do lugar.

Abstract

The present study involved the foundation and the application of design methods with a context sensitive approach to the place, in order to analyze a possible project exercise approach, which allows to create environments that enhance the sensitive characteristics through the mixing of digital techniques and methods traditional. The study included theoretical-practical and dialogical studies, expository activities, field studies, creation, parametric modeling and materialization. During the process, it was reflected about the architectural project, analyzing solutions that corresponded

between the sensitive needs of the environment, the project program, the materialization and virtualization of a final project with methodology intermediated by the technologies proposed by this study. Finally, the different stages of the design process were analyzed and characterized, so that it can be reproduced in a teaching context.

Keywords: *Project process; applied technologies; context of the site.*

1. Introdução

De acordo com Salim e Burry (2010), e Menges e Ahlquist (2011), os avanços entre o desenho auxiliado por computador e o sistema computacional têm proporcionado significativas mudanças no modo de pensar, projetar e produzir arquitetura ao permear diferentes conhecimentos em biologia, matemática, ciência da computação e filosofia. Os processos digitais com softwares e equipamentos, tais como a modelagem paramétrica, a fabricação digital, a computação física e a realidade virtual, otimizam a capacidade de produção e potencialização do projeto.

Diante desse cenário de inúmeras tecnologias que otimizam a capacidade de produção e potencialização do projeto, nota-se a condução a uma mudança de paradigma em arquitetura e urbanismo. Trata-se da oportunidade de utilizar novos recursos metodológicos para definição de projetos, com um novo acúmulo de conceitos transdisciplinares, provocando mudanças no modo como a arquitetura é concebida e refletindo em novas perspectivas sobre o ensino e a aplicação profissional.

Nesse sentido, o objetivo deste artigo é contribuir para a investigação das qualidades sensíveis da arquitetura na transição para as novas tecnologias, considerando essas relações como de fundamental importância no processo de projeto. No que se refere à metodologia científica, trata-se de um estudo com método de abordagem dialético e procedimento descritivo, uma relação participante, enquanto pesquisa laboratorial e aplicada, cuja abrangência e profundidade é exploratória, e essencialmente qualitativa.

Logo, obedecendo a ordem do desenvolvimento deste trabalho, o primeiro procedimento envolve o breve estudo das principais características relacionadas ao processo de projeto arquitetônico, a partir de clássicos autores que orientam a temática sob uma abordagem fenomenológica, ao orientar as condicionantes físicas e sensíveis que a arquitetura pode compreender. E no segundo, expôs-se a experiência das tecnologias aplicadas em etapas, intermediadas por atividades expositivas, estudos em campo, criação, modelagem paramétrica e materialização, em prol das soluções para o projeto simulado na pesquisa.

Sendo assim, dividido nesses dois procedimentos principais interseccionados, este trabalho promove uma visão sobre o processo de projeto utilizando a combinação de textos e imagens ilustrativas enquanto recurso de transmissão das informações. Por fim, as investigações sobre as tecnologias aplicadas em uma experiência projetual fundamentou a discussão com apontamentos e considerações evidenciadas no decorrer do trabalho. Os procedimentos foram analisados para que possam ser utilizadas em alguma disciplina ou real solução de projeto arquitetônico.

2. Processo de projeto: uma abordagem sensível

Este trabalho promove a discussão sobre a temática a partir do olhar propiciado pela linha filosófica da fenomenologia, que Edmund Husserl (1859 - 1938) define como uma investigação sistemática da consciência dos objetos. Aborda-se a significação dos ambientes mediante a criação de lugares específicos, a sensação de que a arquitetura transmite informações e promove percepções, sendo características bastante utilizada em diferentes disciplinas, como psicologia, ética e estética (NORBERG-SCHULTZ, 2006a).

Norberg-Schultz (2006b) também contextualiza a fenomenologia através do pensamento de Heidegger, que afirma que o edifício pode também ser a obra de arte, por poder levar consigo a verdade e entendendo que o homem habita e ao se reconhecer e transmitir, perpetua. Os autores também definem isto como uma poesia, quando se refere a própria natureza e transmissão da linguagem, podendo definir assim três pontos principais no pensamento da aplicação na arquitetura: o lugar (paisagem), as coisas (elementos) e a linguagem (que se inicia ao nomear as coisas e reconhecê-las).

A arquitetura espelha cada aspecto do indivíduo: social, econômico e espiritual. De certa maneira, possibilita transcender a sua visão por meio de informações subjetivas nas formas e volumes da obra. Tomando uma estrutura que se designa para uma determinada função, que apresenta características provenientes das diferentes dinâmicas naturais do ambiente e que detém relações físicas e humanas. Sendo que a arquitetura pode transmitir emoções associadas aos sentidos, tendo a intuição como uma sensibilidade oculta e mútua ao que se observa (PAPANÉK, 2007).

Para que essa sensibilidade seja captada, utiliza-se de diferentes instrumentos que ao se conectar com o projeto em relação ao lugar, transmitem diferentes sensações físicas e psicológicas. Papanek (2007) descreve alguns instrumentos, tais como: a luz (por diferentes tons, formas, densidades e efeitos), pisos (via diferentes texturas, sensações e caminhos), texturas (pertinentes ao toque, possibilitando a interpretação dos espaços e escolha dos materiais), o sentido olfativo (pelos aromas que permite acessar diferentes recordações e memórias), sons e ritmos (inspirados pelo sentido auditivo e identificados pela acústica provocada pelos espaços e materiais utilizados), a geometria inorgânica (por meio de formas euclidianas), e a geometria orgânica (via formas livres e complexas).

Segundo Heidegger (2002), Norberg-Schulz (2006a) e Pallasmaa (2006), a apresentação dos fenômenos da arquitetura pode interferir na experiência do sujeito no espaço, com a identificação do caráter específico de um lugar. Nesse sentido, o aprofundamento de um processo de projeto permite a aplicação de propostas que utilizam as qualidades sensíveis de determinado local. A aliança entre as novas tecnologias e a inspiração no contexto do lugar determina proporções que podem ser definidas por diversos movimentos, controles e variações, que permitem novas maneiras de interpretar as sensações sobre o projeto, sendo que em vez de criar meros objetos estéticos, a arquitetura pode projetar significados.

3. Processo de projeto e tecnologias aplicadas: a experiência em etapas

3.1 Conceituação e condicionantes do projeto: o lazer e o Parque da Luz

Para que o processo de projeto seja compatível com a aplicação das qualidades sensíveis do lugar e que as tecnologias sejam utilizadas adequadamente em um contexto de exercício de projeto, a sequência de organização deste artigo é previamente baseada em Silva (1998), Montenegro (1987) e Zevi (2009). Formando-se etapas em que o primeiro passo foi a delimitação do tema e a escolha do sítio, na sequência, inicia-se uma interpretação sensível do lugar, e após essa análise, as características foram retransmitidas por meio de desenhos a mão e pelos recursos tecnológicos aplicados.

Dessa maneira, nas primeiras etapas designadas para a escolha do local e o processo que compreende interpretar o lugar e identificar possíveis problemáticas e potencialidades, estabeleceu-se critérios delimitadores que simulam a proposta do estudo a ser apresentado. Com isso, considerou-se a temática lazer como primeiro recorte do estudo, que é caracterizada por Dumazedier (1976) como:

“(...) um conjunto de ocupações às quais o indivíduo pode entregar-se de livre vontade, seja para repousar, seja para divertir-se, recrear-se e entreter-se ou ainda, para desenvolver sua informação ou formação desinteressada” (p.94).

Nesse viés, Camargo (1992) esclarece que as propriedades do lazer se baseiam na escolha pessoal, com prazer e liberação de obrigações; envolvido por atividades físicas, manuais, artísticas, intelectuais, associativas ou turísticas; localiza em casa, nas ruas e bares, no trabalho, nas áreas livres e/ou verdes, ou centros culturais.

Pesquisando sobre as possibilidades de lugares que correspondessem às características levantadas pelos autores sobre o lazer, escolheu-se o estudo de caso no Parque da Luz, localizado na cidade de Florianópolis, em Santa Catarina. Sobre o local, de acordo com Castells (2014) e Etienne (1999), em 1840 o terreno foi destinado às irmandades e ordens religiosas, a fim de instalar o cemitério público de Florianópolis, e em 1925 transferiu-se o cemitério para o Bairro Itacorubi, o que permitiu dar lugar às ruas de acesso à Ponte Hercílio Luz, inaugurada em 1926.

Ao longo das últimas décadas, abrigou-se passantes, parque de diversões, associações, albergues da juventude, clubes e pessoas sem-tetos. Sendo que esse uso começou em 1986 com o tombamento da Ponte Hercílio Luz e da sua reabertura para pedestres e ciclistas, bem como o lançamento do projeto do Parque, com inúmeros encontros artísticos musicais, moções científicas e políticas, até que o local fosse compreendido e assimilado pela cultura urbana. Constituindo hoje uma área verde criada a partir da conscientização comunitária e ambiental e da necessidade de se preservar e manter a beleza cênica e histórica do lugar.

3.2 O contexto do lugar

Recorrendo aos recursos do lugar, trata-se de uma paisagem construída composta pela ponte Hercílio Luz enquanto uma conexão construída entre ilha e continente em um espaço majoritariamente verde e com pequenos equipamentos de lazer instalados em meio ao vasto ambiente construído. O local é rodeado por edificações e pelo intenso som do tráfego de

veículos sobre as pistas de trânsito. Percebe-se uma paisagem natural composta de uma faixa costeira continental e o Parque, constituído de gramas, folhas caídas pelo chão, luz controlada pelas árvores, sons da natureza, ventos constantes, terra, barro e pássaros; desníveis, rochas, integração entre o parque, nível do mar e nível dos morros ao fundo. Na Figura 1 é possível verificar o mapa do local, seu entorno, conexões e fluxos.



Figura 1: Mapa do local e entorno, e desenho esquemático do fluxo de funcionamento detectado durante as visitas de experimentação. Fonte: Google Maps, 2018. Editado pelos autores.

As atividades do local contam com um equilíbrio moderado no trajeto entre pessoas (em seu interior), e pessoas e veículos (na área externa). Assim como o constante trânsito e permanência de transeuntes em diferentes períodos, com pessoas realizando atividades de lazer. Na figura 2 verifica-se a localização das áreas pontualmente estratégicas para as intervenções propostas, e um corte esquemático mostrando as diferentes relações existentes na área. Esta figura também demonstra outro aspecto da pesquisa, que envolve a mistura de diferentes ferramentas para a interpretação do local, com o uso de croquis, fotos e diagramas.



Figura 2: Ilustração do local e entorno, exibindo as características do parque, detectado durante as visitas de experimentação. Fonte: Fonte: Google Maps, 2018. Elaborado e editado pelos autores.

Do ponto de vista material, notam-se edificações, vias de trânsito, beira-mar, árvores, terra, grama, folhas, morros, rochas e equipamentos (parques infantis, academia ao ar livre, pergolado sobre mirante, horta comunitária, campo de futebol, placas informativas, bancos, mesas e jogos). E do imaterial, constata-se um local especial na cidade, com sensação de possuir uma história a contar, com espaços abertos e fechados limitados pelas árvores, cobertura vegetal e sensação de acolhimento pelas árvores, um refúgio sintonizado com a natureza e a história.

Essas diferentes características promoveram e repassaram as sensações do ambiente, e tais propriedades buscaram ser retransmitidas por meio das expressões poéticas dos pesquisadores envolvidos. Assim, considerando as potenciais habilidades individuais de cada pesquisador, optou-se pelo desenvolvimento de um vídeo, que além de aproveitar as percepções de cada participante, possibilitou uma interpretação mais profunda das diferentes sensações que se buscara alcançar, com imagens de movimentos, sons, animações e montagens. Tal escolha possibilitou transmitir de maneira mais fiel as sensações e possíveis mudanças que podem ocorrer no local. A figura 3 apresenta alguns *frames* da composição do vídeo curta curta-metragem.



Figura 3: Diferentes *takes* do vídeo utilizado para transmitir as sensações do sítio. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Intenções de projeto

Nesse contexto, a proposta do projeto envolveu desenvolver mobiliários interativos para sentar ou deitar nos caminhos das trilhas. Discutiu-se como as tecnologias serviriam como instrumento de correlação entre as condicionantes do estudo, considerando os procedimentos necessários à resolução da tarefa. E até aqui estabeleceu-se a intenção de marcar o local de forma interativa e universal, com a aliança de percepções sobre o lugar às tecnologias aplicadas à arquitetura e urbanismo.

Como ilustração, enxergou-se uma sequência de procedimentos a serem executados para atender diferentes demandas e recursos do local, tais como: a geometria complexa da

estrutura, o colorido inspirado nas cores do Parque, a evidenciação das luzes no período diurno e noturno, a permeabilidade visual da estrutura, e a multifuncionalidade do mobiliário a ser proposto em prol das necessidades detectadas.

Assim sendo, até o resultado final da proposta, o desenvolvimento do projeto envolveu diferentes instrumentos de trabalho, caracterizando um processo híbrido e de transição. A proposta foi estimular descobertas, carregando o local simbolicamente sobre o que naturalmente é, para além do que a paisagem interferida pelas construções diz. A ideia foi o mobiliário se adaptar às condições do local, desde a topografia, a paisagem e diversos outros aspectos do estudo.

3.4 Proposta

Durante o processo de projeto, no primeiro momento partiu-se para o desenho à mão livre, definindo as intenções iniciais. No segundo, desenvolveu-se o projeto paramétrico nos softwares *Rhinoceros 3D* e seu componente *Grasshopper*, a partir do levantamento da topografia do terreno, disponível em *AutoCAD*, e o estudo do volume inicial do projeto. Nos procedimentos, as diferentes ferramentas foram utilizadas em equipe, possibilitando que todos os membros pudessem opinar e modificar o projeto nos componentes paramétricos.

Para a modelagem paramétrica desta pesquisa foram utilizados os programas que apresentam aceitação para o desenvolvimento dos algoritmos visuais, como o modelador *Rhinoceros 3D*, que é um software de modelagem comumente associado aos aplicativos de desenho assistido por computador, fabricação assistida por computador, prototipagem rápida, impressão 3D e compatível com o plug-in *Grasshopper*.

A geometria do *Rhinoceros 3D* é baseada no modelo matemático NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*). E o plug-in *Grasshopper* (um editor gráfico conectado ao modelador *Rhinoceros 3D*) fornece uma gama de operações e comandos matemáticos e geométricos, podendo alterar o modelo digital construído. (RHINOCEROS, 2018; KOLAREVIC, 2005).

Na sequência, com a definição de algumas premissas, como a formação do volume e caminho ocupado pelo partido através da utilização dos *softwares* paramétricos, iniciou-se um processo de retorno para programas comumente utilizados: *Sketchup* e *AutoCAD*, como meio de projeção ilustrada entre as intenções e as possibilidades de resultado. Após esse processo, analisando os casos, voltou-se a utilizar os *softwares* paramétricos, concluindo o recorte do projeto.

Mais adiante, utilizou-se os *softwares* *Slicer for Fusion 360* e *CorelDraw*, particionando a estrutura para definição dos encaixes para a impressão e montagem da maquete. E por fim, utilizando o programa *Lumion*, executou-se a cena interativa tridimensional da proposta como forma de vivenciá-la virtualmente. Formando um compilado de diferentes etapas, como pode ser observado pela figura 5 e 6, exemplificando as primeiras propostas do partido e sua visualização em uma ferramenta paramétrica.

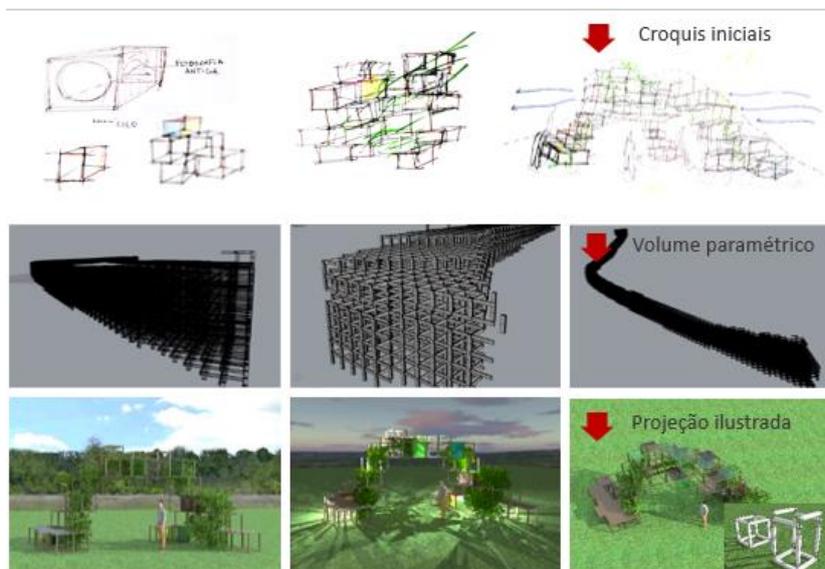


Figura 5: Etapas do projeto. Fonte: Elaborado pelos autores.

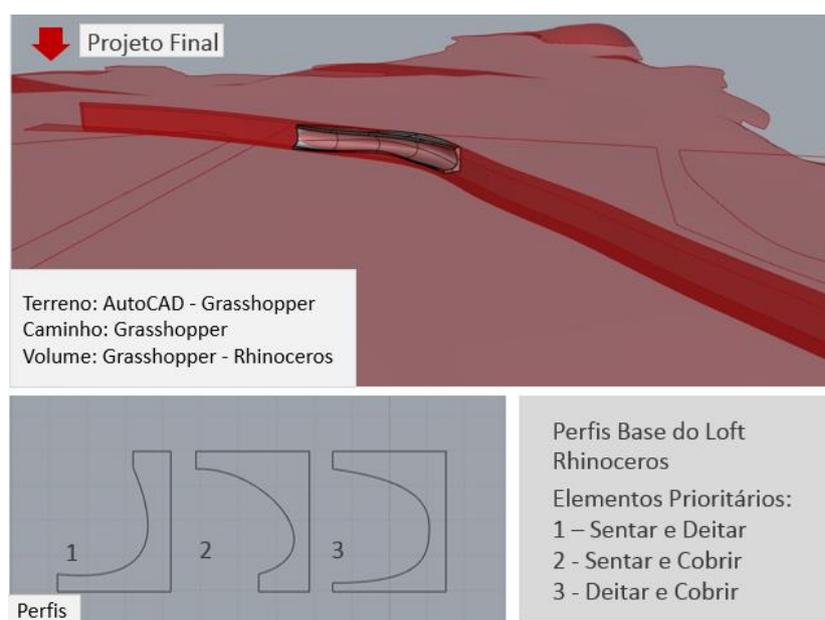


Figura 6: Proposta final. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao considerar as diferentes possibilidades de materialização, a proposta resultou na correspondência das necessidades do estudo e dos critérios de execução. O estudo sobre as possibilidades de prototipagem rápida e fabricação digital, permitiu refletir sobre qual recurso seria utilizado para atender a materialização.

Logo, utilizando uma folha de papelão de 1,8 milímetros de espessura, construiu-se a maquete (10 metros) da proposta. Escolheu-se a técnica de corte a laser no material plano, formando a peça tridimensional por meio de encaixes. Como a máquina não conseguiu cortar todas as peças, algumas foram manualmente destacadas do todo com o uso de bisturi e estilete, finalizando acabamento com lixa.

Assim, permitiu-se idealizar a proposta com o futuro mobiliário em tamanho real: de madeira, com inserção de policarbonato colorido, fotografias antigas com histórias, e luz

noturna embutida em seus nichos e encaixes. A figura 7 apresenta a composição das etapas para a formação o modelo volumétrico e da maquete.

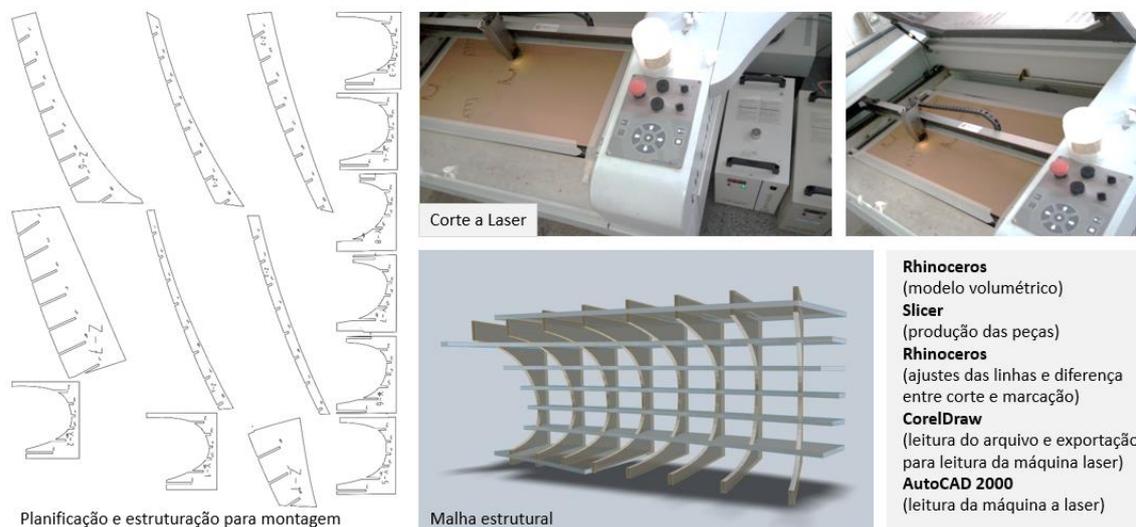


Figura 7: Etapas e recurso de materialização da proposta executado por meio de corte e montagem.
Fonte: Elaborado pelos autores.

No desenvolvimento do projeto houve um processo de transição, passando por diferentes estágios, constituindo um resultado derivado de tentativas entre as intenções e os instrumentos tecnológicos. Na composição do projeto final utilizou-se os softwares *Rhinoceros* (para o modelo volumétrico), *Slicer For Fusion 360* (na produção das peças), *CorelDraw* (para a leitura do arquivo e exportação para leitura da máquina laser) e o *AutoCAD* versão 2000 (para a leitura da máquina a laser).

Com a proposta concluída, realizou-se a experimentação, com a visualização virtual por meio de imagens renderizadas do modelo virtual utilizando imagens 360 graus em *smartphone* e *Google Cardboard*, permitindo a exibição das diferentes relações do projeto no local. E a visualização física tridimensional, com a maquete materializada no local da intervenção, refletindo sobre os procedimentos.

Também para confirmar os resultados do partido, foi desenvolvido um novo vídeo curta-metragem, buscando compatibilizar as sensações que o primeiro filme trazia. Fazendo um passeio virtual tentando trazer à tona as sensações de um usuário do ambiente. As figuras a seguir apresentam um pouco do resultado final do projeto, sendo a figura 8 um exemplo das imagens utilizadas na visualização 360 graus, e a 9 uma montagem do resultado do modelo físico no local, e a 10 algumas cenas do vídeo de apresentação final.



Figura 8: Imagens de composição da visão panorâmica de realidade virtual do projeto. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 9: Composição de fotografias da visita de experimentação realizada no local com a maquete. Fonte: Elaborado e editado pelos autores.



Figura 10: Alguns *takes* do vídeo final. Fonte: Elaborado e editado pelos autores.

O projeto buscou atingir o público universalmente: homens, mulheres, jovens, idosos e adolescentes, de diferentes características. Com a visita final de experimentação do projeto, destacou-se a constante reflexão sobre os avanços e as regressões realizadas durante o processo. Fez-se necessário realizar mais visitas de experimentação no lugar, ao mesmo

tempo que foi necessário entender as tecnologias e detectar diferentes possibilidades de trabalho entre as comumente utilizadas e as paramétricas.

4. Apontamentos e considerações finais

Em um agrupamento geral, pode-se dividir o trabalho em três etapas: análise, concepção e representação. Na primeira, aplicou-se o reconhecimento do lugar, sendo pertinente que os envolvidos buscassem interpretar as sensações que o local transmite e representá-las. Na segunda etapa, desenvolveu-se diferentes rumos, buscando utilizar soluções intermediadas pelo uso das tecnologias. E na última, buscou-se representar as sensações que foram buscadas na análise e concebidas no projeto, utilizando diferentes recursos tecnológicos.

As experiências do estudo perpetuaram horizontes que alteram consideravelmente o campo de trabalho do arquiteto e urbanista, pois aborda-se tecnologias que buscam intermediar as complexas necessidades concepção e representação de determinadas intervenções arquitetônicas e urbanísticas, embora ainda não substituam totalmente os *softwares* comumente utilizados pela academia e pelo mercado de trabalho, por conta de suas peculiaridades e interdependências de uso.

Esse processo envolve criar um diálogo entre as tecnologias, métodos manuais e expressões sensíveis. A utilização da modelagem paramétrica, fabricação digital, computação física e realidade virtual se mostraram potenciais ferramentas para a tomada de decisões em equipe. A partir disso, entendeu-se que os diferentes meios de representação e criação podem fomentar a atividade artística do profissional, impedindo que restrições tecnológicas ou de representação limitem sua criatividade.

Logo, esses procedimentos aqui aplicados e relatados podem ser utilizados em outras disciplinas de projeto enquanto exercício ou na aplicação de um projeto real para avaliar seus diferentes resultados no meio profissional e acadêmico. Trata-se de considerar novas potencialidades a respeito das diferentes tecnologias aplicadas e as qualidades sensíveis do lugar, buscando que os resultados possam reproduzir inspirações essenciais em arquitetura e urbanismo.

5. Agradecimentos

Por fim, gostaríamos de agradecer a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por propiciar o ambiente e os demais recursos intelectuais imprescindíveis no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), assim como no Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D (PRONTO3D), que forneceu todo o suporte físico e tecnológico necessário para que o presente trabalho se concluísse.

Referências

- CAMARGO, Luiz Octavio de Lima. **O que é lazer**. 3.ed. São Paulo: Brasiliense, 1992.
- CASTELLS, Alicia Norma Gonzáles de. Revitalizações urbanas da Ilha da Magia (Florianópolis). In: CASTELLS, A.N.G. de; SANTOS, J. L. da C. (org.). **Patrimônio cultural e seus campos**. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 2014.
- DUMAZEIDIER, Jofre. **Lazer e cultura Popular**. São Paulo: Perspectiva, 1976.
- ETIENNE. **Como surgiu o Parque da Luz de Florianópolis**. 1999. Elaborado por AAPL, Associação Amigos do Parque da Luz. Disponível em: <<https://parquedaluz.wordpress.com/historia/>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- HEIDEGGER, Martin. Construir, habitar, pensar. In: HEIDEGGER, Martin. **Ensaio e conferências**. Petrópolis: Vozes, 2002. p. 125-141.
- KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing**. [s.l.]: Taylor & Francis Group, 2005.
- MENGES, Achim. AHLQUIST, Sean. (Ed.). **Computational Design Thinking**. UK: John Wiley and Sons, 2011.
- MONTENEGRO, Gildo A. **A invenção do projeto**. São Paulo: E. Blucher, 1987. ISBN 8521200072 (broch.).
- NORBERG-SCHULZ, Christian. O fenômeno do lugar. In: NESBITT, Kate. (Org.). **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006a. p. 443-461.
- NORBERG-SCHULZ, Christian. O pensamento de Heidegger sobre arquitetura. In: NESBITT, Kate. (Org.). **Uma nova agenda para a Arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006b. p. 461-474.
- PALLASMAA, Juhani. A geometria do sentimento: um olhar sobre a fenomenologia da arquitetura. In: NESBITT, Kate. (Org.). **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. p. 481-489.
- PAPANEEK, Victor. **Arquitetura e Design: Ecologia e ética**. São Paulo: Edições 70, 2007. 288 p. (ARQUITETURA E URBANISMO).
- RHINOCEROS. 2018. Disponível em: <<https://www.rhino3d.com/>>. Acesso em: 15 mar. 2018.
- SALIM, Flora Dilys; BURRY, Jane. Software Openness: Evaluating Parameters of Parametric Modeling Tools to Support Creativity and Multidisciplinary Design Integration. **Computational Science And Its Applications – Iccsa 2010**, [s.l.], p.483-497, 2010. Springer Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-12179-1_40.
- SILVA, Elvan. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998. 125 p. (Livro-texto). ISBN 8570254407 (broch.)
- ZEVI, Bruno. **Saber ver a arquitetura**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009. 286 p. (Mundo da arte) ISBN 9788578270841 (broch.).

Avaliação dos impactos ambientais relacionados ao subsistema de vedação e respectivos revestimentos, da edificação unifamiliar do CERES, localizada no município de Feliz/RS

Assessment of environmental impacts related to the sealing subsystem and their coatings, of the single-family building of CERES, located in the municipality of Feliz, RS

Anelise Schmitz, Doutoranda PPGCI, UFRGS

anelise.schmitz@gmail.com

Juliano Libraga, Mestrando PPGCI, UFRGS

jlibraga@gmail.com

Miguel Aloysio Sattler, Phd, PPGCI, UFRGS

masattler@gmail.com

Resumo

O presente trabalho apresenta a quantificação, caracterização e avaliação dos impactos ambientais relacionados ao subsistema de vedação e respectivos revestimentos, para uma edificação a ser executada em um centro de referência para estudos de sustentabilidade, no município de Feliz/RS. O objetivo do estudo é analisar qualitativamente os impactos ambientais do subsistema de vedação, identificando materiais ou processos que possam ser substituídos ou otimizados para melhor desempenho. São abordados: o consumo energético e emissão de gases de efeito estufa relacionados ao transporte dos insumos; perdas; e o consumo energético, nos processos de manufatura, tendo, como método, os coeficientes unitários relacionados a cada tipo de impacto, encontrados na literatura referenciada. Por meio dos resultados, conclui-se que há um acréscimo de cerca de 40% no consumo total de massa do sistema, decorrentes de perdas na execução, o que poderá ser mitigado através de otimização e melhorias na gestão da construção.

Palavras-chave: Avaliação de impacto ambiental; Subsistema de Vedação; Sustentabilidade.

Abstract

The present work presents the quantification, characterization and evaluation of the environmental impacts related to the subsystem of walls and its renderings, for building to be constructed in a Reference Center for Sustainability Studies, in the municipality of Feliz, RS. The objective of this study is to qualitatively analyze the environmental impacts of the subsystem of walls, identifying materials or processes that can be replaced or optimized to improve its environmental

performance. Energy consumption and emission of greenhouse gases related to the transport of materials and building components, as well as construction losses and energy consumption in manufacturing processes are discussed, using the appropriate coefficients related to each type of impact found in the literature. Among others, the results show that there is an increase of approximately 40 in the total mass consumption of the analyzed subsystem, due only to losses in the execution, which could be mitigated through optimization and improvements in construction management.

Keywords: *Environmental impact assessment; Wall's Subsystem; Sustainability.*

1. Introdução

O setor da construção apresenta papel significativo para o alcance de sociedades mais sustentáveis. Porém, as grandes quantidades de recursos consumidos pelo setor, a falta de projetos sustentáveis e a geração de resíduos fizeram com que o enfoque ficasse concentrado nos aspectos ambientais. No Brasil, bem como em países em desenvolvimento, os impactos ambientais do setor da construção são potencializados devido a sua associação com outros problemas críticos de ordem econômica e social, como, por exemplo, o déficit habitacional (KUHN, 2006).

Segundo Kuhn (2006), as construções e a produção de moradias conduzem a intervenções no meio ambiente, que não estão relacionadas apenas aos impactos gerados no local onde se constrói, mas a todos os processos envolvidos na produção, uso e disposição final das edificações e de seus componentes, sendo também determinantes para a saúde, conforto e bem-estar dos usuários.

Neste sentido, o presente trabalho se insere no contexto da sustentabilidade ambiental na construção civil. Em busca de alternativas, busca quantificar os impactos de opções construtivas mais sustentáveis, tomando por referência o atendimento às necessidades de uma edificação projetada para integrar o Centro de Estudos Regenerativos e Sustentabilidade (CERES), na cidade de Feliz, RS. Este trabalho embasou-se nos métodos de avaliação ambiental adotados pela equipe de estudos focados em sustentabilidade, do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi realizada a caracterização e avaliação ambiental do subsistema de vedação e revestimentos da referida edificação, avaliando a proposta para a edificação e, complementarmente, quantificando os materiais, e as cargas e os impactos ambientais envolvidos.

2. Referencial teórico

2.1 Projeto e Construção Sustentáveis

Um dos maiores desafios de um projeto que busca avanços em termos de sustentabilidade envolve a redução das mudanças climáticas, por meio da economia energética e do uso de certas técnicas, como a de avaliação do ciclo de vida. No entanto, projetar de forma mais sustentável também requer a criação de espaços saudáveis, viáveis

economicamente, e sensíveis às necessidades sociais. Significa, adicionalmente, respeitar os sistemas naturais e aprender por meio dos processos ecológicos (EDWARDS, 2005).

A construção sustentável requer o desenvolvimento sustentável da indústria da construção civil, em seu todo, o que pressupõe, também, uma abordagem interdisciplinar. A construção sustentável visa o aumento das oportunidades ambientais às gerações futuras, constituindo uma moderna estratégia, direcionada à produção de edificações mais seguras e saudáveis, fundamentada na redução da poluição; na economia de energia e água; na diminuição da pressão de consumo sobre matérias-primas naturais; e no aprimoramento das condições de segurança e saúde dos trabalhadores, usuários finais e comunidade, em geral (FLORIM e QUELHAS, 2005).

De acordo com a Agenda 21, no que concerne ao setor da construção civil, as edificações se tornaram alvos de pesquisas para a melhoria das relações com a vida humana e o meio ambiente. Assim, foi dado início a uma busca, não somente de eficiência energética, mas também de fontes de energias renováveis, tratamento de esgotos, reutilização da água e até materiais de construção que tornariam os impactos menos agressivos ao meio ambiente, começando uma corrida pelo desenvolvimento com sustentabilidade da área da construção civil (MANHÃES e ARAÚJO, 2014).

2.2 Sistema construtivo de vedações e revestimentos

Um subsistema de vedação pode ser constituído por diversas alternativas construtivas, ligadas ou não por meio de argamassas, devendo oferecer condições de resistência e durabilidade, e impermeabilidade. Destaca-se que as vedações podem ser revestidas ou não. As paredes de vedação são constituídas, basicamente, pelas unidades de alvenaria tradicional (tijolo, pedra ou bloco), sendo suas características resultantes das características destes componentes e da interação entre eles; ou seja, das características de aderência do conjunto. Compete ao projetista a definição destes componentes, frente às exigências de desempenho estabelecidas para o subsistema de vedações verticais, à disponibilidade local de componentes para alvenaria, mão de obra, ferramentas e equipamentos, além das condicionantes específicas relativas aos prazos, custos e gastos de energia (SILVA, 2003; AZEREDO, 2013).

Conforme Silva (2003), devem ser relacionados, sinteticamente, os aspectos considerados relevantes às vedações e as análises quanto às propriedades dos componentes e às características locais: de resistência mecânica; estabilidade dimensional; peso; regularidade geométrica; resistência a agentes agressivos, propriedades térmicas, resistência à transmissão sonora e resistência ao fogo; características regionais e culturais; características da mão de obra; características construtivas; e custo total.

2.3 Avaliação de impacto ambiental

A finalidade de uma avaliação de impacto ambiental é fornecer aos tomadores de decisão uma avaliação de impactos de sistemas construtivos, em termos de perspectivas de curto e longo prazo, a fim de ajudá-los a determinar quais ações devem, ou não, ser realizadas, na tentativa de proporcionar à sociedade avanços em direção à sustentabilidade. Além disso, a avaliação de sustentabilidade tem o propósito de comunicar ao público os esforços e o progresso de uma organização nas dimensões econômica, ambiental e social (TELES *et al.*, 2016).

A utilização de materiais naturais, que exijam o mínimo de processamento, traduz-se em impactos benéficos para o ambiente. As construções naturais fazem uso de materiais disponíveis no local da obra ou adjacências, utilizando tecnologias sustentáveis, de baixo custo e dispêndio energético (TEIXEIRA, 2006).

Os materiais reciclados, assim como os materiais naturais, apresentam valores baixos de energia incorporada. A energia incorporada varia consideravelmente de material para material, sendo os valores de energia expressos por unidade de massa (MJ/kg) ou por unidade de volume (MJ/m³) (SOUSA, 2010).

Sattler (2002) afirma que quando se avaliam os danos determinados pela atividade construtiva, estes são normalmente classificados quanto aos seguintes aspectos: gradativo esgotamento de matérias primas; dano ecológico causado pela extração destes materiais; consumo de energia em todos os estágios de produção (incluindo transporte); consumo de água; poluição por ruídos e odores; emissões danosas, entre as quais aquelas diretamente relacionadas à redução da camada de ozônio; mudanças climáticas e chuvas ácidas; aspectos relativos à saúde humana; risco de desastres; durabilidade e manutenção; reuso e desperdícios.

3. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa foi aplicada ao projeto para o protótipo de uma edificação concebida para se tornar um Centro de Estudos Regenerativos e Sustentabilidade, CERES, a ser localizada no município de Feliz, RS. Por meio da coleta de dados de referências de índices de carga ambiental, fatores de perda, cálculo de quantitativos, entre outros, foram calculados os impactos ambientais associados ao subsistema de vedações e revestimentos da edificação em estudo. Portanto, é classificada como uma pesquisa descritiva, de caráter quantitativo, pois aborda um estudo de caso, com a estimativa de valores de cargas ambientais, comparados a uma base de referência.

O município de Feliz está situado entre os dois principais polos econômicos do Estado: a região metropolitana (80 km de Porto Alegre) e a região serrana do Estado (45 km de Caxias do Sul). A cidade possui fácil acesso e está ligada às principais rodovias estaduais e federais locais, como a RS-122, RS-240, BR-116 (IBGE, 2018).

De acordo com Sattler *et al.* (2003) *apud* Michel e Novello (2017), o CERES é definido como um local onde se poderá observar e contemplar, para viver e aprender com a natureza no entorno da construção. Tem como objetivo a aplicação prática de pesquisas e de técnicas que considerem corretamente os critérios ambientais, que levam à sustentabilidade relacionada a diferentes contextos, sendo eles: social, político, econômico, cultural e ambiental, sempre fazendo análises, desenvolvendo e definindo as soluções de forma sistêmica, focando-se basicamente em educação e construção de conhecimentos voltados a construções mais sustentáveis.

A coleta dos dados para a realização deste estudo considerou a utilização de insumos, materiais e serviços, disponíveis e usuais no mercado, para a tipologia de obra almejada, e priorizando, sempre que possível, mitigar os impactos ambientais nos processos construtivos. De posse dos dados, foi realizada a análise dos consumos de energia gerados na produção dos materiais, com principal ênfase naqueles que consomem mais energia, e nos que não têm um bom desempenho. Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros de referência do trabalho de Kuhn (2006), entre outros autores referenciados. A

partir disso, foi possível propor melhorias pontuais e fundamentadas, a fim de mitigar os impactos ambientais associados.

Os levantamentos de quantitativos e a coleta de dados foram realizados a partir da análise do projeto arquitetônico, com especial atenção nos tipos de vedação e de revestimentos propostos. A seguir são apresentadas perspectivas gerais da edificação projetada para o CERES (figura 1).



Figura 1: Perspectivas em 3D do CERES.

Fonte: Projeto executivo arquitetônico do CERES (2018)

4. Análises e resultados

Primeiramente, foi realizada uma análise dos materiais disponíveis no local, que fossem passíveis de utilização na construção da edificação e, posteriormente, foram avaliados os materiais que deveriam ser adquiridos, com seu respectivo levantamento de quantitativos e cálculo de energia incorporada. No sistema de vedações e revestimentos foram considerados, além das alvenarias em tijolo maciço, os pilares de tijolos maciços e os revestimentos básicos considerados necessários (por exemplo, a cerâmica, em áreas molhadas).

Os quantitativos gerais foram convertidos em massa, sendo cada material computado, relativo ao sistema de vedações e revestimentos previstos para o CERES. Os resultados de massa (em kg), para os principais materiais avaliados foram, por ordem decrescente: 40%, para tijolos maciços com espessura de 20 cm; seguido por 29%, para a pedra local; 15%, para tijolos maciços com espessura de 10 cm; 7% de areia; 6%, para tijolos maciços com espessura de 15 cm; 1% de cimento; 1% de cerâmica; e 1% de cal.

Para os fechamentos com painéis de bambu, pedras, *cordwood* e em madeira, pelo fato de os materiais serem disponíveis no próprio local da obra, eles não foram considerados na presente avaliação de impacto ambiental. Cumpre informar que para o item pedra local foi considerado o basalto. Com base no projeto arquitetônico e nos materiais selecionados para utilização, foi criada uma imagem em perspectiva, contemplando a composição do subsistema de vedações e revestimentos, a qual pode ser visualizada na Figura 2.

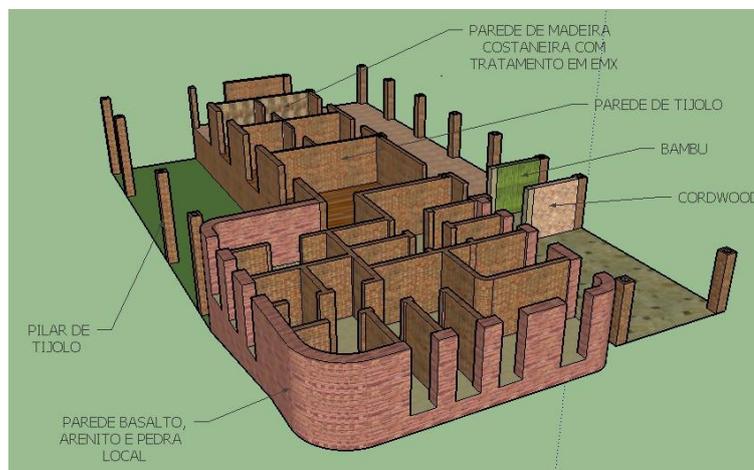


Figura 2: Perspectiva.

Fonte: Autores, baseado no projeto arquitetônico do CERES (2018)

Quanto às perdas geradas no processo construtivo, elas se referem a um impacto ambiental importante, que pode ser minimizado por meio da otimização de processos, do melhor aproveitamento dos insumos e de um controle tecnológico durante a execução dos serviços relacionados. A minimização de perdas passa também por questões culturais, dos processos de execução utilizados pelos profissionais envolvidos diretamente em cada serviço, e envolve a conscientização e treinamento, para um melhor aproveitamento e utilização dos insumos. De qualquer modo, ainda se verificam percentuais significativos de perdas incorporados aos processos construtivos convencionais. A quantificação das perdas geradas é uma forma de demonstrar os prejuízos ambientais e econômicos decorrentes da falta de ações para mitigação deste tipo de impacto, promovendo uma maior conscientização da área técnica sobre a necessidade de atenção ao tema. Os percentuais de perdas foram adotados com base em literatura específica e são apresentados na Tabela 1.

Material	Perda (%)
Tijolos maciços cerâmicos	27,00
Cimento	16,77
Cal	101,94
Areia	14,15
Pedra local	75
Cerâmica	9,55

Tabela 1: Percentuais de perda adotados para os principais materiais.

Fonte: Autores, com base em estudos sobre perdas de Kuhn (2006); Pinto (1989) *apud* Rosa (2001); e Formoso *et al.* (1993) *apud* Kuhn (2006) e Pinto (1995) *apud* ZORDAN (2005).

Os percentuais apresentados na Tabela 1 foram aplicados sobre o quantitativo necessário de cada item para execução do subsistema, resultando na massa de perdas de cada insumo. Na Fig. 3 são apresentados os percentuais de perdas de cada componente do subsistema, em relação ao somatório da massa total de perdas, em quilogramas. Importante diferenciar que a Tabela 1 apresenta a perda considerada para cada material, em

percentual, e a Figura 3 expõe a representatividade das perdas de cada material em relação aos demais itens do subsistema.

Entre os materiais de construção, com uso previsto no CERES, o que mais apresenta perdas em seu consumo é a pedra local, que possui um percentual de 55%; seguido de tijolos maciços com espessura de 20 cm, com 27%; tijolos maciços com espessura de 10 cm, com 10%; tijolos maciços com espessura de 15 cm, com 4%; cal, com 2%; areia, com 2% e a cerâmica, a qual não apresenta perda representativa no processo.

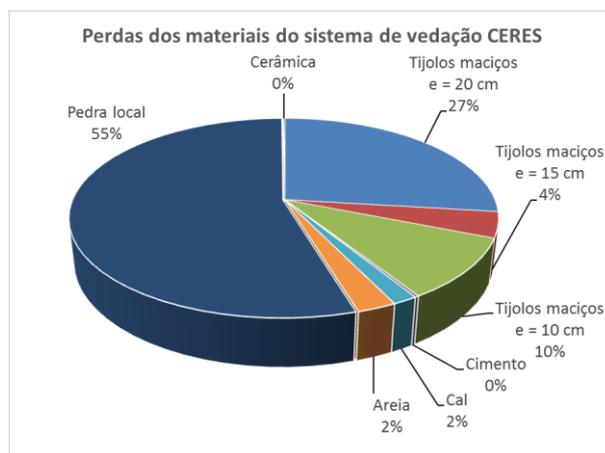


Figura 3: Perdas dos materiais do sistema de vedação e revestimentos do CERES.

Para mitigar os impactos ambientais, apresenta-se, como uma boa prática, limitar a utilização de pedras aos quantitativos disponíveis no local da obra, tendo em vista o elevado percentual de perdas relacionado a estes revestimentos, em adição a todos os impactos adicionais em sua cadeia produtiva. Para os tijolos maciços, segundo item com maior índice de perdas, o controle do processo executivo pode ser uma forma de mitigar estas ocorrências, com a otimização e o reaproveitamento das unidades utilizadas em cada alvenaria. Cuidados no processo de transporte, entrega e armazenamento deste material também poderão contribuir para diminuir quebras, danos e inutilizações das peças, diminuindo assim os impactos ambientais decorrentes das perdas deste item.

Para o cálculo da energia consumida no transporte dos materiais, foram considerados os indicadores da pesquisa de Kuhn (2006), desprezando-se o consumo de energia no que se refere ao transporte de trabalhadores. Para o caso de cargas de materiais nacionais, a utilização de veículos rodoviários usualmente é movida a diesel. Foi considerado o transporte mais severo, ou seja, levou-se em conta o consumo energético do caminhão semipesado 3 eixos ($0,78 \times 10^3 \text{ MJ/kg.km}$), com o objetivo de apresentar a pior situação de impacto ambiental.

Tendo em vista que o consumo energético associado a transporte está diretamente relacionado à massa transportada e à distância percorrida, para a obtenção deste índice foi realizada pesquisa no comércio local, para obtenção da distância às principais fábricas, ou origem dos insumos a serem utilizados no subsistema de vedação e revestimentos. O cenário de transporte utilizado foi considerado com as menores distâncias possíveis, a fim de evitar que os impactos fossem superestimados.

Em relação ao consumo energético total associado aos materiais empregados no sistema de vedação e revestimentos, o material que apresenta maior consumo energético é a cal, consumindo 35% de energia; seguida de tijolos maciços, de 20 cm espessura, com 22%; areia, com 21%; cerâmica, 9%; tijolos maciços, de 10 cm de espessura, com 8%;

tijolos maciços de espessura 15 cm, com 3%; cimento, 2%; sendo que o consumo relativo à pedra local é insignificante, já que o material está disponível no local.

A cal é o material com pior desempenho, no que se relaciona ao consumo energético para transporte. Para mitigar tal impacto ambiental, pode-se, na fase de implantação do projeto, buscar outros fornecedores de cal, mais próximos ao CERES. No que se refere ao segundo item com maior consumo energético, o tijolo maciço, mesmo que o seu local de produção esteja próximo da obra, o consumo energético deste item se demonstra elevado devido ao seu quantitativo elevado para o subsistema.

Em relação à emissão de CO₂ no transporte dos materiais do subsistema de vedação e revestimentos, os fatores de emissão de poluentes foram considerados de acordo com os identificados no *Intergovernmental Panel on Climate Change (1996b) apud Kuhn (2006)*. O material com maior representação na emissão de CO₂ é a cal, que está associada a 35% das emissões; seguida pelos tijolos maciços com espessura de 20 cm, com 22%; areia, com 21%; cerâmica, com 9%; tijolos maciços com espessura de 10 cm, com 8%; tijolos maciços com espessura de 15 cm, com 3%; cimento, com 2%; sendo que o emprego da pedra local não implica em emissões de CO₂ por ser um material disponível no local, sem transporte. Os itens com maior representatividade para este impacto estão associados à sua maior distância de transporte até a obra e pelos quantitativos a eles correspondentes.

A Figura 4 apresenta os percentuais de consumo energético do subsistema de vedação e revestimentos do CERES (a), assim como os percentuais de emissão de CO₂ no transporte dos materiais (b).

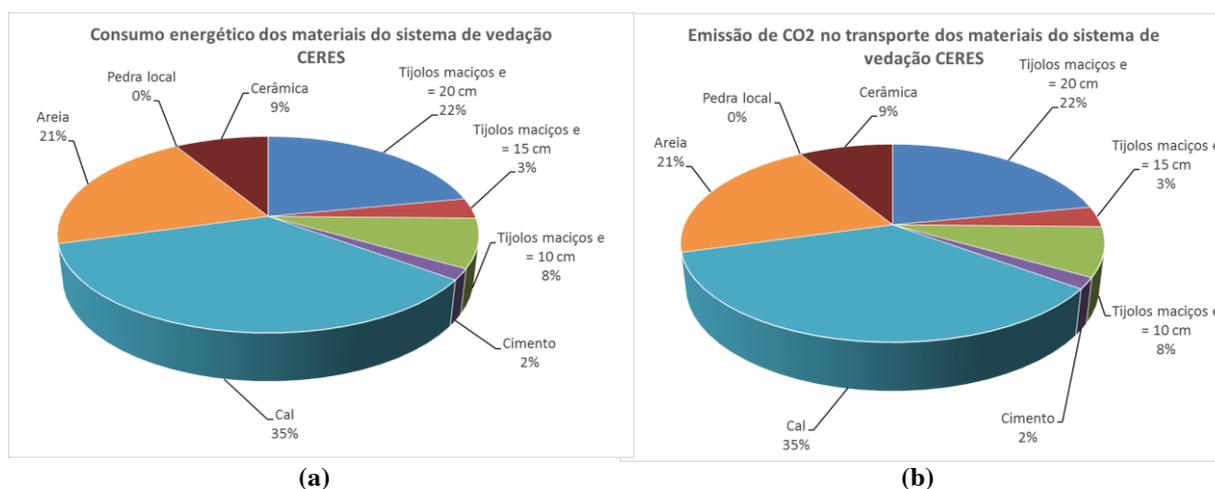


Figura 4: (a) Consumo energético associado a transporte do subsistema de vedação e revestimentos do CERES, e (b) Emissão de CO₂ no transporte dos materiais do subsistema de vedação CERES

No que se refere ao consumo de energia nos processos de manufatura, optou-se por usar a energia embutida no processo de produção, desconsiderando-se a energia operacional, devido ao fato de a edificação ainda não estar construída. A energia embutida nos processos de manufatura para o subsistema de vedação e revestimentos pode ser visualizada na figura 5 e foi obtida a partir dos coeficientes constantes no estudo de Kuhn (2006). Os tijolos maciços com 20 cm de espessura apresentaram o maior valor de energia consumida para manufatura, representando 62% do consumo total de energia; seguido pelos tijolos maciços com 10 cm, com 23%; tijolos maciços de 15 cm, com 10%; cerâmica, com 2%; cal, com 2%; sendo que a areia e a pedra local apresentaram um consumo de energia desprezível em relação ao consumido pelos demais materiais.

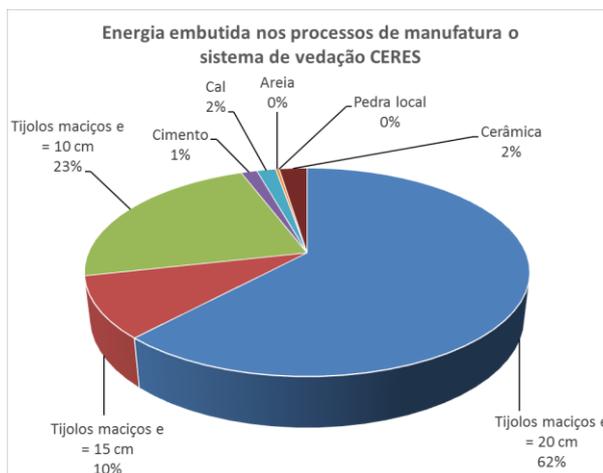


Figura 5: Energia embutida nos processos de manufatura, no subsistema de vedação e revestimentos do CERES.

As figuras 6 a 8 apresentam um quadro sintético relativo ao consumo de energia nos processos de manufatura, para os materiais do subsistema de vedações e revestimentos, assim como para os demais impactos e emissões avaliados neste estudo. Observa-se o quão significativo é a energia embutida no processo de manufatura de tijolos maciços.

Na eventual substituição dos materiais por outros, com maior energia embutida, será necessário realizar uma análise de sensibilidade, quanto aos novos materiais ou insumos que vierem a ser escolhidos, considerando os demais critérios de sustentabilidade, perfazendo uma avaliação global.

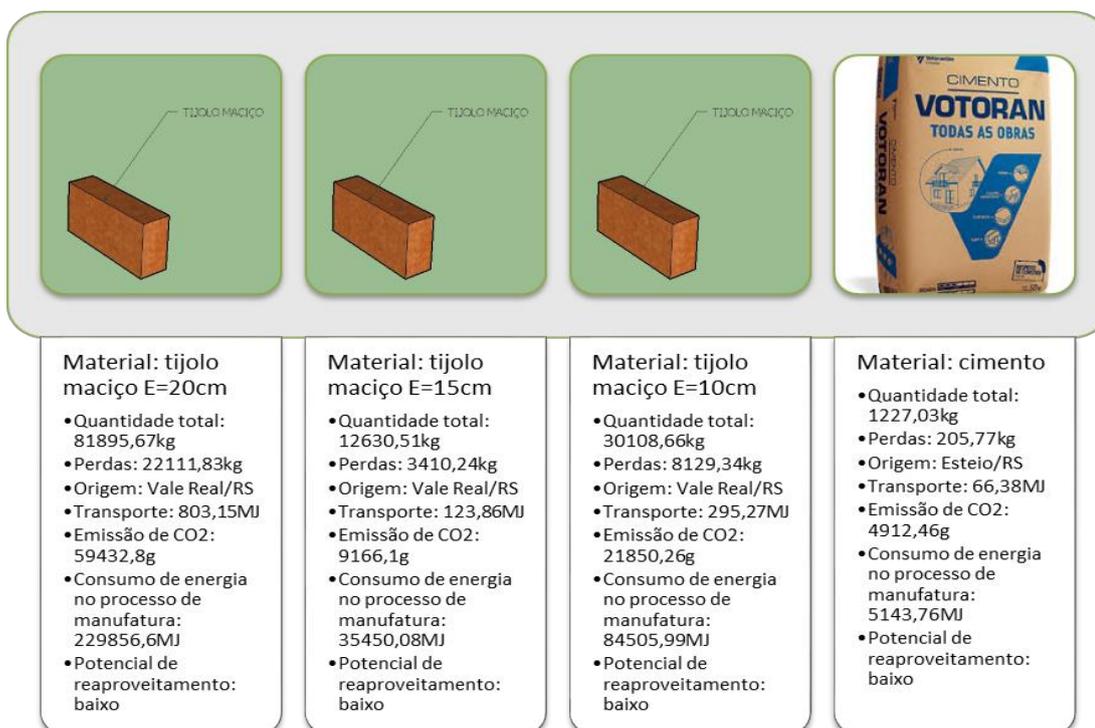


Figura 6: Contribuição de cada material constituinte do subsistema (A).



Figura 7: Contribuição de cada material constituinte do subsistema (B).

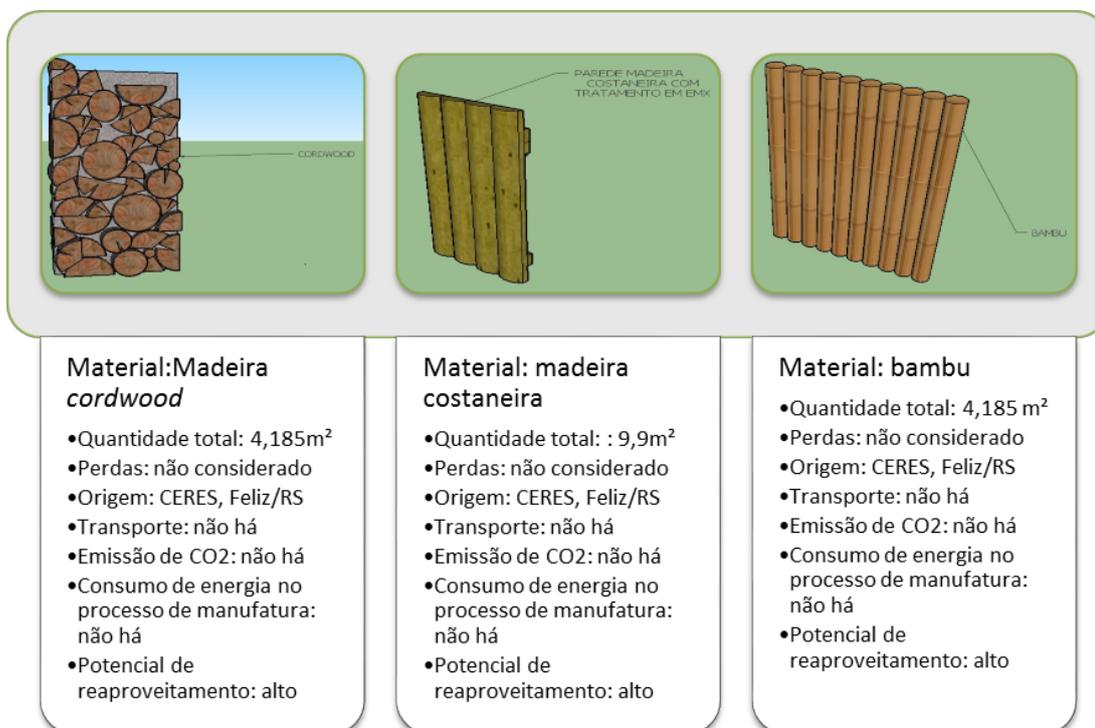


Figura 8: Contribuição de cada material constituinte do subsistema (C).

5. Considerações finais

O presente trabalho objetivou quantificar e avaliar os impactos ambientais relacionados à execução do subsistema de vedação e respectivos revestimentos de uma edificação concebida para integrar um centro de educação ambiental, o CERES, a ser localizado no município de Feliz/RS.

Com base nos resultados obtidos, foi possível analisar que para a execução integral do subsistema de vedação e revestimentos, incluindo todos os materiais quantificados, seria utilizada uma massa total de 202.464,53 kg. Se forem consideradas nas bases referenciais utilizadas para cálculo, as perdas relacionadas a cada material, o quantitativo total de massa para o subsistema de vedação aumentaria para um consumo total teórico de 284.547,45 kg, o que representaria um acréscimo de 40,54%, em relação ao quantificado originalmente. Assim, verifica-se um alto impacto ambiental gerado por decorrência de perdas no processo construtivo, demonstrando a necessidade de otimização, conscientização e melhorias nos processos de gestão e execução dos serviços relacionados aos materiais ofertados.

Por meio da pesquisa, verificou-se, também, que o consumo energético relacionado ao transporte dos insumos para o subsistema analisado geraria o total de 3.663,56 MJ, o que poderá ser reduzido com uma busca de fornecedores de insumos mais próximos à obra da edificação, ou alternativas localmente disponíveis.

Outro impacto ambiental significativo está associado à geração do total de 271.103,18 g de CO₂ no transporte de materiais. Este impacto ambiental, associado à geração de gases de efeito estufa, poderia ser reduzido, desde que diminuídas as distâncias de transporte dos materiais.

Por fim, a energia embutida total, relacionada aos processos de manufatura, geraria um total de 371.151,68 MJ. Cabe, portanto, uma análise global do subsistema de vedação, em especial sobre a possibilidade de emprego de fechamentos internos que utilizem *coordwood*, bambu ou alternativas mais sustentáveis, de modo a diminuir o uso de tijolos maciços e argamassa, reduzindo assim os impactos relacionados à energia e ao transporte destes itens.

Desta forma, destaca-se a importância de projetos que empreguem materiais com um consumo reduzido de energia, assim resultando em um menor impacto ambiental na fase construtiva e de ocupação.

Referências

AZEREDO, H. A. De. **O edifício até sua cobertura**. 2ª Edição, Editora Blucher, São Paulo, SP. 2013.

EDWARDS, B.O **Guia Básico Para a Sustentabilidade**. Gustavo Gili edição. 2005.

FLORIM, L. C.; QUELHAS, O. L. G. **Contribuição para a construção sustentável: características de um projeto habitacional ecoeficiente**. 2006. Dissertação de mestrado em arquitetura e urbanismo, área de tecnologia. Brasília, DF.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Disponível em URL: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/feli>. Acesso em 11 jun 2018.

KUHN, E. A. **Avaliação de sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada**. 2006. Dissertação (Mestrado): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, RS.

MANHÃES, G. S.; ARAÚJO, R. De S. Sustentabilidade nas construções. **Humanas Sociais & Aplicadas**, [S.l.], v. 4, n. 11, dez. 2014. ISSN 22368876. Disponível em: <http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/humanas_sociais_e_aplicadas/article/view/555>. Acesso em: 07 jun. 2018.

MICHEL, P. D. L.; NOVELLO, M. S. Caracterização e avaliação de impacto ambiental do sistema de cobertura de uma construção do CERES "residência unifamiliar" na cidade de Feliz, RS. **Trabalho da disciplina de sustentabilidade na construção**. DINTER: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Faculdade Meridional (IMED). Passo Fundo, RS, 2017.

ROSA, T. F.; SEDREZ, M. M.; SATTTLER, M. A. Conforto ambiental em um contexto de sustentabilidade: o protótipo Alvorada. **Ciência e Ambiente: Conforto Ambiental**. Santa Maria, v. 1,n. 22, p 90-106, 2001.

SATTTLER, M. A. Edificações e comunidades sustentáveis: atividades em desenvolvimento no NORIE/UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brasil. **Anais do IV Seminário Ibero-Americano da Rede CYTED XIV.C**. 2002.

SILVA, M. M. DE A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação**. 2003. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo.

SOUSA, F. A. F. De. **Otimização de métodos de escolha de materiais com base no desempenho sustentável**. 2010. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em engenharia civil. Especialização em construções. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal.

TEIXEIRA, A. A. Painéis de bambu para habitações econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC. ISSN1676-1901, Vol. 5, Num. 2, Junho. 2005.

TELES, C. D.; DUTRA, C. C.; RIBEIRO, J. L. D.; GUIMARÃES, L. B. DE M. Uma proposta para avaliação da sustentabilidade socioambiental utilizando suporte analítico e gráfico. **Revista Produção** [online]. 2016, vol.26, n.2 [citado 2018-06-09], pp.417-429. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132016000200417&lng=pt&nrm=iso>. Epub 08-Mar-2016.

ZORDAN, S. E. Entulho da indústria da construção civil. Reciclagem de resíduos como materiais para a construção: reciclar para construir. **Artigos técnicos: Fichas de resíduos**. São Paulo: PCC-USP, 2005.

A COORDENAÇÃO MODULAR NO PROJETO DE UM ABRIGO TEMPORÁRIO SUSTENTÁVEL: O USO DE PAINÉIS FLEXÍVEIS DE BAMBU E LONA

MODULAR COORDINATION IN A SUSTAINABLE TEMPORARY SHELTER PROJECT: THE USE OF FLEXIBLE PANELS OF BAMBOO AND CANVAS

Bruno José Olivari Pasello, Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, UEL

brunopasello@hotmail.com

Guilherme M. Rodrigues Yuki, graduado em Arquitetura e Urbanismo, UEL

guiyuki@gmail.com

Jorge Daniel De Melo e Moura, Doutor, UEL

jordan@uel.br

Nelson Yuji Koga, Pós-graduado, UTFPR

kogaimagens@gmail.com

Thiago Ribeiro de Souza Domingos Paleari, Pós-graduado, UEL

prof.trpaleari@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como foco o processo de concepção de um abrigo emergencial temporário e sustentável baseado na coordenação modular. O projeto tem como diretriz a pré-fabricação de um sistema híbrido que tenha como base o bambu. A partir da definição do sistema, a coordenação modular orienta a escolha de elementos construtivos, distribuição dos espaços do abrigo em pavilhões secos e módulos molhados. Como resultado final, chegou-se à proposta de um estudo preliminar de projeto para a construção de um abrigo sustentável e de baixo custo de fabricação.

Palavras-chave: Abrigo temporário; Coordenação Modular; Pré-fabricação

Abstract

This work focuses on the design process of a temporary and sustainable emergency shelter based on modular coordination. The project has as its guideline the pre-fabrication of a hybrid system based on bamboo. From the system definition, modular coordination guides the choice of constructive elements, distribution of shelter spaces in dry pavilions and wet modules. As a result, we reached the proposal of a preliminary project study for the construction of a sustainable and low-cost manufacturing shelter.

Keywords: Temporary shelter; Modular Coordination; Prefabrication

1. Introdução

“Desastre natural é o resultado de eventos naturais que impactam diretamente o ser humano de forma material, econômica ou social” (KOBAYAMA, MENDONÇA, MORENO, 2006, pg. 1). Diante desses fatos é imprescindível a adoção de medidas rápidas, adequadas e viáveis para a garantia da vida humana. Abrigar-se adequadamente é uma condição imprescindível ao ser humano em qualquer situação, mas em casos de eventos de grandes proporções os problemas se potencializam mudando a condição de vida de um conjunto de pessoas de uma hora para outra inesperadamente.

Habitar, para Barakat (2003), é um processo humano complexo, frágil e vulnerável. Comunidades estabelecem relações que evoluem em um contexto físico, psicológico, social e cultural. Em decorrência de conflitos ou desastres naturais, pessoas são forçadas a se mudarem para novas casas, geralmente em outros locais. A perda da identidade e desconexão com o território desacelera o processo de reabilitação.

Diante do cenário complexo da tragédia, as intervenções através de abrigos de caráter temporário permitem uma primeira resposta rápida ao desastre, funcionando como uma transição menos dolorosa até uma razoável normalização de suas vidas. A pré-fabricação é colocada como uma saída mais eficiente para estas situações. As peças já produzidas que estão estocadas podem rapidamente ser transportadas e montadas no local. Isto permite uma simplificação e agilidade. Quando todo processo termina, já com as famílias em novas casas, o abrigo é desmontado e armazenado para futuras intervenções. Esta estratégia oferece segurança e privacidade para as famílias desalojadas além de proporcionar tempo para que o reassentamento ocorra de maneira mais planejada e eficiente. A pré-fabricação, no entanto, produz melhores resultados, quando aliada à uma coordenação modular de forma que os componentes possam ser utilizados em múltiplas situações diversas diminuindo drasticamente a variedade de peças, o que resulta em simplificação e agilidade.

Este artigo procurou verificar a importância da aplicação da coordenação modular no desenvolvimento de um abrigo emergencial pré-fabricado, objetivando a eficiência na organização dos espaços, bem como para a utilização racional dos materiais e componentes. A sustentabilidade foi buscada na eficiência da pré-fabricação modulada evitando desperdícios e também na escolha de materiais renováveis ou de reaproveitamento para a composição do abrigo.

2. Embasamento Teórico

Projetar um abrigo emergencial requereu antes de tudo aprofundar no entendimento de questões como necessidades urgentes de pessoas vitimadas, produção em escala, uso de materiais apropriados e logística para implantação. Os trabalhos envolvendo essas ideias tiveram como ponto de partida a coordenação modular. Quanto aos materiais, a opção adotada foi recorrer a aqueles sustentáveis ou mesmo os descartados que pudessem ser reaproveitados adequadamente. Também a pré-fabricação pareceu, desde o início, ser imprescindível para agilizar o processo de construção. Muitas incertezas surgiram no desenvolvimento do projeto, mas a cada passo puderam ser equacionadas recorrendo-se a ensaios de laboratório.

2.1. A Coordenação Modular Como Ferramenta Diretiva de Projeto

A coordenação modular é segundo Barboza *et al.* (2011) um sistema ordenador de espaços que relaciona as medidas do projeto com as da indústria através de critérios de geometria e proporção. Esta estratégia permite a integração de componentes e sistemas pré-fabricados no projeto e montagem de um edifício. Ainda para o autor, o canteiro de obras deixa de ser o local de fabricação para acomodar processos padronizados de encaixes. A maior parte do trabalho em sistemas modulares ocorre portanto na etapa da indústria.

A ABNT NBR 15873:2010 define a estratégia como a coordenação dimensional pelo emprego do módulo básico ou de um multimódulo. O módulo, internacionalmente representado pela letra “M”, corresponde, segundo Graven e Baldauf (2007) à medida de dez centímetros. Para simplificação do projeto, multimódulos e sub-módulos podem ser adotados, por exemplo quando se trata de medidas maiores como eixos de pilares ou menores como placas de gesso acartonado. Ainda segundo o autor, o espaço reservado para o componente no projeto deve prever uma folga ou ajuste modular. Assim, possíveis imperfeições na produção do componente podem ser absorvidas na montagem.

O impacto da estratégia é a maior qualidade e produtividade além da redução dos custos de fabricação e desperdícios com ajustes no local. A coordenação modular permite segundo Ribeiro e Michalka (2003) uma produção industrial mais horizontal e aberta em que pequenos fornecedores passam a substituir a cadeia vertical de produção fechada. A delimitação de espaços e folgas para componentes permite a inclusão de diferentes empresas no processo, o que contribui para a sinergia do setor produtivo ligado à construção.

A pré-fabricação é imprescindível nos projetos de abrigos temporários emergenciais pois reduz a quantidade de trabalho especializado no local da entrega. Assim, o tempo de montagem é reduzido. A possibilidade de armazenagem dos componentes permite uma resposta imediata. A partir do desastre, todos os módulos estocados podem ser rapidamente transportados ao local. As dificuldades ficam restritas às adaptações posteriores e às condições climáticas.

O *International Red Cross and Red Crescent Movement* apresenta em seu guia de design para para abrigos temporários, *Post-disaster shelter: Ten designs* (2013), diretrizes e considerações para este tema. Ela define cinco tipos diferentes de abrigos: emergencial, temporário, transitório, progressivo e nuclear. Cada um tem um período de vida útil diferente. Os emergenciais são fornecidos logo após o desastre e se assemelham a tendas. Os temporários e transitórios devem ser projetados para serem realocados e reutilizados. Os demais visam a edificação e ocupação permanente, já prevendo adaptações e expansões ao longo do tempo.

Portanto, a coordenação modular é um princípio ordenador em que diferentes elementos e sistemas se comunicam de forma simples e direta. Ao aplicá-la no processo de concepção de um abrigo emergencial é possível racionalizar o transporte, o armazenamento, além de simplificar o processo de montagem e desmontagem. Outra vantagem é a possibilidade de aproveitamento da mão de obra voluntária e não qualificada do local.

3. Desenvolvimento de Projeto

O foco deste trabalho foi projetar uma unidade habitacional baseada na coordenação modular que pudesse atender vítimas de desastres e que fosse transportável, montável e desmontável de forma prática. Partiu-se da proposição de um painel híbrido de bambu e lona. O processo de desenvolvimento do projeto abrangeu estudos e análises que se retroalimentaram e gradativamente implementaram novos requisitos.

3.1. Definições de Projeto

3.1.1. Metodologia de trabalho

Inicialmente o grupo se dividiu em 2 frentes. Uma pesquisando os materiais que atendessem ao quesito de sustentabilidade e baixo custo e outra verificando as possibilidades da aplicação da coordenação modular no projeto. Como os dois assuntos se interligavam na viabilização do sistema de construção, as reuniões foram frequentes para troca de informações, resultando em ajustes e compatibilizações.

Quanto aos materiais, buscou-se desde o início aqueles que fossem sustentáveis ou que fossem usados ou mesmo descartados. Foram verificadas várias alternativas, como painéis de madeira, lonas plásticas, telhas metálicas, garrafas pet e também o uso do bambu. A possibilidade de pré-fabricação baseada num sistema de modulação do projeto sempre fez parte das discussões. O bambu, como material principal a ser adotado, teve uma especial aceitação do grupo, por trata-se de material abundante e renovável e de manejo razoavelmente simples. Mas havia uma dúvida com relação a como poderia se tornar um componente pré-fabricado e produzido em escala. Mesmo assim optou por estudá-la por sua característica singular de leveza e alta resistência, principalmente às forças axiais quando submetido à compressão, ou mesmo à tração, além da flexibilidade. Por essa razão vislumbrou-se a possibilidade de uso não somente como vedação como também estruturalmente em paredes autoportantes.

3.1.2. O painel modular

Ao contrário do que se esperava inicialmente, não foram os traçados do projeto e as definições do sistema modular que direcionaram a escolha do material e o sistema construtivo. A ideia de pré-fabricação de um painel de vedação utilizando-se o bambu foi o ponto de partida para a elaboração do projeto. A forma de executar o painel, com a colagem dos colmos de bambu a uma lona plástica foi bastante comemorada após vários testes em laboratório. Com isso seria possível a pré-fabricação do componente principal que também seria estanque à água e vento. Quanto às dimensões a mesma deveria ter altura de um pé direito e largura máxima para transporte e manuseio. Com dimensões adequadas, a mesma peça poderia ser utilizada tanto para parede quanto para a cobertura, restringindo assim a variedade na produção de componentes. Dos 2,50 m x 2,50 m iniciais previstos, posteriormente foram ajustados para 2,40 m x 2,40 m quando da aplicação do sistema

modular no projeto propriamente dito. Ou seja, a coordenação modular já se iniciou desde o estudo do primeiro componente.

3.2. O sistema modular e a concepção do projeto

A recomendação de área mínima de 18 m² para abrigos temporários (IFRC, 2013) foi adotada ao projeto em questão como parâmetro para uma família de 4 integrantes. Nos desenhos iniciais não houve logo uma preocupação com a aplicação do sistema modular. O interesse maior recaiu na conceituação do espaço projetado, de forma que a área bastante restrita fosse bem aproveitada e de qualidade. Pensou-se em traçados não ortogonais, com espaços mais fluidos, mas a aplicação posterior da modularidade fez a proposta não evoluir.

Das várias tentativas com esboços, uma pareceu promissora pois, apesar das paredes ortogonais, a ideia básica era de um pavilhão livre com ocupação flexível. Apenas mais um volume em anexo concentrando a área molhada, completava a proposta.

Com o intuito de aplicar os princípios da coordenação modular de medidas, em que o módulo M= 10 centímetros, foi utilizado inicialmente um multimodulo básico de 4M e 5M para aprimorar o projeto. Os resultados, porém, não foram satisfatórios na simulação de ocupação do espaço ao subdividi-lo em ambientes específicos (social, íntimo, serviço). Ou ficava restritiva ao uso ou extrapolava a área de parâmetro, dependendo da redução ou acréscimo dos módulos. Também apresentou incompatibilidade com outros sistemas, tais como de outros produtos industrializados.

Com o uso de multimódulos 6M chegou-se a uma dimensão satisfatória para o espaço principal de 2,40 m x 7,20 m que pôde comportar os ambientes almejados. Para o anexo, as medidas ajustadas ficaram em 1,20 m x 3,60 m. Assim a área final totalizou 21,60 m².

O corpo principal ficou definido com quarenta e oito módulos quadrados e sem paredes divisórias fixas. Esta decisão permitiu flexibilização de uso do espaço, redução de material e simplificação no processo de montagem.

A padronização dos componentes principais foi estabelecida para simplificar a pré-fabricação e conseqüentemente a montagem no canteiro. Atendendo à modulação, o painel principal é um quadrado com 24M de dimensão (2,40 m). Conforme citado anteriormente o mesmo painel pôde então ser usado tanto para paredes como também na cobertura por causa da sua dimensão compatível com a planta. Assim, o pé-direito útil do abrigo também ficou em 2,40 m. Nos painéis secundários, um que divide a cozinha e a lavanderia e o outro curvo, do banheiro, não foi possível manter as mesmas dimensões, ficando com 12M (1,20m) x 24M (2,40 m) e 21M (2,10 m) x 24M (2,40 m), respectivamente.

Quanto ao piso, ainda que tendo as mesmas dimensões da cobertura, não se mostrou viável o uso dos mesmos painéis por várias razões. Primeiro, por ser a base da construção e necessitar de maior rigidez, mas também pela necessidade de fixação das paredes e ainda suportar toda carga superior, incluindo os usuários e a mobília completa. A solução encontrada foi o uso de paletes, devido ao seu baixo custo e a facilidade de obtenção. As dimensões encontradas comercialmente também podem ser o multimódulo de 12M. As frestas, comuns neste produto, poderão ser preenchidas com tábuas de madeira e as unidades aparafusadas entre si formando um plano único ao qual se fixarão lateralmente os painéis de parede. Para assegurar que a umidade natural do solo não afete os paletes, decidiu-se por

e elevar toda a construção utilizando pneus velhos (Figura 1). Esta escolha visou solucionar o problema reaproveitando um produto que é descartado em grande quantidade e muitas vezes de forma irregular. Uma camada de pneus será disposta e enrijecida através do preenchimento do vazio central com sacos plásticos cheios de terra ou areia do local.

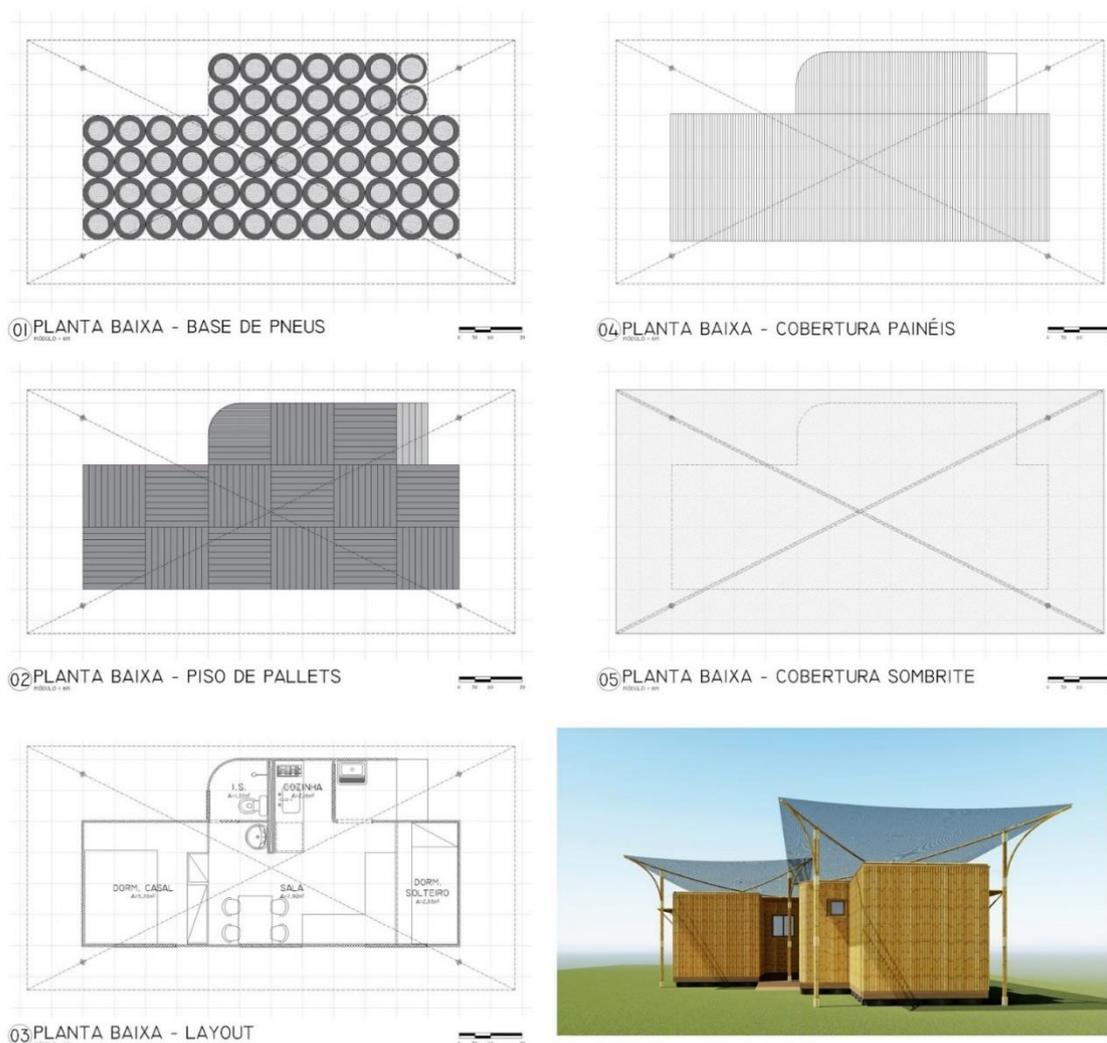


Figura 1: Plantas do Projeto e Perspectiva. Fonte: elaborado pelos autores.

Considerando que os painéis de vedação vertical e horizontal são constituídos apenas por uma camada de bambu, o conforto térmico poderia ser prejudicado pela insolação direta. Talvez pudesse ser utilizado o mesmo painel de bambu da cobertura duplicando-se uma camada para cima, mas outra solução se mostrou mais viável. Foi proposta uma cobertura elevada de tela do tipo “Sombrite”, que normalmente é utilizada na agricultura e em estacionamentos para sombreamento de baixo custo. Sendo um tecido leve, pôde-se utilizar o bambu como suporte estrutural do sistema. Cada pilar foi composto por quatro canas de bambu e fixado ao solo nas quatro extremidades do abrigo e recuados da construção. A

estrutura foi reforçada por tirantes em “X” também de bambu, ligando diagonalmente os pilares e apoiando a tela (Figura 2). Todas as junções das peças poderão ser feitas com anéis de garrafa PET, aquecidos com um soprador térmico de ar quente e que depois de resfriados garantirão a rigidez necessária da estrutura. Neste caso não foi preciso a aplicação da modularidade pois se tratou de uma estrutura independente, ajustável conforme a necessidade da unidade ou mesmo de um conjunto de abrigos.

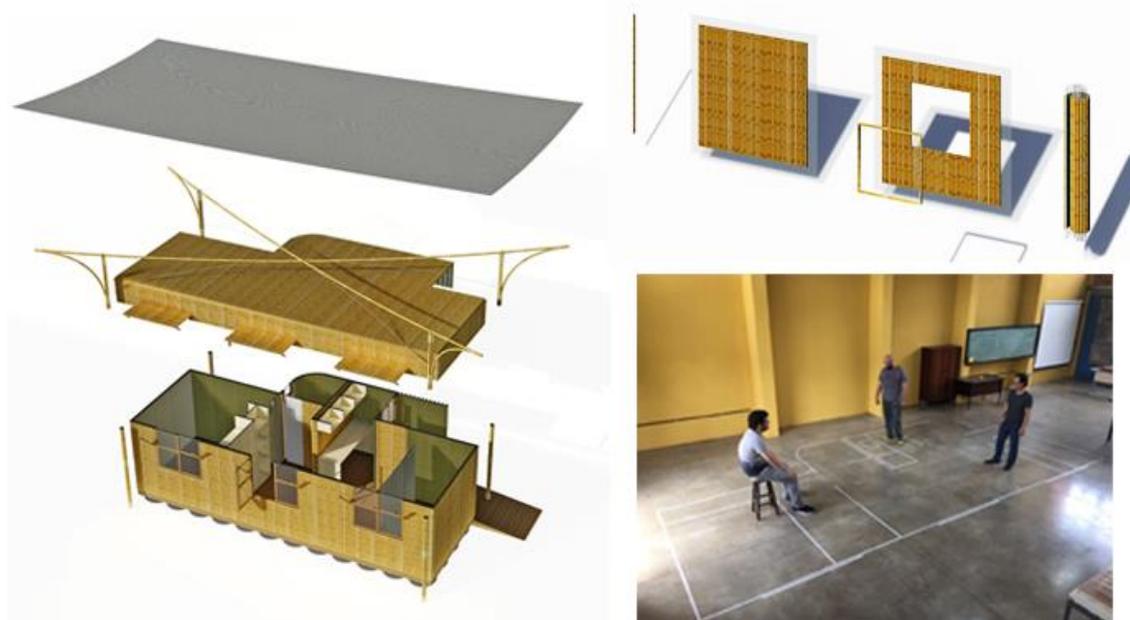


Figura 2: Perspectivas explodidas e estudo de planta 1:1 com fita adesiva.

3.3. A definição dos ambientes

Como sugestão de uso do pavilhão e verificação da qualidade do espaço, foi concebido um layout, baseado também no sistema modular, em que a área de estar/refeições se localiza ao centro, diretamente ligado às áreas molhadas (cozinha e banheiro) e as áreas íntimas nas duas extremidades. Destas, uma para casal e outra para comportar uma beliche. Como este último espaço ficou bastante reduzido e eventualmente pode não ser utilizado desta forma, a divisão proposta é apenas com cortina fixada no piso e teto que pode ser recolhida. Da mesma maneira flexível, o que delimita o quarto do casal é apenas um armário, sem paredes fixas.

A busca em concentrar os ambientes molháveis (banheiro, cozinha e lavanderia) resultou num bloco de doze módulos mínimos, anexado à construção principal. O banheiro e a cozinha são contíguos e entre esses foi possível instalar uma parede hidráulica pré-fabricada pela empresa Merckits, que os atende com um sistema completo para água e esgoto conectando todos os pontos necessários (Figura 1).

Por se tratar de um projeto em que as dimensões dos ambientes são bastante restritas, foi necessário buscar uma forma de verificação da viabilidade dos espaços mínimos propostos. Para tanto, recorreu-se à uma representação em escala real da planta baixa do abrigo com os principais móveis. No interior de um galpão industrial, os ambientes foram demarcados no piso com fita do tipo crepe (Figura 2). Caminhar por esse traçado de dimensões reais possibilitou definir e ajustar com mais segurança as medidas propostas no projeto.

3.4 Implantação das unidades

A unidades habitacionais foram projetadas para serem implantadas aos pares. Mesmo acopladas em diversas configurações cada moradia apresenta um acesso independente e janelas que não afetam a privacidade uma da outra. Esta estratégia permite uma densidade maior, reduzindo a área de implementação do assentamento e os custos de preparação do terreno.

4. Considerações Finais

A reconstrução do local atingido por desastres naturais ou humanos pode ser um processo longo e demorado. O abrigo emergencial deve proporcionar condições adequadas para a manutenção da vida humana e da comunidade pré-existente até que a readequação final seja concluída, atendendo de forma rápida a população afetada.

Constatou-se pela experiência de projeto de um abrigo coordenado modularmente que está se apresenta como uma boa alternativa pela racionalização dos materiais e simplificação no processo de produção e montagem. Consequentemente significa menor custo e agilidade na resposta ao evento. Também pode flexibilizar o uso conforme a necessidade do usuário e até mesmo permitir ampliações necessárias e uso de elementos construtivos industrializados já disponíveis.

Além disso, viabilizou-se o abrigo pela incorporação de materiais de refugo como pneus e paletes usados, bem como materiais renováveis e abundantes como o bambu e outros novos, mas com custo acessível. E por fim, a simplificação das atividades no local da implantação, através da pré-fabricação dos principais componentes, os painéis híbridos portantes para paredes e cobertura. A possível continuação do projeto implica em estudar a implementação de novos sistemas, como painéis fotovoltaicos, projetos com mais ambientes ou projetos mais relacionados com os usuários e com a identidade local.

Devido ao tamanho reduzido do abrigo, a construção de um protótipo em escala real seria relevante para permitir eventuais ajustes antes da definição de todos os parâmetros industriais. Enfim, espera-se que este trabalho possa contribuir para estimular novas alternativas de construção sustentável no país.

Referências

BARAKAT, Sultan. Housing reconstruction after conflict and disaster. Humanitarian Policy Group, Network Papers, v. 43, p. 1-40, 2003

BARBOZA, Aline da Silva Ramos et al. A técnica da coordenação modular como ferramenta diretiva de projeto. *Ambiente Construído*, v. 11, n. 2, p. 97-109, 2011.

BENAVIDES, Andrea Salomé Jaramillo; CEOLIN, Eliká Deboni. Coordenação Modular aplicada à habitação de interesse social com estrutura de bambu *Guadua roliço*.

COOK, Jesselyn. *7 Years After Haiti's Earthquake, Millions Still Need Aid*. <https://www.huffpostbrasil.com/entry/haiti-earthquake-anniversary_us_5875108de4b02b5f858b3f9c> . Acesso em 7 dez.2018.

GREVEN, Hélio Adão; BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann. Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada. ANTAC, 2007.

HUMANITARIAN BAMBOO. HUMANITARIAN BAMBOO A manual on the humanitarian use of bamboo in Indonesia. Disponível em: <http://humanitarianbamboo.org/wp-content/uploads/2018/03/IFRC_SHELTER_2009_hmnrn_bmbooDv2-1.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2018.

INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES (IFRC)/RCS 2013. Post-disaster shelter: Ten designs. Geneva: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Disponível em: <<http://shelterprojects.org/files/tshelter-8designs/10designs2013/2013-10-28-Post-disaster-shelter-ten-designs-IFRC-lores.pdf>>.

KARAOGLAN CEMRE, Fusun; ALAÇAM, Sema. Design of a Post-Disaster Temporary Living Space Through the Use of Shape Evolution. *In: Blucher Design Proceedings*. São Paulo: Editora Blucher, 2018, p. 191–198. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/29704>>. Acesso em 7 dez. 2018.

KOBIYAMA, Masato; MENDONÇA, Magaly; MORENO, Davis Anderson; *et al.* Prevenção de desastres naturais - Conceitos Básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006. Disponível em: <http://www.labclima.ufsc.br/files/2010/04/Livro_Prevencao_de_Desastres_Naturais.pdf>. Acesso em 7 dez. 2018.

PAUDEL, S. K. Engineered bamboo as a building material. *In: Modern Bamboo Structures*. CRC Press, 2008. p. 45-52.

RIBEIRO, Marcellus Serejo; MICHALKA JR, Camilo. A Contribuição dos Processos Industriais de Construção para Adoção de Novas Tecnologias na Construção Civil no Brasil. *Vértices*, v. 5, n. 3, p. 89-108, 2010.

UNITED NATIONS OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS (OCHA), U.N. Global Humanitarian Overview 2019. Nova Iorque: [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://www.unocha.org/sites/unocha/files/GHO2019.pdf>>. Acesso em 7 dez. 2018.

Consistência e Resistência de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido

Consistency and Strength of Mortar Coatings with Reuse of Expanded Polystyrene Residues

Camila Mertz Sousa - Engenheira Civil graduada pela UNIJUI

camilamertzsousa@gmail.com

Lucas Fernando Krug - Mestre em Engenharia Civil pela UNISINOS

lucas.krug@unijui.edu.br

Resumo

A construção civil é um importante indicador de desenvolvimento econômico e social, porém é um setor que causa muitos impactos ambientais, devido ao elevado consumo de matérias primas e geração de resíduos. Por isso, a reciclagem e reutilização de materiais é um desafio de extrema importância para todos os setores da indústria para contribuir para o desenvolvimento sustentável. Partindo deste proposto, este trabalho tem como objetivo a análise da consistência e da resistência à compressão da argamassa, com substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido em teores de 15% e 30%. O ensaio de consistência foi realizado no estado fresco em conformidade com a NBR 13276 (ABNT, 2016). E o ensaio de resistência à compressão foi executado no estado endurecido em corpos de prova, de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 1996). Os resultados obtidos foram bastante significativos se comparados à argamassa de traço convencional.

Palavras-chave: Construção Civil; Argamassa de Revestimento; Reutilização de Materiais; Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

Civil construction is an important indicator of economic and social development, but it is a sector that causes many environmental impacts due to high consumption of raw materials and generation of waste. Therefore, the recycling and reuse of materials is a challenge of extreme importance for all sectors of industry to contribute to sustainable development. Based on this proposal, this work has the objective of analyzing the consistency and compressive strength of the mortar, with partial replacement of the natural small aggregate by expanded polystyrene residues in contents of 15% and 30%. The consistency test was performed fresh according to NBR 13276 (ABNT, 2016). And the compressive strength test was performed in the hardened condition on specimens, according to NBR 7215 (ABNT, 1996). The results obtained were very significant when compared to conventional mortar.

Keywords: Civil Construction; Coating Mortar; Reuse of Materials; Sustainable development.

1. Introdução

Conforme Mateus (2004) a construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e gera entulhos, mas também possui o maior potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos gerados. Tessari (2006) menciona que a geração de resíduos é inevitável e que a reciclagem de materiais para gerar novos produtos é insubstituível, assim, o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente eficientes que resultem em materiais com desempenho técnico adequado é um desafio importante no ramo da construção civil.

Na busca por novos métodos mais adequados, a substituição de recursos naturais por materiais reciclados em argamassas e concretos vem sendo um tema bastante analisado em diversas pesquisas das Engenharias nas últimas décadas. Através do conhecimento sobre as propriedades dos materiais, é possível executar sistemas construtivos que sejam mais duráveis e eficazes, reduzindo os impactos ambientais (BEZERRA, 2003).

De acordo com Baía e Sabbatini (2002) a argamassa de revestimento possui um papel importante na indústria da construção, porque é a primeira barreira contra os agentes da degradação, além de intervir na estética do edifício, possui capacidades funcionais de proteção que contribuem para o comportamento adequado de toda a construção.

Desta maneira, com esta pesquisa busca-se uma alternativa ao nível da formulação de argamassas, que contribua para o desenvolvimento sustentável e responda as necessidades existentes. É neste contexto que se decidiu substituir 15% e 30% do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido (EPS), com o intuito de analisar a consistência e a resistência à compressão destas composições e compará-las com a argamassa convencional utilizada no Brasil.

2. Argamassa de Revestimento

A argamassa é um material da construção civil definida pela NBR 7200 (ABNT, 1998) como uma mistura homogênea, composta de agregado miúdo, ligante e água, que pode ou não conter aditivos, e que possui a capacidade de endurecimento e aderência.

Como o desempenho das argamassas depende da quantidade e da qualidade dos materiais constituintes, é necessário conhecer as características específicas de cada componente e escolher o traço ideal de acordo com a finalidade da atividade que será executada (BAÍA E SABBATINI, 2002).

As funções da argamassa são descritas por Fiorito (2009). Dentre elas, pode-se citar a proteção das vedações, estanqueidade à água, melhorar a durabilidade, proporcionar acabamentos às superfícies ou servir de base para outros materiais. O autor também cita que a argamassa deve apresentar um conjunto de propriedades no estado fresco e endurecido para exercer corretamente suas funcionalidades.

As propriedades no estado fresco são trabalhabilidade, consistência, coesão, retenção de água, massa específica, adesão inicial e retração na secagem. No estado endurecido a argamassa apresenta propriedades de aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, estanqueidade e durabilidade (BAÍA E SABBATINI, 2002).

3. Construção Sustentável

Segundo dados da CBCS (2014) a construção civil representa 15% do PIB nacional, porém o setor utiliza 75% dos recursos naturais que são extraídos, gera aproximadamente 80 milhões de toneladas de resíduos por ano, reduz a permeabilidade dos solos, libera gás carbônico e as edificações consomem aproximadamente 21% da água gasta no país.

Devido a estes vários impactos ambientais, nas últimas décadas a preocupação com o meio ambiente aumentou, o que originou o paradigma da construção sustentável, que está relacionada ao conceito de desenvolvimento sustentável (MATEUS, 2004).

Kibert (2008) descreve que em 1994, o Conselho Internacional de Construção (CIB) definiu o conceito de construção sustentável como a “criação e operação de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e nos princípios ecológicos”. O autor também cita que foram criados sete princípios básicos da construção sustentável que devem ser aplicados em todo o ciclo de vida da edificação, desde o planejamento até a demolição, estes fatores podem ser observados na Figura 1:

1. Reduzir o consumo de recursos (reduzir)
2. Reutilizar os recursos (reutilizar)
3. Usar recursos recicláveis (reciclar)
4. Proteger a natureza (natureza)
5. Eliminar tóxicos (tóxicos)
6. Aplicar o cálculo de custos do ciclo de vida (economia)
7. Focar na qualidade (qualidade)

Figura 1: Os princípios da construção sustentável. Fonte: Adaptado de Kibert (2008, p. 6).

Segundo Mateus (2004) para que as edificações sejam executadas em harmonia com o desenvolvimento sustentável é essencial adaptar os projetos ao clima local, visando aproveitar da melhor forma possível à ventilação, iluminação e aquecimento naturais, que proporcionam um ambiente confortável reduzindo o consumo de energia que são gastos com a utilização de ar condicionados. No requisito de materiais de construção Kibert (2008) recomenda utilizar recursos renováveis, com pouco processamento, não tóxicos, com elevada durabilidade, e é imprescindível a utilização de materiais recicláveis, que reduzem o consumo de recursos naturais e diminuem o impacto ambiental.

4. Poliestireno Expandido

O poliestireno expandido é um plástico celular rígido derivado do petróleo, conhecido no Brasil como isopor, composto por um polímero de estireno e um agente de expansão, obtido pela polimerização do estireno em água. Para realizar essa expansão é empregado o pentano, que é um hidrocarboneto que se degrada com a ação dos raios solares, por isso é um material 100% reciclável e reaproveitável, que pode voltar à condição de matéria

prima. Depois de expandidas, o produto resulta em pérolas que consistem em 98% de ar e apenas 2% de poliestireno (ABIQUIM, 2014).

De acordo com a ABRAPEX (2006) o isopor é um produto muito utilizado na fabricação de embalagens e altamente difundido na indústria da construção civil devido suas características, que são: material isolante, leveza, baixa condutibilidade térmica, resistência mecânica, baixa absorção de água, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choques e resistência à compressão.

A ABIQUIM (2014) também menciona que o EPS como material de construção diminui os custos da obra devido ao seu preço ser menor que os materiais convencionais, possuem ampla compatibilidade físico-químico com os demais materiais empregados na construção civil, são duráveis, possuem excelente deformabilidade e estabilidade dimensional e estão de acordo com a sustentabilidade, pois proporcionam economia de energia e são produzidos sem emissões de CFC.

Mesmo o EPS sendo um material totalmente reciclável, há grandes volumes de resíduos devido ao excesso de embalagens, que são depositados em aterros sanitários, o que se torna nocivo ao meio ambiente. Este material leva em torno de 150 anos para se degradar e ocupam muito espaço, afetando a decomposição de materiais biodegradáveis, pois criam camadas impermeáveis que prejudicam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de degradação da matéria orgânica (TESSARI, 2006).

Devido a estes fatores, a ABRAPEX (2006) cita que a reciclagem do isopor é executada em dez etapas e que em algumas vezes se torna mais viável reutilizar estes resíduos, pois nas últimas décadas estes materiais estão sendo muito utilizados em substituição aos agregados nos concretos e argamassas devido a sua baixa densidade e características térmicas.

5. Metodologia

5.1 Estratégia de Pesquisa

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, primeiramente, está pesquisa foi considerada como bibliográfica, pois foram utilizados materiais já publicados como artigos, livros, publicações sobre o tema, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e normatizações vigentes.

Em um segundo momento realizou-se ensaios laboratoriais, constituindo uma pesquisa experimental que conforme Gil (2008, p. 51) consiste em “determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.” Para Gerhardt e Silveira (2009) é uma pesquisa que se utiliza um experimento para testar e validar hipóteses, e posteriormente analisa-se sua aplicabilidade com a realidade.

Todos os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Engenharia Civil (LEC), pertencente à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), no município de Ijuí.

5.2 Delineamento

De acordo com Gil (2008, p. 49) o delineamento é descrito como “o planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, envolvendo tanto a sua diagramação quanto a previsão de análise e interpretação dos dados, considerando ambiente em que são coletados os dados, bem como as formas de controle das variáveis envolvidas”.

Gerhardt e Silveira (2009) também citam que o delineamento facilita o entendimento dos procedimentos realizados no estudo e permite a realização de uma pesquisa mais sucinta. A Figura 2 apresenta o delineamento desta pesquisa:

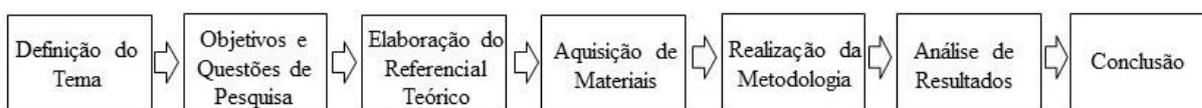


Figura 2: Delineamento da pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.3 Caracterização dos Materiais

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP II-F-32. Este cimento segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991) é composto de filer, não possui adições pozolânicas, e possui um grau de finura adequado, garantido um desempenho e uma resistência maior.

Foi utilizada cal hidráulica CH-II, que é composta de cal hidratada dolomítica com adições de cinzas minerais, e proporciona ótima trabalhabilidade, melhora a plasticidade e a aderência.

A areia utilizada foi fornecida pelo LEC da Unijuí, e antes de realizar qualquer ensaio, este material foi colocado na estufa por 24 horas para retirar toda a umidade existente.

Os blocos de poliestireno expandido (EPS) foram ralados com uma escova de aço para que se obtivesse um material mais fino. Posteriormente, este material foi passado na peneira de 4,75mm (Figura 3), sendo utilizado somente o material passante nesta peneira, que é a especificação para o agregado miúdo segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009).



Figura 3: Poliestireno expandido sendo peneirado. Fonte: Elaborado pelos autores.

A água utilizada foi fornecida pelo poço artesiano que abastece o LEC da Unijuí.

Para a argamassa de revestimento foi utilizado um traço padrão de 1:1:6 (uma unidade de cimento, uma unidade de cal e seis unidades de areia), sendo executados três revestimentos diferentes devido a substituição parcial da areia pelo poliestireno expandido. A primeira argamassa foi produzida com traço convencional, a segunda foi produzida substituindo 15% da areia por poliestireno expandido e a terceira foi produzida substituindo 30% da areia por poliestireno expandido.

5.4 Ensaio de Consistência

O índice de consistência de cada argamassa foi determinado de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016) para garantir a mesma trabalhabilidade para todas as misturas.

Primeiramente as argamassas foram preparadas em um misturador mecânico com a quantidade de materiais estabelecidos, e em seguida foi preenchido o tronco de cone na mesa para índice de consistência. Como demonstra a Figura 4, enquanto um operador segurava o molde outro enchia o tronco cônico em três camadas sucessivas, nas quais foram aplicados respectivamente 15, 10 e 5 golpes para distribuir a argamassa de maneira uniforme e apresentar uma forma homogênea.



Figura 4: Enchimento do tronco de cone. Fonte: Elaborado pelos autores.

Posteriormente, foi acionada a manivela da mesa realizando-se um golpe por segundo, totalizando 30 golpes, e após a última queda da mesa foi medido com paquímetro o espalhamento da argamassa (Figura 5), obtendo-se três valores de diâmetro em três direções. Os resultados devem estar compreendidos entre 255 ± 10 mm para uma consistência ideal.



Figura 5: Medidas do espalhamento da argamassa. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.5 Moldagem dos Corpos de Prova

A moldagem dos corpos de prova foi realizada de acordo com as recomendações da NBR 7215 (ABNT, 1996) em molde cilíndrico de 5x10 cm. Após a preparação da mistura foi executado o preenchimento dos moldes em quatro camadas. Cada camada foi compactada manualmente com um soquete metálico, sendo que em cada camada foram aplicados 30 golpes para que a argamassa ficasse distribuída homogeneamente em todo o cilindro.

Concluídas as moldagens, os corpos de prova permaneceram nos moldes e em temperatura ambiente dentro do laboratório por um período de 24 horas, conforme demonstra a Figura 6.



Figura 6: Corpos de prova após a moldagem. Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o desmolde, os corpos de prova foram mantidos a temperatura ambiente do laboratório por um período de 28 dias.

6. Ensaio de Resistência à Compressão Simples

Os procedimentos para o rompimento dos cilindros foram norteados pela NBR 13279 (ABNT, 2005). A norma determina que o corpo de prova deve ser colocado na prensa de modo que fique centralizado com o eixo de carregamento, a Figura 7 demonstra que este processo foi executado em conformidade com a norma.



Figura 7: Ensaio de resistência à compressão. Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a norma, o resultado individual de cada cilindro é obtido em MPa, dividindo a carga de ruptura pela área da seção do corpo de prova, depois calcula-se a resistência média dos três cilindros, arredondando o valor para o décimo mais próximo. É necessário calcular o desvio relativo máximo para analisar se alguma das resistências apresenta valor discrepante, este desvio é calculado dividindo a diferença entre a resistência média e a resistência individual mais afastada pela resistência média, multiplicando-se este quociente por 100.

7. Resultados

10.1 Consistência

A consistência é determinada para que todas as argamassas tenham boa trabalhabilidade. Na Figura 8, estão especificadas as quantidades de materiais e água necessária para cada argamassa utilizando um traço de 1:1:6 (uma unidade de cimento, uma unidade de cal e seis unidades de areia). Todos os materiais foram calculados em volume devido à leveza do EPS, sendo praticamente impossível substituir este material através da sua massa.

Convencional	Substituindo 15% da Areia por EPS	Substituindo 30% da Areia por EPS
200 mL de Cimento	200 mL de Cimento	200 mL de Cimento
200 mL de Cal	200 mL de Cal	200 mL de Cal
1200 mL de Areia	1020 mL de Areia	840 mL de Areia
350 mL de Água	320 mL de Água	290 mL de Água
-	180 mL de EPS	360 mL de EPS

Figura 8: Índice de consistência. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados de consistência para as argamassas foram: 260 mm, 258 mm e 253 mm respectivamente, todas em conformidade com a NBR 13276 (ABNT, 2016).

Através deste ensaio, é possível constatar que as argamassas que possuem poliestireno expandido em sua composição necessitam de um volume de água menor devido à baixa absorção deste material.

Deste modo, verifica-se que a relação água/cimento é diferente para as três misturas, sendo que este fator influencia diretamente na resistência e durabilidade da argamassa.

7.2 Resistência à Compressão

Na Figura 9 pode-se observar que a ruptura à compressão simples nas argamassas ocorre em toda a área do corpo de prova.



Figura 9: Ruptura à compressão. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados dos ensaios dos nove corpos de prova realizados aos 28 dias de idade estão apresentados nas Figuras 10 e 11.

Traço	CP	Força (Kgf)	Seção (cm ²)	Resistência (Mpa)	Média (MPa)	Desvio Relativo Máximo (%)
Referência	1C	1035	19,625	5,3	5,50	4,17
	2C	1092	19,625	5,6		
	3C	1113	19,625	5,7		
Subs. 15%	4C	1142	19,625	5,8	6,05	3,79
	5C	1206	19,625	6,1		
	6C	1213	19,625	6,2		
Subs. 30%	7C	1377	19,625	7,0	7,13	4,60
	8C	1463	19,625	7,5		
	9C	1356	19,625	6,9		

Figura 10: Resultados da resistência à compressão. Fonte: Elaborado pelos autores.

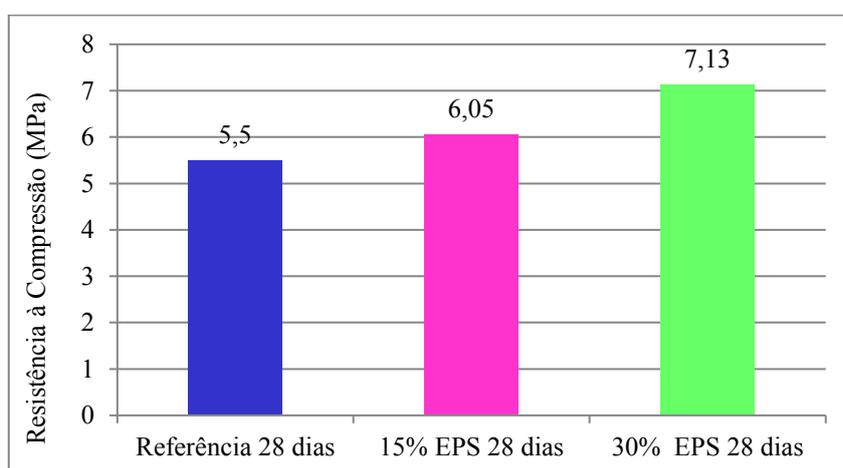


Figura 11: Resistência à compressão das três argamassas. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados de resistência à compressão surpreenderam as expectativas, pois com a substituição parcial da areia por EPS esperava-se a diminuição da resistência, o que não ocorreu. Nota-se no gráfico que o aumento da resistência é proporcional ao aumento do teor de EPS, e isto ocorre devido à baixa absorção deste material que ocasionou uma redução da quantidade de água necessária nestas argamassas.

8. Conclusão

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a influência da substituição parcial do agregado miúdo natural por poliestireno expandido em propriedades da argamassa de revestimento. Através da análise dos resultados obtidos e da bibliografia estudada é possível concluir:

- Quanto maior o percentual de poliestireno expandido incluído na mistura, menor a quantidade de água necessária para a argamassa ser considerada trabalhável. Este fato ocorreu devido à baixa absorção deste material, o que influenciou diretamente na relação água/cimento.
- Os resultados de resistência à compressão simples foram os mais surpreendentes, pois aumentaram com o aumento de teor de EPS. Mas isso ocorreu devido aos resultados do índice de consistência, pois, quanto maior a relação água/cimento, maior a resistência à compressão.

De maneira geral, através dos resultados obtidos, pode-se concluir que o emprego do poliestireno expandido na argamassa teve um desempenho significativo. É possível ter viabilidade técnica, mas é necessário um maior aprofundamento sobre o comportamento deste material em substituição ao agregado miúdo natural.

O reaproveitamento de EPS na forma de agregado miúdo pode reduzir o custo de produção da argamassa contribuindo significativamente para a construção sustentável, diminuindo o impacto ambiental causado pelo descarte deste material.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ. 1998. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 2009. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, RJ. 1996. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland Composto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 1991. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, RJ. 2016. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos. – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, RJ. 2005. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA QUÍMICA. ABIQUIM. EPS – Poliestireno Expandido. São Paulo, SP. 2014. Disponível em: www.epsbrasil.eco.br Acesso em: 23 de maio de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. ABRAPEX. Manual de Utilização de EPS na Construção Civil. São Paulo, SP. Pini. 2006. 8 p.

BAÍA, L. L. M. E SABBATINI, F. H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. São Paulo, SP. O Nome da Rosa. 2002. 83 p.

BEZERRA, L. A. C. Análise do Desempenho Térmico de Sistema Construtivo de Concreto com EPS como Agregado Graúdo. Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como um dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Área: Termociências. Natal, RN. 2003. 64 p.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. CBCS. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas. São Paulo, SP. 2014. 133 p.

FIORITO, A. J. S. I. Manual de Argamassas e Revestimentos. 2 ed. São Paulo, SP. Pini. 2009. 236 p.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de Pesquisa. 1 ed. Porto Alegre, RS. UFRGS. 2009. 120p

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6 ed. São Paulo, SP. Atlas. 2008. 220p.

KIBERT, C. J. Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery. Nova Jersey. EUA. John Wiley & Sons, Inc. 2008. 411 p.

MATEUS, R. F. M. da S. Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho. Portugal. 2004. 224 p.

TESSARI, J. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, SC. 2006. 102p.

Absorção e Aderência de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido

Absorption and Adherence of Mortar Coatings with Reuse of Expanded Polystyrene Residues

Camila Mertz Sousa - Engenheira Civil graduada pela UNIJUI

camilamertzsousa@gmail.com

Lucas Fernando Krug - Mestre em Engenharia Civil pela UNISINOS

lucas.krug@unijui.edu.br

Resumo

A construção civil é um importante indicador de desenvolvimento econômico e social, porém é um setor que causa muitos impactos ambientais, devido ao elevado consumo de matérias primas e geração de resíduos. Por isso, a reciclagem e reutilização de materiais é um desafio de extrema importância para todos os setores da indústria para contribuir para o desenvolvimento sustentável. Partindo deste proposto, este trabalho tem como objetivo a análise da absorção e da aderência da argamassa, com substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido em teores de 15% e 30%. O ensaio de absorção foi realizado em corpos de prova em conformidade com a NBR 9779 (ABNT, 2012) e o ensaio de resistência de aderência à tração foi executado em paredes argamassadas de acordo com as prescrições da NBR 13528 (ABNT, 2010). Os resultados obtidos foram bastante significativos se comparados à argamassa de traço convencional.

Palavras-chave: Construção Civil; Argamassa de Revestimento; Reutilização de Materiais; Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

Civil construction is an important indicator of economic and social development, but it is a sector that causes many environmental impacts due to high consumption of raw materials and generation of waste. Therefore, the recycling and reuse of materials is a challenge of extreme importance for all sectors of industry to contribute to sustainable development. Based on this proposal, this work has the objective of analyzing the absorption and adhesion of the mortar, with partial replacement of the natural small aggregate by expanded polystyrene residues in contents of 15% and 30%. The absorption test was performed on test bodies in accordance with NBR 9779 (ABNT, 2012) and the tensile strength test was performed on mortared walls in accordance with the requirements of NBR 13528 (ABNT, 2010). The results obtained were very significant when compared to conventional mortar.

Keywords: Civil Construction; Coating Mortar; Reuse of Materials; Sustainable development.

1. Introdução

Conforme Mateus (2004) a construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e gera entulhos, mas também possui o maior potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos gerados. Tessari (2006) menciona que a geração de resíduos é inevitável e que a reciclagem de materiais para gerar novos produtos é insubstituível, assim, o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente eficientes que resultem em materiais com desempenho técnico adequado é um desafio importante no ramo da construção civil.

Na busca por novos métodos mais adequados, a substituição de recursos naturais por materiais reciclados em argamassas e concretos vem sendo um tema bastante analisado em diversas pesquisas das Engenharias nas últimas décadas. Através do conhecimento sobre as propriedades dos materiais, é possível executar sistemas construtivos que sejam mais duráveis e eficazes, reduzindo os impactos ambientais (BEZERRA, 2003).

De acordo com Baía e Sabbatini (2002) a argamassa de revestimento possui um papel importante na indústria da construção, porque é a primeira barreira contra os agentes da degradação, além de intervir na estética do edifício, possui capacidades funcionais de proteção que contribuem para o comportamento adequado de toda a construção.

Desta maneira, com esta pesquisa busca-se uma alternativa ao nível da formulação de argamassas, que contribua para o desenvolvimento sustentável e responda as necessidades existentes. É neste contexto que se decidiu substituir 15% e 30% do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido (EPS), com o intuito de analisar a consistência e a resistência à compressão destas composições e compará-las com a argamassa convencional utilizada no Brasil.

2. Argamassa de Revestimento

A argamassa é um material da construção civil definida pela NBR 7200 (ABNT, 1998) como uma mistura homogênea, composta de agregado miúdo, ligante e água, que pode ou não conter aditivos, e que possui a capacidade de endurecimento e aderência.

Como o desempenho das argamassas depende da quantidade e da qualidade dos materiais constituintes, é necessário conhecer as características específicas de cada componente e escolher o traço ideal de acordo com a finalidade da atividade que será executada (RIPPER, 1995).

As funções da argamassa são descritas por Fiorito (2009). Dentre elas, pode-se citar a proteção das vedações, estanqueidade à água, melhorar a durabilidade, proporcionar acabamentos às superfícies ou servir de base para outros materiais. O autor também cita que a argamassa deve apresentar um conjunto de propriedades no estado fresco e endurecido para exercer corretamente suas funcionalidades.

As propriedades no estado fresco são trabalhabilidade, consistência, coesão, retenção de água, massa específica, adesão inicial e retração na secagem. No estado endurecido a argamassa apresenta propriedades de aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, estanqueidade e durabilidade (BAÍA E SABBATINI, 2002).

3. Metodologia

3.1 Estratégia de Pesquisa

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, primeiramente, esta pesquisa foi considerada como bibliográfica, pois foram utilizados materiais já publicados como artigos, livros, publicações sobre o tema, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e normatizações vigentes.

Em um segundo momento realizou-se ensaios laboratoriais, constituindo uma pesquisa experimental que conforme Gil (2008, p. 51) consiste em “determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.” Para Gerhardt e Silveira (2009) é uma pesquisa que se utiliza um experimento para testar e validar hipóteses, e posteriormente analisa-se sua aplicabilidade com a realidade.

Todos os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Engenharia Civil (LEC), pertencente à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), no município de Ijuí.

3.2 Delineamento

De acordo com Gil (2008, p. 49) o delineamento é descrito como “o planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, envolvendo tanto a sua diagramação quanto a previsão de análise e interpretação dos dados, considerando ambiente em que são coletados os dados, bem como as formas de controle das variáveis envolvidas”.

Gerhardt e Silveira (2009) também citam que o delineamento facilita o entendimento dos procedimentos realizados no estudo e permite a realização de uma pesquisa mais sucinta. A Figura 1 apresenta o delineamento desta pesquisa:

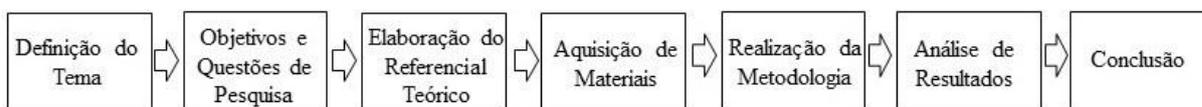


Figura 1: Delineamento da pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Caracterização dos Materiais

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP II-F-32. Este cimento segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991) é composto de filer, não possui adições pozolânicas, e possui um grau de finura adequado, garantido um desempenho e uma resistência maior.

Foi utilizada cal hidráulica CH-II, que é composta de cal hidratada dolomítica com adições de cinzas minerais, e proporciona ótima trabalhabilidade, melhora a plasticidade e a aderência.

A areia utilizada foi fornecida pelo LEC da Unijuí, e antes de realizar qualquer ensaio, este material foi colocado na estufa por 24 horas para retirar toda a umidade existente.

Os blocos de poliestireno expandido (EPS) foram ralados com uma escova de aço para que se obtivesse um material mais fino. Posteriormente, este material foi passado na peneira de 4,75mm (Figura 2), sendo utilizado somente o material passante nesta peneira, que é a especificação para o agregado miúdo segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009).



Figura 2: Poliestireno expandido sendo peneirado. Fonte: Elaborado pelos autores.

A água utilizada foi fornecida pelo poço artesiano que abastece o LEC da Unijuí.

Para a execução das paredes foram utilizados tijolo cerâmico 6 furos com dimensões de 9x14x19 cm.

O traço da argamassa para assentar os tijolos foi de 1:6 (uma unidade de cimento para seis unidades de areia).

O chapisco executado nas paredes teve um traço de 1:4 (uma unidade de cimento para quatro unidades de areia).

Para a argamassa de revestimento foi utilizado um traço padrão de 1:1:6 (uma unidade de cimento, uma unidade de cal e seis unidades de areia), sendo executados três revestimentos diferentes devido a substituição parcial da areia pelo poliestireno expandido. A primeira argamassa foi produzida com traço convencional, a segunda foi produzida substituindo 15% da areia por poliestireno expandido e a terceira foi produzida substituindo 30% da areia por poliestireno expandido.

3.4 Moldagem dos Corpos de Prova

A moldagem dos corpos de prova foi realizada de acordo com as recomendações da NBR 7215 (ABNT, 1996) em molde cilíndrico de 5x10 cm. Após a preparação da mistura foi executado o preenchimento dos moldes em quatro camadas. Cada camada foi compactada manualmente com um soquete metálico, sendo que em cada camada foram aplicados 30 golpes para que a argamassa ficasse distribuída homogeneamente em todo o cilindro.

Concluídas as moldagens, os corpos de prova permaneceram nos moldes e em temperatura ambiente dentro do laboratório por um período de 24 horas, conforme demonstra a Figura 3.



Figura 3: Corpos de prova após a moldagem. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.5 Execução das Paredes

As paredes foram executadas com dimensões de 60x60cm. O levantamento das alvenarias foi efetuado de acordo com as orientações de Ripper (1995), iniciado pelos cantos, obedecendo ao prumo para o alinhamento vertical e o escantilhão no sentido horizontal. O assentamento dos tijolos foi realizado conforme a NBR 8545 (ABNT, 1984) de forma que as juntas ficassem alternadas para garantir maior resistência e assim evitar o cisalhamento vertical dos tijolos.

Concluído o levantamento, foi executado o chapisco. Para a realização do emboço, primeiramente foram fixadas madeiras, que serviram como moldes para delimitar a espessura de 2 cm em ambas as faces das paredes. A argamassa foi aplicada sobre o chapisco com colher de pedreiro. Posteriormente foi realizado o sarrafeamento e o desempenamento para que se obtivesse uma superfície plana e homogênea como recomenda a NBR 7200 (ABNT, 1998).

3.6 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração

Segundo Ioppi (1995) o ensaio da resistência de aderência à tração ou de arrancamento, consiste em avaliar a interação entre o revestimento e o substrato, determinando o valor máximo da tensão de aderência suportada.

O ensaio de arrancamento foi realizado aos 63 dias de idade das paredes na face agredida termicamente por 12 horas, e foi executado em conformidade com a NBR 13528 (ABNT, 2010).

Com uma furadeira acoplada com uma broca serra-copo de 50 mm de diâmetro foram feitos 9 furos aleatórios para abranger pontos nos tijolos e nas juntas entre eles.

Sucessivamente, foram fixadas pastilhas metálicas que possuem seção circular de 50 mm de diâmetro e um dispositivo central para acoplar o aparelho de tração. As pastilhas foram coladas em 8 furos com cola epóxi. Decorridas 6 horas da fixação das pastilhas, iniciou-se o ensaio de arrancamento. Primeiro, o dinamômetro de tração equipado com aparelho para leitura de carga foi acoplado à pastilha, conforme demonstra a Figura 4.



Figura 4: Execução do ensaio de arrancamento. Fonte: Elaborado pelos autores.

O esforço de tração é aplicado perpendicularmente ao corpo de prova até que este seja arrancado, quando isto ocorre, a carga de ruptura é anotada em N. A resistência de aderência à tração é calculada dividindo a carga de ruptura em N pela área da pastilha em mm^2

Posterior arrancamento dos corpos de prova, foi analisado a ruptura quanto ao local e a forma. Quanto ao local, foi verificado se o rompimento ocorreu na junta de assentamento ou no tijolo. Quanto à forma, a ruptura pode ser: no substrato, na interface substrato/chapisco, no chapisco, na interface chapisco/argamassa, na argamassa, na interface argamassa/cola na interface cola/pastilha.

3.7 Ensaio de Absorção por Capilaridade

A absorção por capilaridade é “a massa de água por unidade de área que pode ser absorvida pelos capilares quando a amostra se encontra em contato com a água” (STANCATO, 2000, p. 56).

Este ensaio foi realizado em conformidade com a NBR 9779 (ABNT, 2012) no qual foram utilizados três corpos de prova para cada argamassa, com dimensões de 5x10 cm e idade de cura de 28 dias.

Inicialmente, os corpos de prova foram levados à estufa com temperatura de 105 ± 5 °C. Os cilindros foram pesados a cada 24 horas até que ficassem com massa constante. Posteriormente, os moldes foram resfriados e embalados para que não absorvessem umidade.

Após o resfriamento, os corpos de prova foram posicionados em suportes de madeira dentro de um recipiente plástico, e este, foi preenchido com água de modo que o nível da água permanecesse 5 ± 1 mm a acima da face inferior do cilindro, como pode ser observado na Figura 5.



Figura 5: Suporte para o ensaio de absorção por capilaridade. Fonte: Elaborado pelos autores.

A massa de água absorvida foi obtida através de sucessivas pesagens. O ensaio teve duração de 72 horas, sendo determinada a massa das amostras depois de decorridas 3h, 6h, 24h, 48h e 72h.

O cálculo da absorção de água por capilaridade segundo a NBR 9779 (ABNT, 2012) é determinado em g/cm^2 , dividindo a diferença entre a massa da mostra saturada e a massa da amostra seca pela área da seção transversal.

4. Resultados

4.1 Resistência de Aderência à Tração

Segundo Ioppi (1995) a forma de ruptura tem um efeito significativo nos valores de aderência, por isso, deve-se calcular a média dos resultados obtidos dentro de um mesmo grupo de ruptura. Como este ensaio foi realizado na parede considerada externa, o valor de referência a ser comparado é de $\geq 0,30$ Mpa, de acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013).

a) Arrancamento na Parede Convencional

Nesta parede, a ruptura ocorreu em três regiões, sendo 5/8 das rupturas ocorridas na interface substrato/chapisco, 1/8 no chapisco e 2/8 na argamassa, não havendo perdas. A região mais frágil neste revestimento é a interface substrato/chapisco onde ocorreu maior número de rompimentos, o que significa que a argamassa possuiu boa aderência com as outras camadas. Os resultados podem ser observados na Figura 6.

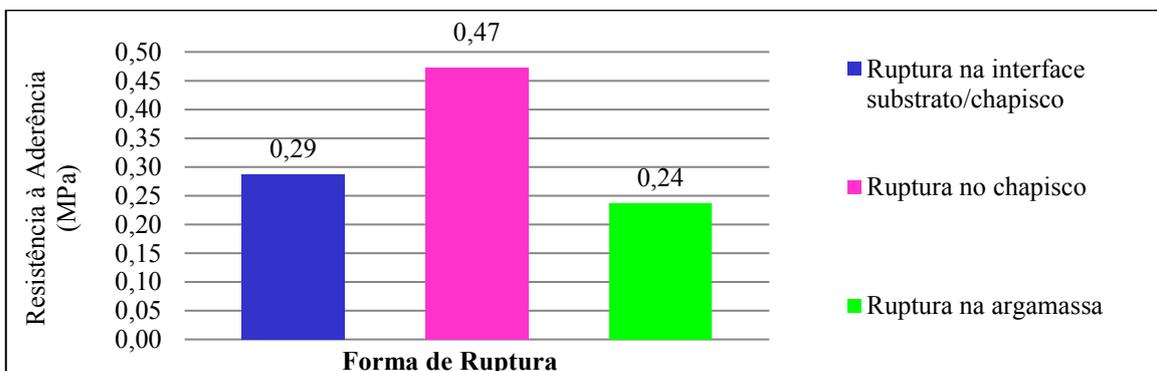


Figura 6: Resultados das resistências à aderência da argamassa convencional. Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da análise desta figura, verifica-se que apenas a ruptura no chapisco atendeu os requisitos da norma e as outras rupturas obtiveram resultados bem próximos.

b) Arrancamento na Parede com 15% de EPS

O ensaio de arrancamento realizado na argamassa com 15% de poliestireno expandido teve rompimento em duas regiões, ocorrendo 3 rupturas na interface chapisco/substrato, 4 rupturas no chapisco, e obteve-se uma falha para oito corpos de prova rompidos. O chapisco foi a camada mais vulnerável, pois apresentou maior índice de ruptura. Este fato deve-se a menor quantidade de água presente na mistura. Na Figura 7 estão representados os resultados de aderência média em cada região de ruptura.

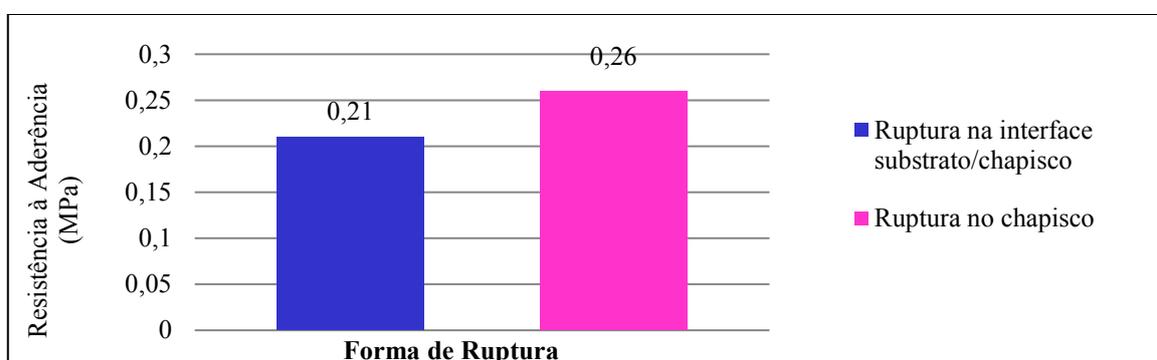


Figura 7: Resultados das resistências à aderência da argamassa com 15% de EPS. Fonte: Elaborado pelos autores.

c) Arrancamento na Parede com 30% de EPS

Neste ensaio, a ruptura ocorreu em três regiões, 2 na interface substrato/chapisco, 2 no chapisco e 3 na argamassa, ocorrendo uma anulação de rompimento.

Analisando a Figura 8, percebe-se que a resistência média de ruptura na argamassa ficou bem abaixo do recomendável, enquanto que as outras duas regiões quase atingiram a resistência mínima.

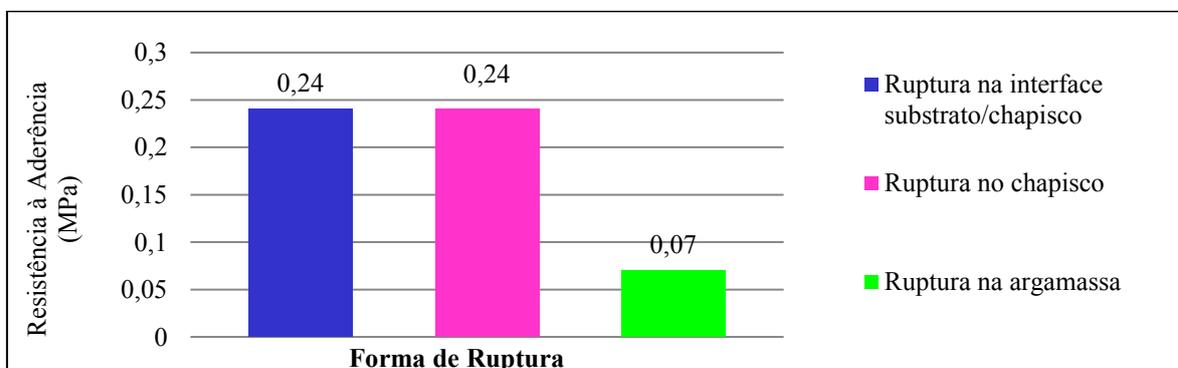


Figura 8: Resultados das resistências à aderência da argamassa com 30% de EPS. Fonte: Elaborado pelos autores.

Se comparado aos outros revestimentos, neste ensaio houve maior índice de ruptura na argamassa, o que significa que a aderência obtida nesta camada foi regular. Este fato deve-se ao maior teor de EPS empregado na mistura, devido a sua estrutura ser composta praticamente de ar.

d) Comparativo dos Resultados de Aderência

A Figura 9 apresenta a resistência de aderência média das três argamassas.

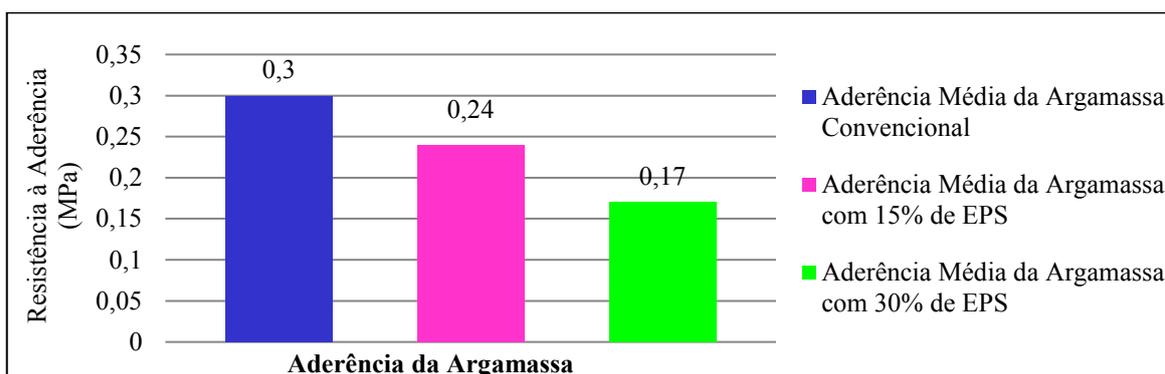


Figura 9: Resistência de aderência média das três argamassas. Fonte: Elaborado pelos autores.

Avaliando esta figura percebe-se que a argamassa convencional atingiu a resistência à aderência recomendada, enquanto que as argamassas com EPS obtiveram valores inferiores, devido ao maior teor de ar incorporado.

Como o único parâmetro regulamentador para avaliar o comportamento de argamassas de revestimento é a NBR 13749 (ABNT, 2013), se enfatiza a necessidade de reavaliar os requisitos estabelecidos nesta norma, pois grande parte das amostras reprovadas não apresentaram patologias com o decorrer do tempo e se mostraram bastantes eficientes no desempenho de suas funções, mesmo sendo afetadas por uma fonte de calor intensa em um período de 12 horas.

4.2 Absorção por Capilaridade

Como já mencionado, este procedimento foi realizado com três corpos de prova de cada argamassa, após 28 dias de idade e foi realizado em três dias consecutivos. Nas Figuras 10 e 11 é possível observar a execução do ensaio nos períodos de 3h e 72h respectivamente. Nota-se que no final do ensaio todas as amostras absorveram água até a superfície superior.



Figura 10: Ensaio de absorção após 3 horas.
 Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 11: Ensaio de absorção após 72 horas.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 12 estão apresentados os resultados finais obtidos, e o comportamento da absorção de água por capilaridade de cada argamassa está apresentado na Figura 13.

Traço	Absorção (g/cm ²)				
	3 horas	6 horas	12 horas	24 horas	72 horas
Referência	2,00	2,07	2,11	2,12	2,14
Subs. 15%	1,94	2,01	2,06	2,06	2,08
Subs. 30%	1,91	1,99	2,04	2,04	2,06

Figura 12: Resultados da absorção por capilaridade. Fonte: Elaborado pelos autores.

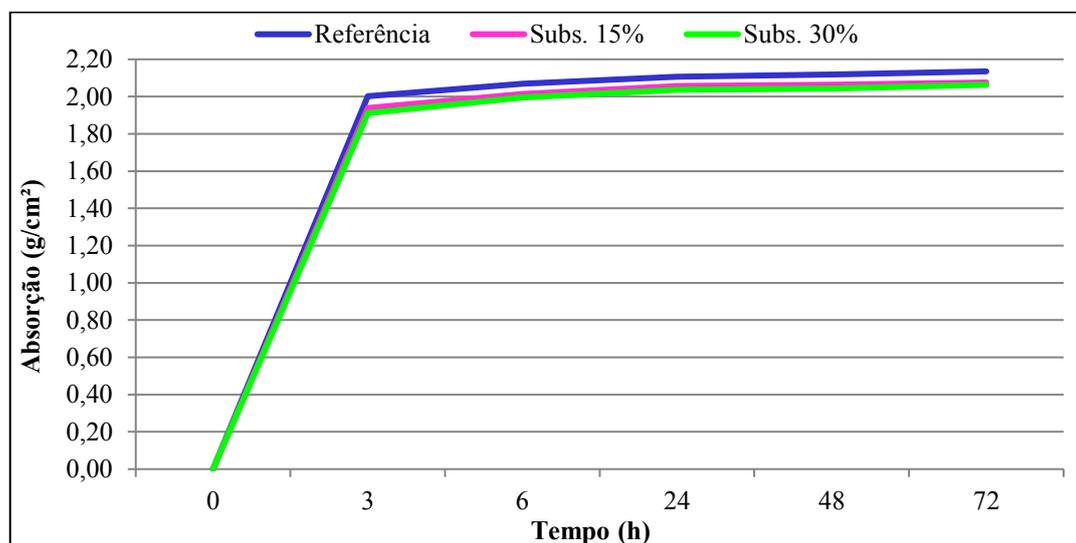


Figura 13: Comportamento dos resultados de absorção por capilaridade. Fonte: Elaborado pelos autores.

Observando a Figura 13, verifica-se uma rápida absorção capilar nas três primeiras horas e no restante do ensaio a absorção ocorre em um ritmo moderado. Segundo Stancato (2000) a absorção é maior na fase inicial porque a água preenche os poros de maiores dimensões até que fiquem saturados.

Analisando os resultados, constata-se que a substituição parcial da areia por poliestireno expandido influi de forma significativa nos valores de absorção por capilaridade. Observa-se que os dois traços com EPS absorveram menores quantidades de água que a argamassa convencional.

5. Conclusão

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a influência da substituição parcial do agregado miúdo natural por poliestireno expandido em propriedades da argamassa de revestimento. Através da análise dos resultados obtidos e da bibliografia estudada é possível concluir:

- Aumentando-se o teor de poliestireno expandido na composição, diminui-se a absorção de água por capilaridade. Este resultado é obtido devido à baixa absorção do EPS, que por não ser higroscópico mantém suas características mecânicas mesmo imerso em água. Portanto, conclui-se que a substituição parcial da areia pelo poliestireno expandido trás efeitos benéficos em termos de absorção por capilaridade, fator que interfere diretamente na durabilidade da argamassa.
- No ensaio de resistência de aderência à tração, apenas a argamassa convencional atingiu o valor mínimo recomendado pela NBR 13749 (ABNT, 2013). As argamassas com EPS não obtiveram a aderência desejada devido ao maior teor de ar incorporado na mistura, mas não apresentavam nenhuma patologia após 63 dias de execução mesmo expostas ao calor intenso.

De maneira geral, através dos resultados obtidos, pode-se concluir que o emprego do poliestireno expandido na argamassa teve um desempenho significativo. É possível ter viabilidade técnica, mas é necessário um maior aprofundamento sobre o comportamento deste material em substituição ao agregado miúdo natural.

O reaproveitamento de EPS na forma de agregado miúdo pode reduzir o custo de produção da argamassa contribuindo significativamente para a construção sustentável, diminuindo o impacto ambiental causado pelo descarte deste material.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ. 1998. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 2009. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, RJ. 1996. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8545: Execução de alvenaria sem função estrutural, de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, RJ. 1984. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779: Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, RJ. 2012. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland Composto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 1991. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528: Revestimento de Pparedes de Argamassa Inorgânicas – Determinação da Resistência de Aderência à Tração. Rio de Janeiro, RJ. 2010. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: Revestimento de Paredes de Argamassa Inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 2013. 8 p.

BAÍÁ, L. L. M. E SABBATINI, F. H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. São Paulo, SP. O Nome da Rosa. 2002. 83 p.

BEZERRA, L. A. C. Análise do Desempenho Térmico de Sistema Construtivo de Concreto com EPS como Agregado Graúdo. Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como um dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Área: Termociências. Natal, RN. 2003. 64 p.

FIORITO, A. J. S. I. Manual de Argamassas e Revestimentos. 2 ed. São Paulo, SP. Pini. 2009. 236 p.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de Pesquisa. 1 ed. Porto Alegre, RS. UFRGS. 2009. 120p

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6 ed. São Paulo, SP. Atlas. 2008. 220p.

IOPPI, P. R. Estudo da Aderência de Argamassas de Revestimento em Substratos de Concreto. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Engenharia. Florianópolis, SC. 1995. 152p.

MATEUS, R. F. M. da S. Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho. Portugal. 2004. 224 p.

RIPPER, E. Manual Prático de Materiais de Construção. São Paulo, SP. Pini. 1995. 253 p.

STANCATO, A. C. Determinação da Condutividade Térmica e da Resistência Mecânica em Argamassa Leve. Dissertação de mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Edificações. Campinas, SP. 2000. 184p.

TESSARI, J. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, SC. 2006. 102p.

Transferência de Calor de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido

Transfer of Heat from Mortared Coatings to Reuse of Expanded Polystyrene Residues

Camila Mertz Sousa - Engenheira Civil graduada pela UNIJUI

camilamertzsousa@gmail.com

Tenile Rieger Piovesan - Mestre em Engenharia Civil pela UFSM

tenile.piovesan@unijui.edu.br

Resumo

Para a obtenção do conforto térmico, a sociedade tem utilizado meios de climatização artificial por longos períodos sem se preocupar com o consumo de energia. O consumo de energia elétrica é um dos indicadores do desenvolvimento econômico e social, porém o processo para gerar essa grande quantidade de energia ocasiona impactos ambientais. Por isso, a substituição de recursos naturais por materiais reciclados é um desafio de extrema importância para todos os setores para contribuir com o desenvolvimento sustentável. Partindo deste proposto, este trabalho tem como objetivo analisar a transferência de calor de argamassas com substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido em teores de 15% e 30%. Os ensaios foram realizados em paredes com dimensões de 60x60cm, com revestimento argamassado em ambas as faces, aos 28 e 56 dias de idade de cada parede. Os resultados obtidos foram bastante significativos se comparados à argamassa de traço convencional.

Palavras-chave: Construção Civil; Argamassa de Revestimento; Reutilização de Materiais; Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

In order to obtain thermal comfort, the company has been using artificial air conditioning for long periods without worrying about energy consumption. The consumption of electricity is one of the indicators of economic and social development, but the process to generate this large amount of energy causes environmental impacts. Therefore, the substitution of natural resources for recycled materials is a challenge of extreme importance for all sectors to contribute to sustainable development. Based on this proposal, this work has the objective of analyzing the heat transfer of mortars with partial replacement of the natural small aggregate by expanded polystyrene residues in contents of 15% and 30%. The tests were performed on walls with dimensions of 60x60cm, with mortar coating on both faces, at 28 and 56 days of age of each wall. The results obtained were very significant when compared to conventional mortar.

Keywords: Civil Construction; Coating Mortar; Reuse of Materials; Sustainable development.

1. Introdução

Conforme Mateus (2004) a construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e gera entulhos, mas também possui o maior potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos gerados. Tessari (2006) menciona que a geração de resíduos é inevitável e que a reciclagem de materiais para gerar novos produtos é insubstituível, assim, o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente eficientes que resultem em materiais com desempenho técnico adequado é um desafio importante no ramo da construção civil.

Na busca por novos métodos mais adequados, a substituição de recursos naturais por materiais reciclados em argamassas e concretos vem sendo um tema bastante analisado em diversas pesquisas das Engenharias nas últimas décadas. Através do conhecimento sobre as propriedades dos materiais, é possível executar sistemas construtivos que sejam mais duráveis e eficazes, reduzindo os impactos ambientais (BEZERRA, 2003).

De acordo com Baía e Sabbatini (2002) a argamassa de revestimento possui um papel importante na indústria da construção, porque é a primeira barreira contra os agentes da degradação, além de intervir na estética do edifício, possui capacidades funcionais de proteção que contribuem para o comportamento adequado de toda a construção.

Desta maneira, com esta pesquisa busca-se uma alternativa ao nível da formulação de argamassas, que contribua para o desenvolvimento sustentável e responda as necessidades existentes. É neste contexto que se decidiu substituir 15% e 30% do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido (EPS), com o intuito de analisar a consistência e a resistência à compressão destas composições e compará-las com a argamassa convencional utilizada no Brasil.

2. Argamassa de Revestimento

A argamassa é um material da construção civil definida pela NBR 7200 (ABNT, 1998) como uma mistura homogênea, composta de agregado miúdo, ligante e água, que pode ou não conter aditivos, e que possui a capacidade de endurecimento e aderência.

Como o desempenho das argamassas depende da quantidade e da qualidade dos materiais constituintes, é necessário conhecer as características específicas de cada componente e escolher o traço ideal de acordo com a finalidade da atividade que será executada (RIPPER, 1995).

As funções da argamassa são descritas por Fiorito (2009). Dentre elas, pode-se citar a proteção das vedações, estanqueidade à água, melhorar a durabilidade, proporcionar acabamentos às superfícies ou servir de base para outros materiais. O autor também cita que a argamassa deve apresentar um conjunto de propriedades no estado fresco e endurecido para exercer corretamente suas funcionalidades.

As propriedades no estado fresco são trabalhabilidade, consistência, coesão, retenção de água, massa específica, adesão inicial e retração na secagem. No estado endurecido a argamassa apresenta propriedades de aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, estanqueidade e durabilidade (BAÍA E SABBATINI, 2002).

3. Desempenho Térmico

Quando o sol incide sobre a edificação, parte da radiação é transferida para o ambiente interno afetando as condições de conforto térmico dos ocupantes. A quantidade de calor transmitida depende da intensidade dos raios solares e das características dos fechamentos que são classificados em opacos e transparentes (FROTA E SCHIFFER, 2001).

Segundo Lamberts *et al.* (2014) nos fechamentos opacos a radiação é absorvida ou refletida, enquanto que nos fechamentos transparentes 90% da radiação é transmitida diretamente para o ambiente interno. O autor também cita que o uso do ar condicionado em residências é responsável por 20% do consumo total de energia elétrica, sendo que as regiões brasileiras que mais gastam com esse mecanismo são o Norte e o Sul, gastando 40% e 32% de energia respectivamente.

Devido a esse exposto, percebe-se a necessidade de isolar termicamente uma edificação independente da região do planeta. Enquanto na Europa, para obter conforto térmico, a maior necessidade é preservar o calor interno, no Brasil, na maior parte de sua área, a necessidade é de impedir a entrada excessiva de calor (THOMAS E ISHIOKA, 2011).

Frota e Schiffer (2001) citam que antigamente o conceito de isolamento térmico baseava-se na utilização de materiais com grande massa e espessura, e atualmente é possível adequar o projeto a real necessidade do isolamento e quantificar o material isolante ideal para cada caso, devido ao avanço das tecnologias e à adaptação ao desenvolvimento sustentável.

4. Poliestireno Expandido

O poliestireno expandido é um plástico celular rígido derivado do petróleo, conhecido no Brasil como isopor, composto por um polímero de estireno e um agente de expansão, obtido pela polimerização do estireno em água. Para realizar essa expansão é empregado o pentano, que é um hidrocarboneto que se degrada com a ação dos raios solares, por isso é um material 100% reciclável e reaproveitável, que pode voltar à condição de matéria prima. Depois de expandidas, o produto resulta em pérolas que consistem em 98% de ar e apenas 2% de poliestireno (ABIQUIM, 2014).

De acordo com a ABRAPEX (2006) o isopor é um produto muito utilizado na fabricação de embalagens e altamente difundido na indústria da construção civil devido suas características, que são: material isolante, leveza, baixa condutibilidade térmica, resistência mecânica, baixa absorção de água, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choques e resistência à compressão.

A ABIQUIM (2014) também menciona que o EPS como material de construção diminui os custos da obra devido ao seu preço ser menor que os materiais convencionais, possuem ampla compatibilidade físico-químico com os demais materiais empregados na construção civil, são duráveis, possuem excelente deformabilidade e estabilidade dimensional e estão de acordo com a sustentabilidade, pois proporcionam economia de energia e são produzidos sem emissões de CFC.

Mesmo o EPS sendo um material totalmente reciclável, há grandes volumes de resíduos devido ao excesso de embalagens, que são depositados em aterros sanitários, o que se torna nocivo ao meio ambiente. Este material leva em torno de 150 anos para se degradar e ocupam muito espaço, afetando a decomposição de materiais biodegradáveis, pois criam camadas impermeáveis que prejudicam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de degradação da matéria orgânica (TESSARI, 2006).

Devido a estes fatores, a ABRAPEX (2006) cita que a reciclagem do isopor é executada em dez etapas e que em algumas vezes se torna mais viável reutilizar estes resíduos, pois nas últimas décadas estes materiais estão sendo muito utilizados em substituição aos agregados nos concretos e argamassas devido a sua baixa densidade e características térmicas.

5. Metodologia

Primeiramente, esta pesquisa foi considerada como bibliográfica, pois foram utilizados materiais já publicados como artigos, livros, publicações sobre o tema, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e normatizações vigentes.

Em um segundo momento realizou-se ensaios laboratoriais, constituindo uma pesquisa experimental. Todos os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Engenharia Civil (LEC), pertencente à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), no município de Ijuí.

5.1 Caracterização dos Materiais

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP II-F-32. Este cimento segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991) é composto de filer, não possui adições pozolânicas, e possui um grau de finura adequado, garantido um desempenho e uma resistência maior.

Foi utilizada cal hidráulica CH-II, que é composta de cal hidratada dolomítica com adições de cinzas minerais, e proporciona ótima trabalhabilidade, melhora a plasticidade e a aderência.

A areia utilizada foi fornecida pelo LEC da Unijuí, e antes de realizar qualquer ensaio, este material foi colocado na estufa por 24 horas para retirar toda a umidade existente.

Os blocos de poliestireno expandido (EPS) foram ralados com uma escova de aço para que se obtivesse um material mais fino. Posteriormente, este material foi passado na peneira de 4,75mm (Figura 1), sendo utilizado somente o material passante nesta peneira, que é a especificação para o agregado miúdo segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009).



Figura 1: Poliestireno expandido sendo peneirado. Fonte: Elaborado pelos autores.

A água utilizada foi fornecida pelo poço artesiano que abastece o LEC da Unijuí.

Para a execução das paredes foram utilizados tijolo cerâmico 6 furos com dimensões de 9x14x19 cm.

O traço da argamassa para assentar os tijolos foi de 1:6 (uma unidade de cimento para seis unidades de areia).

O chapisco executado nas paredes teve um traço de 1:4 (uma unidade de cimento para quatro unidades de areia).

Para a argamassa de revestimento foi utilizado um traço padrão de 1:1:6 (uma unidade de cimento, uma unidade de cal e seis unidades de areia), sendo executados três revestimentos diferentes devido a substituição parcial da areia pelo poliestireno expandido. A primeira argamassa foi produzida com traço convencional, a segunda foi produzida substituindo 15% da areia por poliestireno expandido e a terceira foi produzida substituindo 30% da areia por poliestireno expandido.

5.2 Instrumentos e Câmara de Medição

Rupp (2009) desenvolveu uma câmara térmica com dimensões internas de 60x40x40 cm, composta de madeira compensada, poliestireno expandido de 50 mm e papel laminado. No orifício deixado foi instalada uma lâmpada de 250 Watts, que forneceu o calor necessário para aquecer as paredes. Também foi colocado um dimmer para controlar a intensidade luminosa. A Figura 2 demonstra a câmara pronta.



Figura 2: Câmara térmica. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para as medições, foram utilizados termopares fornecidos pelo LEC da Unijuí. Este instrumento é um termômetro digital que permite medir a temperatura interna e externa do ambiente. A temperatura ambiente (IN) possui uma faixa de medição de -10°C a 60°C e a temperatura externa (ON) possui uma faixa de medição de -50°C a 70°C .

5.3 Execução das Paredes

As paredes foram executadas com dimensões de 60x60cm. O levantamento das alvenarias foi efetuado de acordo com as orientações de Ripper (1995), iniciado pelos cantos, obedecendo ao prumo para o alinhamento vertical e o escantilhão no sentido horizontal. O assentamento dos tijolos foi realizado conforme a NBR 8545 (ABNT, 1984) de forma que as juntas ficassem alternadas para garantir maior resistência e assim evitar o cisalhamento vertical dos tijolos.

Concluído o levantamento, foi executado o chapisco. Para a realização do emboço, primeiramente foram fixadas madeiras, que serviram como moldes para delimitar a espessura de 2 cm em ambas as faces das paredes. A argamassa foi aplicada sobre o chapisco com colher de pedreiro. Posteriormente foi realizado o sarrafeamento e o desempenamento para que se obtivesse uma superfície plana e homogênea como recomenda a NBR 7200 (ABNT, 1998).

5.4 Determinação da Transferência de Calor

O ensaio de transferência de calor consiste em medir a condução em cada parede. Ordenes *et al.* (2008) descreve que a propagação de energia térmica por condução ocorre dentro de um material devido à agitação das moléculas, em que a extremidade mais quente transmite o calor para a extremidade mais fria através da colisão entre estas partículas.

O intuito do ensaio foi verificar se a argamassa de revestimento com poliestireno expandido conduz menos energia térmica que a argamassa de revestimento convencional. Este ensaio foi realizado aos 28 e 56 dias de idade.

Primeiramente, foram instalados os três termopares em cada parede e em seguida a câmara térmica foi acoplada na parede de ensaio, de modo que a lâmpada ficasse centralizada com a parede, conforme demonstra a Figura 3.



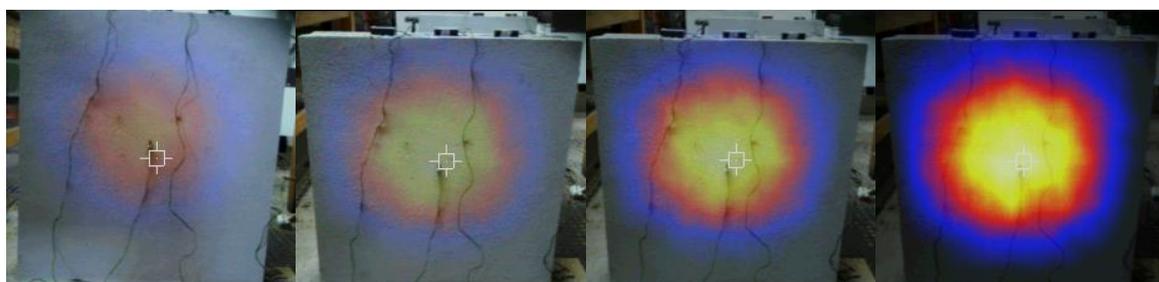
Figura 3: Configuração dos termopares. Fonte: Elaborado pelos autores.

O termopar 1 foi configurado no modo ON, fixado no centro da parede em contato com a lâmpada e mediu a temperatura da face externa da parede. O termopar 2 foi configurado no modo ON, fixado no centro da parede oposta à lâmpada e mediu a temperatura da face interna da parede. O termopar 3 foi configurado no modo IN, não foi fixado e mediu a temperatura ambiente.

A lâmpada foi ajustada em uma temperatura aproximada a 70°C , e foram tiradas leituras dos termopares a cada meia hora, até a temperatura manter-se estável, resultando em um período de doze horas de ensaio.

6 Resultados

A Figura 4 apresenta a transferência de calor para a parede interna ao decorrer do tempo, respectivamente as 3, 6, 9 e 12 horas de ensaio.



a) Ensaio após 3 horas b) Ensaio após 6 horas c) Ensaio após 9 horas d) Ensaio após 12 horas

Figura 4: Ensaio de transferência de calor ao decorrer do tempo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que a propagação de energia térmica aumentou gradativamente com o decorrer do tempo. Isto ocorreu devido à agitação das moléculas, que transferiu calor da face mais quente para a face mais fria, fato explicado e já mencionado por Ordenes et al. (2008). Como esta agitação das moléculas aumenta proporcionalmente com o decorrer do tempo, após 12 horas de ensaio a condução foi maior, como visto na Figura 4.

8.1 Transferência de Calor aos 28 dias

As três paredes receberam um fluxo de calor constante. O comportamento térmico de todas as paredes aos 28 dias de idade pode ser visualizado na Figura 5.

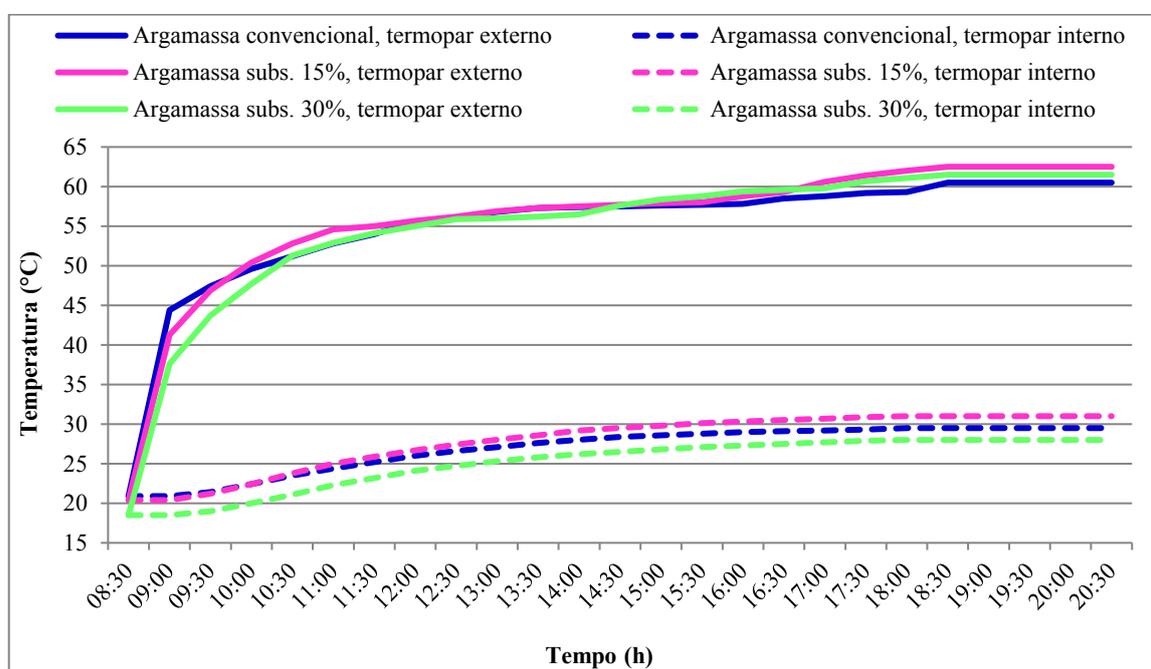


Figura 5: Ensaios de temperatura aos 28 dias. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os termopares fixados na face interna da parede apresentam valores de temperatura inferiores aos lidos na face exposta ao calor. Na Figura 6 estão apresentadas as medidas realizadas na última meia hora de ensaio e as diferenças de temperaturas entre as faces das paredes.

Temperaturas (°C)	Convencional	Subs. 15%	Subs. 30%
Externa	60,50	62,50	61,50
Interna	29,50	31,00	28,00
Diferença ΔT	31,00	31,50	33,50

Figura 6: Diferenças de temperaturas aos 28 dias. Fonte: Elaborado pelos autores.

Através destes resultados é possível se obter valores em percentuais em relação ao desempenho térmico de cada parede. A argamassa com 15% de EPS obteve uma melhoria de 1,61% e a argamassa com 30% de EPS obteve uma melhoria de 8,06%, ambas comparadas à argamassa convencional.

8.2 Transferência de Calor aos 56 dias

A Figura 7 representa o desempenho térmico de cada parede aos 56 dias.

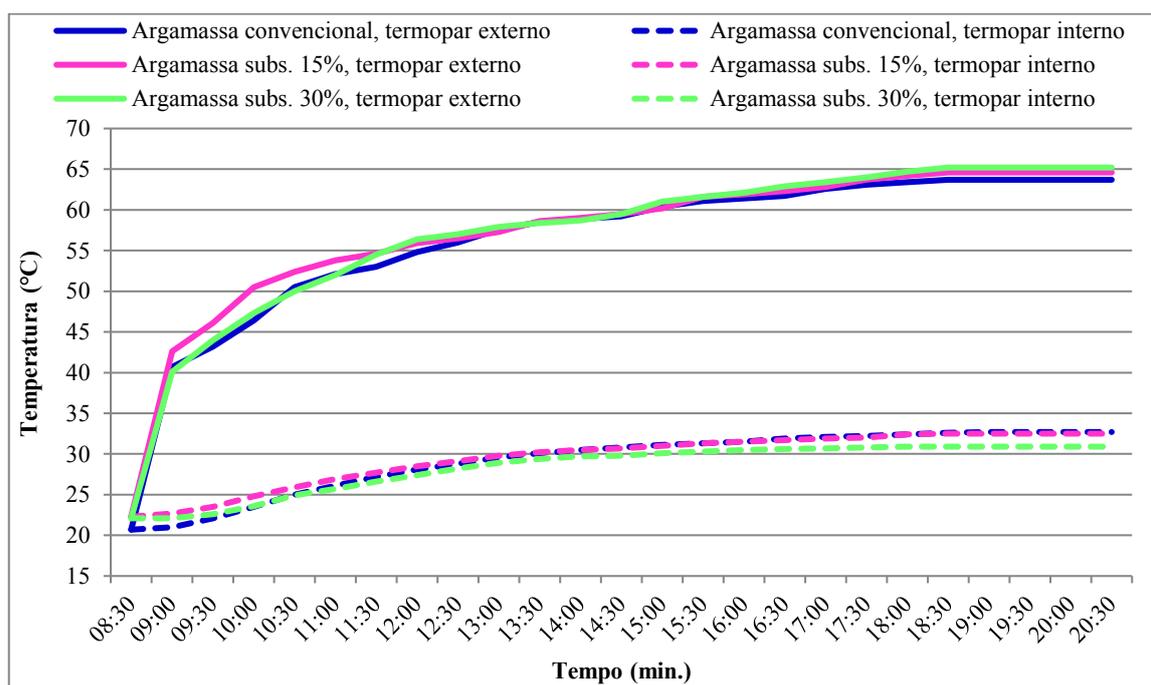


Figura 7: Ensaios de temperatura aos 56 dias. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que novamente as argamassas com poliestireno expandido apresentam melhor comportamento térmico que a argamassa convencional. Na Figura 8 estão demonstradas as leituras realizadas na última meia hora de ensaio e as diferenças de temperaturas entre as faces das paredes.

Temperaturas (°C)	Convencional	Subs. 15%	Subs. 30%
Externa	63,70	64,60	65,20
Interna	32,70	32,50	30,90
Diferença ΔT	31,00	32,10	34,30

Figura 8: Diferenças de temperaturas aos 56 dias. Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparando as argamassas com poliestireno expandido com a argamassa convencional, se obteve resultados satisfatórios de desempenho térmico. A argamassa com 15% de EPS apresentou um aumento de 3,55% e a argamassa com 30% de EPS apresentou um aumento de 10,65%. Valores superiores ao comportamento aos 28 dias.

8.3 Comparativo dos Resultados de Transferência de Calor

Para uma melhor visualização da evolução da transferência de calor das paredes ao longo dos 56 dias, os dados das diferenças de temperaturas entre as faces das paredes foram sobrepostos na Figura 9.

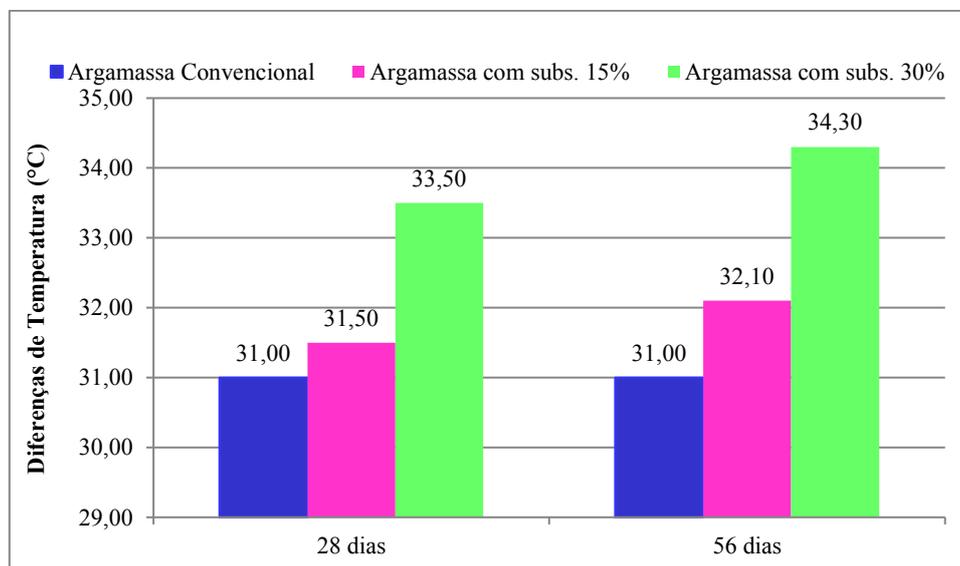


Figura 9: Sobreposição das diferenças de temperaturas nas duas idades. Fonte: Elaborado pelos autores.

Esta Figura demonstra que as argamassas com poliestireno expandido transferiram menor calor para a face interna da parede, pois ao substituir parte da areia por EPS a densidade dos elementos construtivos sofre pequenas alterações, fato explicado por Lamberts *et al.* (2014) que conforme a densidade do material diminuiu a condutividade térmica também é reduzida.

Segundo Bezerra (2003) é evidente que as amostras com maior percentual de poliestireno expandido apresentem resultados de isolamento térmico melhores, devido a maior quantidade de ar presente na composição do material.

7 Conclusão

Ao se utilizar poliestireno expandido como substituinte parcial do agregado miúdo, conseguiu-se atingir resultados significativos com a redução do fluxo de calor, sendo uma alternativa plausível para um melhor isolamento térmico.

De maneira geral, através dos resultados obtidos, pode-se concluir que o emprego do poliestireno expandido na argamassa teve um desempenho positivo. É possível ter viabilidade técnica, mas é necessário um maior aprofundamento sobre o comportamento deste material em substituição ao agregado miúdo natural.

O reaproveitamento de EPS na forma de agregado miúdo pode reduzir o custo de produção da argamassa contribuindo significativamente para a construção sustentável, diminuindo o impacto ambiental causado pelo descarte deste material.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ. 1998. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 2009. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8545: Execução de alvenaria sem função estrutural, de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, RJ. 1984. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland Composto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 1991. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA QUÍMICA. ABIQUIM. EPS – Poliestireno Expandido. São Paulo, SP. 2014. Disponível em: www.epsbrasil.eco.br Acesso em: 23 mai. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. ABRAPEX. Manual de Utilização de EPS na Construção Civil. São Paulo, SP. Pini. 2006. 8p.

BAÍÁ, L. L. M. E SABBATINI, F. H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. São Paulo, SP. O Nome da Rosa. 2002. 83 p.

BEZERRA, L. A. C. Análise do Desempenho Térmico de Sistema Construtivo de Concreto com EPS como Agregado Graúdo. Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como um dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Área: Termociências. Natal, RN. 2003. 64 p.

FIORITO, A. J. S. I. Manual de Argamassas e Revestimentos. 2 ed. São Paulo, SP. Pini. 2009. 236 p.

FROTA, A.B; SCHIFFER, S.R. Manual de Conforto Térmico. São Paulo, SP. Studio Nobel. 2001. 244p.

LAMBERTS, R. *et al.* Eficiência Energética na Arquitetura. 3 ed. Rio de Janeiro, RJ. Eletrobrás/Procel. 2014. 382p.

MATEUS, R. F. M. da S. Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho. Portugal. 2004. 224 p.

ORDENS, M. *et al.* Transferência de Calor na Envolvente da Edificação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFSC. Florianópolis, SC. 2008. 41p.

RIPPER, E. Manual Prático de Materiais de Construção. São Paulo, SP. Pini. 1995. 253 p.

RUPP, R.F. Análise da Transferência de Calor em Paredes Compostas por Tijolo Maciço. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil. Ijuí, RS. 2009. 118p.

TESSARI, J. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, SC. 2006. 102p.

THOMAS, B; ISHIOKA, L. Materiais de Construção – Isolamento Térmico. Laboratório de Construção da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto. Porto, Portugal. 2011. 26p.

Perda de material no Concreto Projetado

Loss of material in Shotcrete

Leila Ferreira Figueiredo, Mestre em Engenharia Civil, UNESA, Niterói/RJ.

leilaff@outlook.com

Paula Fernanda Scovino de C. R. Gitahy, Mestre em Engenharia Civil, PPGEM.

scovino2002@yahoo.com

Brendow Pena de Mattos Souto, Graduando em Engenharia Civil, UNESA, Niterói/RJ.

brendowpena9@gmail.com

Gabriel Bravo do Carmo Haag, Graduando em Engenharia Civil, UNESA, Niterói/RJ.

g_haag@hotmail.com

Isadora Marins Ribeiro, Graduanda em Engenharia Civil, UNESA, Niterói/RJ.

isadora.marins@outlook.com

Resumo

O concreto projetado é muito viável para contenção de encostas, túneis, entre outros. Além de ter uma vantagem econômica, pois não utiliza o sistema de fôrmas. Isto devido ao fato de ser um concreto que é, como o próprio nome diz, projetado na superfície e com a força da projeção se adere a esta. Existem dois tipos de concreto projetado: por via seca e por via úmida, neste trabalho iremos tratar especificamente do projetado por via seca, onde as partículas sólidas encontram a água (e aditivos, se for o caso) somente no bico de projeção. O objetivo é estudar e analisar o desperdício causado pela aplicação do concreto projetado por via seca, que é um de seus pontos negativos, em uma obra de contenção, localizada no município de Niterói/RJ e indicar algumas formas de reutilizá-lo na obra.

Palavras-chave: Concreto Projetado; Via Seca; Desperdício.

Abstract

The shotcrete is very feasible for containment of slopes, tunnels, among others. Besides having an economic advantage, it does not use the system of forms. This is due to the fact that it is a concrete that is, as the name says, projected on the surface and with the force of the projection sticking to the surface. There are two types of projected concrete: dry shot and wet shot, in this work we will specifically deal with the dry shot, where the solid particles find the water (and additives, if any) in the projection nozzle only. The objective is to study and analyze the waste caused by the application of shotcrete, which is one of its negative points, in a containment work, located in the municipality of Niterói/RJ and indicate some ways to reuse it in the work.

Keywords: Shotcrete; Dry Shot; Waste

1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo estudar e analisar o desperdício causado pela aplicação do concreto projetado por via seca, que é um de seus pontos negativos, em uma obra de contenção, localizada no município de Niterói/ RJ e indicar algumas formas de reutilizá-lo.

No contexto brasileiro de sustentabilidade e de contenção em encostas com declividade alta em regiões de comunidades, faz-se necessário um maior estudo dos tipos de contenções, procurando o menos agressivo possível e o mais seguro e ao mesmo tempo demanda uma análise da execução dessas contenções no que refere-se ao uso dos materiais, com foco na utilização desse processo, na aplicação e na perda de materiais durante a execução.

O tipo de estrutura de contenção que vamos analisar nesse artigo refere-se ao concreto projetado em taludes. Esse sistema é utilizado no Brasil desde a década de 60 e hoje vem sendo muito visto sua aplicação nas encostas devido as vantagens de sua execução, são algumas delas, utilização de equipamentos compactos e consequentemente de fácil acesso em obras, e pela grande variedade de aplicações.

O concreto projetado é aplicado na encosta com a projeção do material na superfície do talude. Este já limpo e com a tela de armadura já situada na posição e com as devidas marcações de cobertura. Com a força de projeção o material adere na superfície do talude.

O concreto projetado é dividido pela aplicação do material em dois tipos: o concreto projetado aplicado por via seca (a mistura do cimento com os agregados é conduzida até o bico projetor, onde existe uma entrada de água que é controlada por um operador, mistura com a água na hora do lançamento – ver na Figura 1) e o aplicado por via úmida (mistura do cimento, agregados e água antes do lançamento). O concreto projetado referenciado nesse artigo é por via seca, e podemos ver na Figura 2 parte da encosta onde ele será aplicado.



Figura 1: Bico de projeção, local onde a mistura do cimento com os agregados, mistura com a água.

Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 2: Encosta onde o concreto projetado por via seca será aplicado. Fonte: elaborado pelos autores.

2. Propriedades do concreto projetado por via seca

A utilização do concreto projetado em taludes por via seca vem crescendo muito no Brasil, neste caso a compreensão de suas propriedades, dos métodos de aplicação e do seu desempenho torna-se imprescindível. No tocante a este assunto temos um sistema construtivo que possibilita a contenção de encostas, pois para KADEN em 1981, o concreto projetado pode ser utilizado em áreas remotas por utilizar equipamento ou máquina de projeção. Executa-se de forma mais ágil e segura, mesmo levando-se em consideração que este concreto está sujeito as intempéries por ficar exposto.

É necessário investir no equipamento de projeção, na equipe de projeção, na especificação dos materiais constituintes da mistura para desfrutar das vantagens do concreto projetado. Ao mesmo tempo entender e analisar a dinâmica da reflexão do concreto projetado, a possibilidade de deslocamento, poeira e névoa, homogeneidade, aderência, durabilidade e permeabilidade, (FIGUEIREDO, 1992).

Temos que entender as propriedades do concreto projeto para produzir uma mistura com alta qualidade. Pois FIGUEIREDO, 1992, aponta algumas questões quanto ao seu uso, como: os agregados e o cimento geram uma mistura de qualidade?, os aditivos aceleradores de pega desempenham o seu papel?, a amostragem do concreto projetado (extração de testemunhos) é mais trabalhoso do que retirar corpos-de-prova, o equipamento e a mão de obra estão preparados para executar o concreto projetado? Questões respondidas quando comparamos as vantagens e desvantagens do concreto, principalmente no que tange a superfície a ser projetada e executar os serviços com qualidade.

Como propriedades temos (FIGUEIREDO, 1992):

1. Reflexão: devido a alta velocidade de lançamento do projetado, parte do material não adere a superfície e cai no chão, fenômeno dinâmico.
2. Deslocamento: projeções no teto, onde é necessário a execução de várias passadas do concreto projetado para atingir a espessura desejada.

3. Poeira e névoa: libera a poeira durante a projeção e na hora da alimentação da cuba da máquina de projeção. Gera uma névoa quando o jato de água é expelido pelo bico através do ar comprimido.
4. Homogeneidade: a heterogeneidade do concreto projetado se dá pela oclusão do material refletido, a laminação (formação de faixas alternadas de material de alta e baixa densidade), o efeito “sombra” (vazios por detrás da armadura) e alterações na superfície do material.
5. Aderência: a falta da aderência do concreto projetado a superfície causa o deslocamento.
6. Durabilidade e permeabilidade: quando não se executa limpeza adequada da superfície, espessura insuficiente, cobrimento da armadura inadequado, mistura e aplicação errada.

Essas propriedades podem ser controladas através de mão-de-obra qualificada no manuseio do equipamento e na mistura (traço e agregados), o uso de aditivos, cuidado com a espessura do concreto projetado, atenção com o teor de umidade e limpeza correta da superfície a ser projetada.

2.1 Vantagens

O concreto projetado por via seca apresenta algumas vantagens, como:

- Maior resistência e mais compacto;
- Capacidade de projetar em longas distâncias (ver Figura 3);
- Econômico (com a não utilização do sistema de fôrmas) (TECNOSIL, 2018);
- Rapidez de lançamento;
- Pouca mão de obra no processo executivo, uma vez que lançamento e adensamento constituem uma única operação;
- Facilidade de adesão e ganho de resistência em um período de tempo surpreendentemente curto. (TECNOSIL, 2018)



Figura 3: Concreto sendo projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

2.2 Desvantagens

- Geração de poeira (ver Figura 4);
- Maior perda de material no lançamento (ver Figura 5);
- Maior perda de material que não adere à superfície;
- Qualidade do seu acabamento;



Figura 4: Levantamento de poeira devido a mistura seca. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 5: Desperdício de material devido à não adesão da mistura no talude. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Estudo de Caso

Neste projeto acompanhamos a execução de um concreto projetado já em andamento numa encosta com 2.800 m², localizada no município de Niterói, RJ. Os dados utilizados foram medidos na obra dos dias 05 a 28/11/2018.

A obra em questão alugou um caminhão betoneira para ficar continuamente na obra. Desta forma a mistura dos agregados a seco era realizada na própria obra evitando os atrasos que ocorriam quando a procedência do concreto era das concreteiras locais que abasteciam a obra. Um outro cuidado que o responsável pela obra apresentava era o controle dos agregados que deveriam estar secos. Todo o agregado ficava estocado coberto para evitar as chuvas.

O item água não pôde ser dimensionado durante a sua mistura no bico projetor, pois a caixa d'água que alimentava o sistema era reabastecida continuamente, de forma a evitar que a bomba trabalhasse a seco. Porém, após contato com a concreteira que abastecia a obra, nos foi informado que foi utilizado em média 196 L de água para a resistência especificada no projeto do concreto ($f_{ck} \geq 25$ MPa).

O caminhão betoneira utilizado para misturar os materiais foi o da marca FIORI Série DB460 (Figura 6 e 7). Betoneira auto carregável, muito compacta, ágil e econômica, rendimento de 4,0 m³ de concreto e uma produtividade diária de até 90/100 m³.



Figura 6: Caminhão betoneira DB460 - FIORI. Fonte: FIORIGROUP e Caminhão betoneira da obra. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 7: Caminhão betoneira na obra (Reflexão). Fonte: elaborado pelos autores.

O volume a seco aplicado diariamente no canteiro era dimensionado por caminhão betoneira com um volume de 3,5 m³/caminhão betoneira. Para este volume de concreto projetado a seco, lançava-se no caminhão:

- 30 carrinhos de mão (50 litros) e dimensões de 180 x 580 x 820 mm de areia.
- 10 carrinhos de mão de brita zero.
- 17 sacos de cimento (50 kg).

No projeto estava previsto concreto projetado com tela de aço Telcon Q138, malha 10 x 10 cm e espessura de concreto de 9 cm (Figura 8).

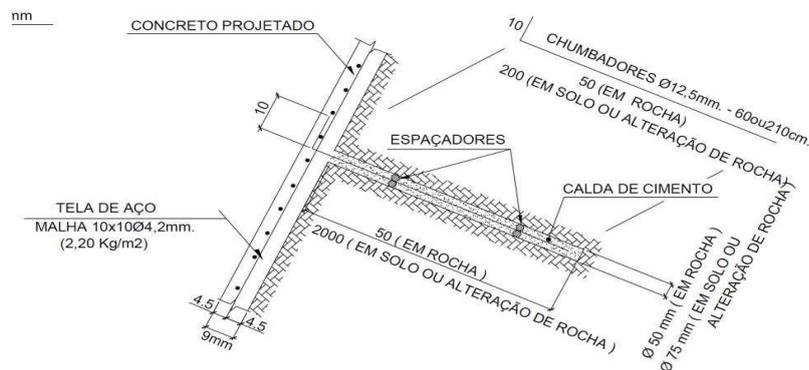


Figura 8: Detalhe do projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

Após os acompanhamentos em obra foi possível aplicar uma tabela de controle de área projetada, conforme pode ser visto na Tabela 1, onde fica perceptível a perda do concreto projetado, que foi da ordem de 40,5% (índice de reflexão).

No Gráfico 1 essa perda fica bem evidente.

DIAS NA OBRA	NÚMERO DE CAMINHÕES DB460		VOLUME DA MISTURA CIMENTO:AREIA:BRITA 0 (m³)	Área de projeto (m²) com espessura de projeto de		Área realizada (m²)	PERDA (%)
	3,5	m³		9	cm		
06/11/18	3		10,5	116,7		36,8	40,5
07/11/18	1		3,5	38,9		12,3	
09/11/18	1		3,5	38,9		12,3	
12/11/18	2		7,0	77,8		31,5	
13/11/18	1		3,5	38,9		12,3	
14/11/18	3		10,5	116,7		36,8	
16/11/18	2		7,0	77,8		24,5	
28/11/18	3		10,5	116,7		36,8	
29/11/18	2		7,0	77,8		24,5	

Tabela 1: Acompanhamento do volume do concreto projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

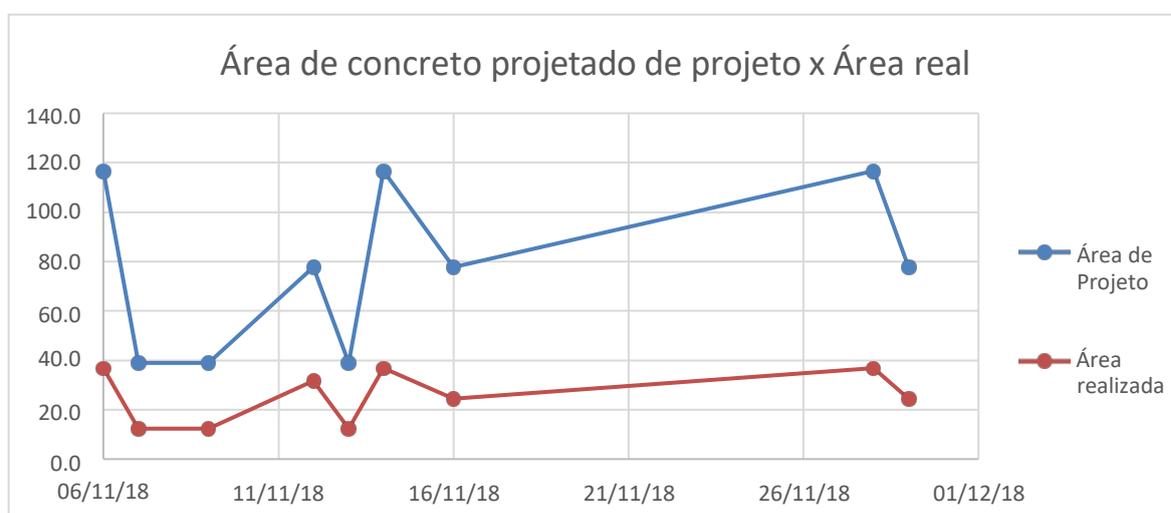


Gráfico 1: Acompanhamento da produção, comparando a área projetada no projeto com a realizada na obra. Fonte: elaborado pelos autores.

O peso total da mistura foi de 984 kg, após utilizar a Equação 1 (FIGUEIREDO, 1992) identificou-se uma massa de material refletido de 399 kg.

$$IR = \frac{MR}{MT} \times 100 \quad (1)$$

Onde, IR = índice de reflexão, MR = massa do material refletido e MT = massa do material projetado.

No caso do lançamento do concreto projetado DER, 2006, diz que:

“Todo início de projeção deve ser feito em painel colocado próximo à região de projeção, de maneira que os ajustes iniciais da mistura não sejam feitos sobre a estrutura. Após esses ajustes pode-se iniciar a projeção do concreto, mantendo-se o jato perpendicular à superfície e na distância estabelecida. Recomenda-se uma distância, entre o bocal de descarga e a superfície a receber o concreto, de aproximadamente 1,0 m, que é a distância onde a reflexão é mínima. A camada do material projetado é obtida através de diversas passagens do jato. A espessura das camadas não deve ultrapassar 150 mm. Em casos excepcionais em que se deva aumentar esse valor, aplica-se em camadas com espessura máxima de 50 mm cada. Em

nenhum caso deve-se ultrapassar a espessura total de 200 mm. A espessura total deve ser obtida com projeção contínua sem que se estabeleça uma junta de concretagem. Durante a projeção, os valores de pressão do ar e da água devem ser mantidos constantes, tanto para evitar aumento de reflexão, quanto para impedir deslocamento do concreto já colocado, o fluxo do material deve ser uniforme; quando isso não ocorrer, o jato deve ser dirigido para local que possibilite a remoção do material até que o fluxo seja normalizado. A projeção de mistura inadequada deve ser removida imediatamente. Toda interrupção da projeção deve ser feita fora da estrutura, em painel colocado próximo à região de projeção. As superfícies verticais ou inclinadas devem ser, na mesma etapa de concretagem, revestidas de baixo para cima, de maneira que o material refletido se deposite sobre superfícies ainda não protegidas. Quando aplicado sobre a armadura, o jato deve ser dirigido para esta com pequena inclinação, de modo a evitar a formação de vazios sob as barras e garantir a aderência com o concreto.” (Figura 9)



Figura 9: Execução do projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

Na mesma especificação técnica temos, uma explicação para a reflexão do concreto que diz que a quantidade de material refletido varia com a posição de trabalho, pressão do ar, consumo de cimento, consumo de água, granulometria dos agregados, uso de aditivos, densidade da armadura, espessura da camada e forma geométrica e experiência do operador do bico de projeção. (Figura 10)



Figura 10: Relexão ocorrendo durante a execução do projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

Os valores usualmente encontrados de reflexão e que servem de referência são os indicados na Tabela 2 abaixo:

Superfície	Via Seca Percentagem de reflexão (% em peso)	Via Úmida Percentagem de reflexão (% em peso)
Pisos	5 a 15 %	5 a 10%
Paredes Verticais e Inclínadas	10 a 30%	5 a 15%
Acima no nível da cabeça	20 a 50%	10 a 25 %

Tabela 2: Reflexão do concreto. Fonte: ARTERIS, 2015.

Na obra em análise temos uma perda de material de 10,5 % a mais que a reflexão. Neste caso identificamos que a perda não é somente por reflexão mas também pela superfície do talude que é irregular em alguns trechos e nos pontos de instalação dos tirantes, como pode ser visto na Figura 11. Nestes pontos não é possível dimensionar as espessuras do concreto projetado, mas pode demonstrar a localização da perda que ocorre a mais do que a esperada na reflexão.



Figura 11: Pontos de concretagem com espessuras superiores a de projeto. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Considerações Finais

Neste artigo reforçamos a facilidade na utilização do método do solo grampeado com face em concreto projetado para obras com taludes inclinados, de difícil acesso e em grandes áreas, devido as vantagens já listadas anteriormente. Nesse trabalho a instalação dos andaimes para a projeção do concreto foi considerado o maior problema da obra, necessitando de uma logística bem elaborada, mas isso fica para um outro artigo.

Fica evidente o grande desperdício de material do concreto projetado, numa faixa de 40% de perda. Esse material refletido não pode ser reempregado na projeção, devido a uma perda de resistência da ordem de 20% a 30% (FIGUEIREDO, 1992), mas podemos reutilizá-lo em outros projetos ou locais na obra que não sejam de utilidades estruturais, como por exemplo o concreto magro realizado no fundo da canaleta no pé do concreto projetado ou como preenchimento de locais menos inclinados no talude, ou outros.

Outro detalhe importante seria a busca por minorar a percentagem de reflexão no lançamento do concreto projetado. Neste caso podemos citar a incorporação de finos (sílica ativa), redução da dimensão do agregado e aumento do teor de aditivos aceleradores, segundo o engenheiro Paulo Fernando A. Silva, gerente da Concremat e professor de engenharia civil da Faap.

Os fatores que determinam a maior ou menor reflexão vão desde o traço do concreto, qualidade dos materiais até as condições de superfície. "O sistema depende totalmente do controle dos materiais e do processo executivo", diz FIGUEIREDO, 1992.

É importante lembrar que o equipamento utilizado também deve ser levado em consideração. A dosagem do concreto e o equipamento utilizado devem ser dimensionados.

5. Referências

- ARTERIS. **Especificação Particular para Execução de Concreto Estrutural. CDT, 2015.**
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14026. **Concreto Projetado – Especificação.** Rio de Janeiro, 1997.
- DALDEGAN, E. **Concreto Projetado: Conheça as principais características. Engenharia Concreta, 2016.** Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/concreto-projetado-conheca-as-principais-caracteristicas/>>. Acesso em 29 de dezembro de 2018.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM, DER. ET-DE-C00/012 – Concreto Projetado - Especificação Técnica. Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. ES-087/2006 – Execução e acabamento do concreto projetado - Especificação de serviço. Espírito Santo, 2004.
- FERREIRA, Sérgio G. **Concreto projetado jatocret.** In: Colóqui sobre durabilidade do Concreto Armado. IBRACON. São Paulo, 1972.
- FIGUEIREDO, Antonio D. **Concreto projetado: fatores intervenientes no controle da qualidade do processo.** Dissertação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.
- KADEN, Richard A.: **Environmental consideration for shotcrete.** Concrete Internacional, Special Issue. USA, 1981.
- KISS, P. **Reflexão: inimiga da produtividade.** Técnica, 1999. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/39/artigo287171-1.aspx>>. Acesso em 29 de dezembro de 2018.
- LUIZ ROBERTO PRUDÊNCIO JR., **Concreto projetado. Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações,** São Paulo, Ed. Geraldo Cechella Isaia, IBRACON, 2005, pp.1227-1257.
- LUIZ ROBERTO PRUDÊNCIO JR. **Concreto projetado. Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo, IBRACON, Ed. Geraldo Cechella Isaia, 2011, pp.1367-1397.
- TECNOSIL. **Concreto projetado: conheça as principais características e vantagens.** Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/concreto-projetado-conheca-as-principais-caracteristicas-e-vantagens/>>. Acesso em 29 de dezembro de 2018.

Análise experimental na construção de telhados verdes extensivos para captação de água com o foco na escolha das gramíneas.

Experimental analysis in the construction of extensive green roofs for water abstraction focusing on the choice of grasses.

Aline Naiara Zito, mestranda, UEM

aline_zito@yahoo.com.br

Luiz Roberto Taboni Junior, mestrando, UEM

Junior_lrt@hotmail.com

Dr. Romel Dias Vanderlei, Professor, UEM

rdvanderlei@uem.br

Resumo

Com o objetivo de se atingir o desenvolvimento sustentável, as cidades têm dado foco aos estudos ligados à construção de áreas verdes. Oportunizando, assim, a redução dos impactos ambientais provocados pela intensa taxa de urbanização. Desta forma, soluções como os telhados verdes têm se destacado por apresentar como benefício a melhoria do microclima urbano. Este trabalho tem como objetivo apresentar a montagem experimental de um modelo de simulação de funcionamento de um sistema de telhado verde, utilizando três tipos de gramíneas como cobertura vegetal. O qual espera-se obter a melhor espécie em termos de higrotérmica, isolamento e resistência mecânica, e menor custo de gerenciamento. Diante deste contexto, concluiu-se que a utilização de telhados verdes é considerado um método promissor, em que é necessário se ter alguns cuidados para se evitar danos a estrutura. Além disso, é de suma importância avaliar o clima da região de instalação do método de telhado verde.

Palavras-chave: Jardim elevado; Gramíneas; Viabilidade.

Abstract

In order to achieve sustainable development, cities have focused on studies of green areas constructions, thus reducing environmental impacts caused by the intense rate of urbanization. Green roofs have been standing out as a solution as they improve the urban microclimate. This paper aims to present the experimental setup of a simulation model of a green roof system using three grasses as a vegetation cover; which is expected to obtain the best species in terms of hygrotthermics, insulation and mechanical strength, as well as lower management costs. In light of this, it was concluded the use of green roofs is considered a promising method, in which care must be taken to avoid damage to the structure. In addition, it is of utmost importance to evaluate the climate of the region where the green roof is to be installed.

Keywords: Elevated garden; Grasses; Viability.

1. Introdução

Os impactos ambientais no meio urbano relacionado ao comportamento antrópico são diversos. As ações destes impactos podem ser amenizadas pela identificação de problemas e execução de métodos adequados de planejamento urbano relacionado com tecnologias sustentáveis (SENANAYAKE, 2013).

Dentre tais métodos apresenta-se a infraestrutura verde, que tem como objetivo proporcionar ao meio urbano uma sensação de equilíbrio e conservação, promovendo desta maneira benefícios de âmbito econômico, social e cultural.

De acordo com Herzog (2010), a infraestrutura verde pode funcionar como suporte para a resiliência das cidades. Outrossim, tal método é compreendido como a capacidade de resposta e recuperação do meio urbano aos prejuízos ocasionados pela exploração dos recursos naturais, urbanização excessiva e eventos climáticos (BENEDICT, 2002).

Uma estratégia de infraestrutura verde é a adequação dos telhados tradicionais, que podem ser totalmente ou parcialmente convertidos em um sistema de camada de vegetação, denominado como telhado verde. O telhado verde é um conjunto de níveis que é constituído por uma membrana de impermeabilização, barreira de raiz, drenagem e camada de vegetação (CASTLETON et al., 2010).

O plantio em telhados é usado principalmente em áreas planas. No entanto, também é possível aproveitar essa técnica em telhados inclinados, desde que medidas adequadas sejam tomadas para garantir a cobertura do telhado. (NIACHOU et al., 2001)

Para Minke (2004), é possível classificar os telhados verdes e suas inclinações. Para telhados de até 3° ou 5% de inclinação, considera-se como telhado plano. De 5% a 35% é chamado de telhado de encosta suave. Aqueles com características de inclinação entre 20° a 40° ou 36% a 84% é chamado de telhado com declive. Acima de 40° ou 84% é denominado de telhado íngreme. (BERNDTSSON, 2010)

Outro fator relevante na produção do telhado verde é o uso das gramíneas. A vegetação adequada para este sistema são as nativas, que possuem características de pouca manutenção e raízes sem grau de agressividade.

Para Durhman (2007), os telhados verdes devem se estabelecer rapidamente, fornecer alta densidade de cobertura do solo e tolerar condições ambientais extremas. Ainda de acordo com o autor, ao utilizar plantas nativas da região tem-se o favorecimento no desenvolvimento da vegetação nativa.

Assim, considera-se que a pesquisa realizada irá estabelecer algumas informações a respeito da junção dos telhados verdes e o reaproveitamento da chuva no escoamento superficial e sub-superficial em uso para fins não potáveis.

Diante desta contextualização, o presente trabalho tem como objetivo realizar a montagem experimental em escala reduzida de um protótipo para simulações de teto verde extensivo. O experimento contará com três espécies diferentes de gramíneas, que tem seu uso indicado para cobertura verde.

2. Materiais e método

O trabalho foi conduzido no Campus Regional de Umuarama/PR, no Centro de Tecnologia (CTC) da Universidade Estadual de Maringá, sob as coordenadas geográficas de 23°46'46" S e 53°19'28" W.

Para a confecção dos componentes da montagem dos exemplares, os materiais utilizados foram: estrutura em madeira; manta asfáltica; canaleta de PVC, para a coleta de águas pluviais; mangueiras de 1/2" de poliuretano; silicone do tipo calhas para calafetação e vedação e tambores tipo PET para coleta de amostras de águas superficiais e de infiltração.

A estrutura para armazenamento e simulação do telhado foi optada pela alvenaria, visto que independe da estrutura (laje, concreto ou madeira). Essa prática é possível de ser executada. Para a confecção do protótipo do telhado verde, a estrutura de madeira foi composta por sarrafos de 7 x 2 cm do tipo pinus tratada; caibros de 7,5 x 7,5 cm e tábuas de 30 x 2 cm.

Para a drenagem de água infiltrada, fez-se uso de três camadas de britas com variadas granulometrias. A classificação das britas foi realizada de acordo com a NBR 7211/2005, sendo utilizada brita 0 e brita 1 (ABNT, 2005).

A escolha da vegetação utilizada levou em consideração sua classificação (se rasteira ou de pouco crescimento) e seu grau de adaptação ao clima da região de Umuarama ou do local de aplicação. Outro fator de elevada importância foi a condição de resistência das gramíneas em relação ao período de incidência solar, temperatura, clima pluviométrico, vento, dentre outros fatores externos.

2.1 Caracterização das gramíneas

O *Arachis Repens Handro*, conhecida como grama amendoim (Figura 1a), se adapta bem aos solos mais ácidos e pouco férteis, não sendo necessário realizar podas periódicas. Seu uso é indicado para combater erosão e bloquear o solo, especialmente em terrenos com ladeiras. Essa é uma cultura importante para o agronegócio, visto que é uma excelente solução para fixar nitrogênio em solos pobres em nutrientes, já que as raízes da grama amendoim conseguem reter esse elemento químico por longos períodos.

Chamada de adubação verde, a técnica de plantar espécies que armazenam nitrogênio no solo beneficia qualquer tipo de produção, adapta-se ao sol, água e sombra, porém não é tolerando ao ambiente seco prolongado. Devendo ser regada a cada dois dias.

O crescimento da grama amendoim é rasteira, atingindo de 20 a 40 cm, com raiz pivotante com no máximo 30 cm de profundidade, suas folhas são miúdas e cedosas, além do seu caule ser ramificado e cilíndrico. No verão, ela apresenta numerosas flores amarelas, já no inverno ela sofre perda de folha, porém no outono elas brotam rapidamente.

De origem oriental, a Esmeralda tem como nome científico, *Zoysia Japonica Steud*, provavelmente, a grama mais difundida no Brasil, entre suas vantagens estão: os baixos índices de infestações de plantas daninhas, a baixa manutenção e a facilidade do plantio. Contudo, esse tipo de espécie não se adapta bem a sombra. A Figura 1b mostra esse modelo de grama.

A grama Esmeralda possui folhas estreitas, pontiagudas e pequenas, oferecendo grande densidade. Esse tipo de gramínea não exige cuidados, visto que seu crescimento é lento e resistente.

Conforme observada na Figura 1c, a grama-coreana – *Zoysia Tenuifolia* – é a espécie rizomatosa mais indicada para jardins condominiais, jardins de empresas e fachadas. As folhas são finas, pequenas e pontudas, formando um tapete macio e com cobertura plana quando bem cuidado.

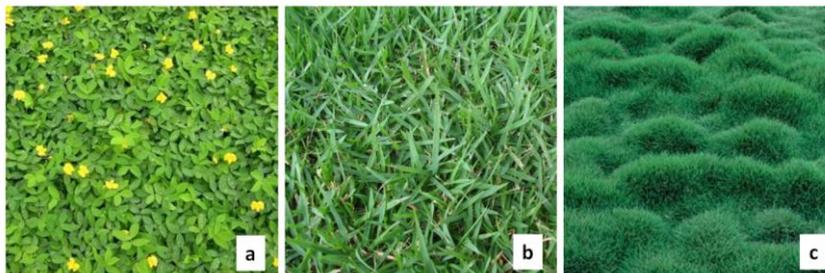


Figura 1: a) *Arachis Repens Handro* b) *Zoysia Japonica Steud* c) *Zoysia Tenuifolia*

Considerando a manutenção das gramíneas, o presente artigo realizou o plantio das gramíneas por meio de placas de grama produzidas para fins comerciais. Essas placas foram introduzidas sobre a base da mistura de substrato e húmus.

Para a execução do plantio da gramínea Amendoim (*Arachis Repens Handro*) utilizou-se mudas de grama plantadas individualmente e espaçadas a 5 cm uma da outra, plantadas em fileira de mudas niveladas com o solo, finalizando com compactação e regagem.

3. Resultados e discussão

Para a captação das águas superficiais foi desenvolvido um tipo de calha, que teve como função transportar o afluente até um orifício de 1mm conforme apresentado na Figura 2a. Durante o período de condução da água na calha foi instalado uma mangueira, que está interligada a um galão de água vedado para não ocorrer infiltração ou evaporação da água, conforme indicado Figura 2b.



Figura 2-a) Calha coletora b) Equipamento de recepção Fonte: elaborado pelos autores.

Já para a coleta da água infiltrada foi construído uma canaleta com perfurações de 1 mm, conforme apresentado na Figura 3a, na qual a água transportada passa por um orifício interligado a uma mangueira fixada a um novo galão.

Em referência à usabilidade do sistema de captação superficial e de água infiltrada, não se verificou adversidades, uma vez que o sistema conseguiu realizar a coleta das águas pluviais. Assim, atingindo o objetivo proposto.



Figura 3 – Coleta de água infiltrada, Fonte?

Concluindo o processo de montagem do sistema, foi instalado as camadas para o protótipo do telhado verde (Figura 4). Iniciando-se com a instalação da manta asfáltica e posteriormente inserindo as camadas de britas, tule de bidim, solo e as gramíneas selecionadas.



Figura 4 – Montagem do Sistema Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A manta asfáltica (Figura 5a), sendo esta industrializada à base de asfalto modificado, foi utilizada para promover a impermeabilização da superfície, obtendo como resultado

que esse tipo de manta protege a construção e prolonga o tempo de vida da obra. Além disso, evita-se a infiltração que pode ocasionar problemas estruturais na edificação.

A instalação da manta asfáltica foi realizada com o auxílio de um maçarico com o lado laminado para cima, em que o asfalto é derretido com as chamas. Deste modo, é possível realizar o processo de colagem na estrutura. Como consequência a manta conseguiu atingir seu objetivo, evitando que ocorresse a infiltração no sistema de telhado verde.

As próximas etapas foram executadas por meio de camadas, sendo a primeira formada por brita grossa, seguida por brita miúda e novamente por brita de maior granulometria, formando assim uma espécie de sobreposição, conforme visualizado na figura 5b, 5c e 5d.

Posteriormente, vinculou-se a aplicação do tule de bidim (figura 5e) para a filtração, visto que esse tipo de manta tem como função drenar a água que escoar sobre o solo.

Acima do sistema plantou-se a vegetação selecionada pela pesquisa, sendo elas: gramíneas Esmeralda (*Zoysia Japonica Steud*), Coreana (*Zoysia Tenuifolia*) e a grama Amendoim (*Arachis Repens Handro*). Conforme indicado na figura 5h.

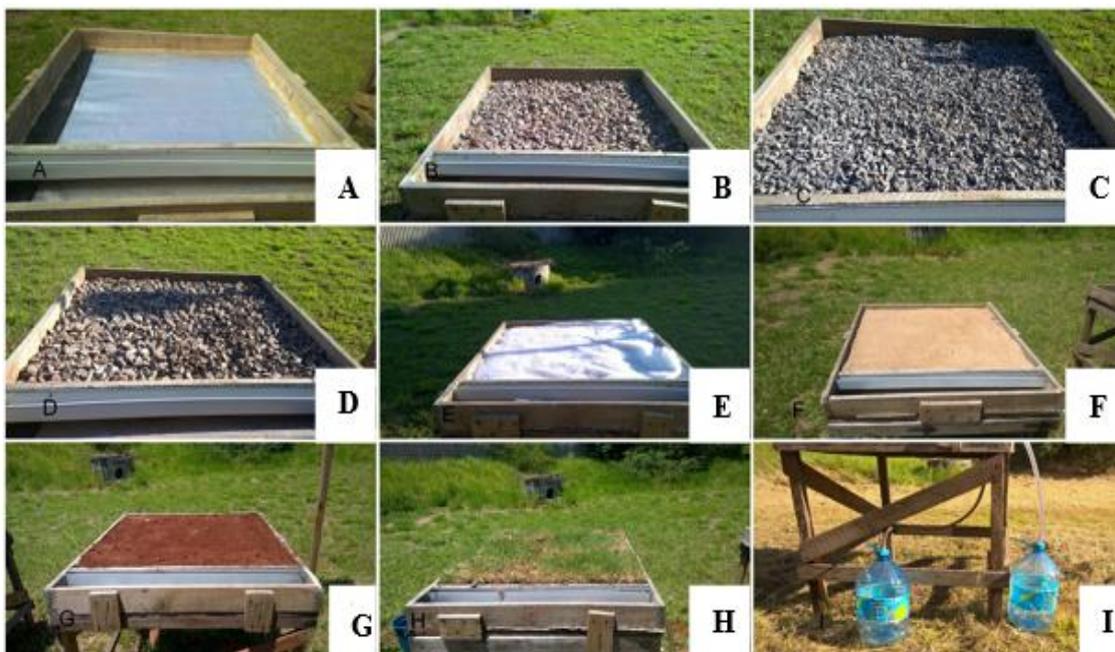


Figura 5 – Montagem experimental Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

A gramínea “Esmeralda” obteve melhor adaptação nos primeiros dias, exibindo altos valores de cobertura e uma rápida taxa de estabelecimento durante a primeira estação de crescimento, que teve uma duração de aproximadamente 4 meses. Já as espécies “Amendoim e “Coreana” não apresentaram capacidade de cobrir inicialmente grandes áreas, durante o período de realização da pesquisa. Além disso, demonstraram baixa resistência à temperatura e à exposição solar, que é intenso na região de estudo.

Como recomendação sugere-se que se desenvolva mais testes em relação à utilização das gramíneas como cobertura de telhado verde. O período recomendável é de um ano, a fim de abranger as quatro estações na região, sendo possível delinear resultados sobre o comportamento de cada espécie de grama em períodos diferentes.

Entretanto, nos testes iniciais ficou perceptível que as gramíneas da espécie Esmeralda conseguem se adaptar melhor ao clima da região de Umuarama – PR. Apesar disso, seu crescimento em relação a gramínea coreana e amendoim é inferior.

No que tange a precipitação pluviométrica, é necessário ressaltar que a região conta com um período de baixa precipitação pluviométrica. Tal período é compreendido de junho a agosto. Deste modo, para manter o desenvolvimento do telhado verde, é necessário produzir um sistema básico de irrigação ou criar uma área de armazenamento das águas pluviais.

O reservatório que receberia essa água pluvial teria que ser vedado para evitar a proliferação de algas e a entrada de insetos, garantindo assim a utilização do fluido de modo seguro.

4. Conclusão

Diante dos resultados expostos, conclui-se que a produção de telhado verde como atribuição para a captação da água da chuva, exige estudos e precauções nos tipos de gramíneas e o clima do local em estudo.

Das espécies examinadas neste estudo, destaca-se a gramínea Esmeralda (*Zoysia Japonesa*) que obteve resultado promissor, com desenvolvimento satisfatório nas primeiras idades e melhor resistência a alta temperatura.

Com a análise dos resultados, recomenda-se, investigar a camada dos substratos, visando um aumento da profundidade de pelo menos 2,5 e implantação de sistema de irrigação em períodos de seca.

REFERÊNCIAS

BERNDTSSON, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality : A review. **Ecological Engineering**, v. 36, n. 4, p. 351–360, 2010.

BENEDICT, M., & McMahon, E. Green Infrastructure - Smart Conservation for the 21st Century. **The Conservation Fund**, 2002.

CASTLETON, H. F. et al. Green roofs ; building energy savings and the potential for retrofit. **Energy & Buildings**, v. 42, n. 10, p. 1582–1591, 2010.

CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infraestrutura Verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. Paisagem e ambiente: ensaios. São Paulo: **FAUUSP**, n. 25, p.127-142, 2008.

DURHMAN, A. K; ROWE, D. B.; RUGH, C. L. Effect of substrate Depth on initial growth, coverage, and survival 25 succulent green roof plant taxa. **Hortscience** v. 42, n.3, p. 588-595, 2007.

HERZOG, Cecília Polacow; ROSA, Lourdes Zunino. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LabVerde**, FAUUSP, São Paulo, n.1, out. 2010, p.91-115

HONG KONG. Study on green roof application in Hong Kong. 16 de fevereiro de 2007. **Urbis Limited**. Final Report.

NASCIMENTO, Wania Cruz do; FREITAS, Maria do Carmo Duarte, BENEDICT; SHMID, Aloisio Leoni. Coberturas verdes - A Renovação de uma idéia. **XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Fortaleza, out. 2008.

NIACHOU, A. et al. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its **energy performance**. v. 33, p. 719–729, 2001.

SENANAYAKE, I. et al. Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM data. **UrbanClimate**, v.5 p. 19-35, 2013.

TOMAZ, P. **Telhado Verde**. 2005. Disponível em: <<http://bit.ly/1J3VmGR>> . Acesso em: 20 dez 2018.

VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs : A critical review on the role of components , benefits , **limitations and trends**. v. 57, p. 740–752, 2016.

Reutilização de Paletes para mobiliário, um estudo de caso

Reuse of Pallets for furniture case

Renata Maria de Araújo Campos, graduanda em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM

renatacampos26@hotmail.com

Jussara Socorro Cury Maciel, Doutora em Engenharia de Transportes, IFAM e Serviço Geológico do Brasil - CPRM

jussaracury7@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como premissa analisar a reutilização do palete para mobiliário residencial e peças decorativas, acompanhando um 'case' de uma pequena empresa do setor de artesanato, que por iniciativa própria adotou o palete como insumo principal para composição de peças de decoração e mobiliário. A utilização da madeira pinus, proveniente de paletes na fabricação de móveis e peças de decoração para diversos fins, evita que essa madeira seja descartada de forma inadequada ao meio ambiente. Este sistema de reaproveitamento da principal matéria prima utilizada na confecção das peças, torna a proposta da marcenaria sustentável, gerando móveis de qualidade, com custo relativamente baixo quando comparados a outros materiais. O presente trabalho baseia-se em no estudo de caso da Miss Paletes, uma pequena empresa, situada na cidade de Manaus e composta pela parceria entre duas artesãs e dois marceneiros. Em quatro meses de vida, essa iniciativa já reaproveitou em torno de 2.800kg de madeira pinus proveniente de paletes, mostrando que com criatividade é possível dar novos encaminhamentos a esses resíduos.

Palavras-chave: Paletes; Reaproveitamento; Marcenaria sustentável

Abstract

This work has as a premise to analyze the reuse of the pallet for residential furniture and decorative pieces, accompanying small company in the handicraft sector case, which on its own initiative adopted the pallet as the main input for the composition of decoration and furniture pieces. Coming from a pallet in the manufacture of furniture and decorative pieces for different purposes, this pine wood use avoid inadequately the wood dispose to the environment. This main reutilization system raw material used in the making of the pieces, makes the proposal of the woodworking sustainable, generating quality furniture, with relatively low cost when compared to other materials. The present work is based on the case study of Miss Pallets, a small company, located in Manaus City and composed by the partnership between two artisans and two woodworkers. In four months of life, this initiative has already reused around 2,800kg of pine wood from pallets, showing that with creativity it is possible to give new directions to this waste.

Keywords: Pallet; Reuse; Sustainable woodworking

1. Introdução

Os setores da construção civil e decoração de ambientes empregam muitos materiais em seus processos, dentre os quais se destaca a madeira, que para o setor da construção, ainda é comum o uso de peças de madeiras para os escoramentos, sem o devido cuidado para seleção e reaproveitamento, com previsão de descarte das peças na maioria das obras de menor porte. Já o setor de decoração, tem utilizado subprodutos da madeira com peças laminadas, serradas, aglomeradas e resinadas como parte integrante e necessária no mobiliário e ambientação de cômodos em geral. Todavia, o fornecimento desses materiais, na maioria dos casos, não considera a reutilização de peças confeccionadas para outras finalidades.

Quanto ao porte das empresas e o uso da madeira, Coutinho *apud* Cassilha *et al* (2004) relatam que as pequenas e médias empresas, em sua maioria, utilizam a madeira maciça como matéria-prima para a fabricação de seus produtos. Já as grandes empresas, a utilização do MDF vem aumentando a participação, ocupando o lugar das chapas de aglomerado tradicionais.

A indústria utiliza as peças de madeira e seus subprodutos para ancoragem e embalagem de equipamentos e produtos, por várias razões, tais como custo, resistência das peças, facilidade de fornecimento, transporte, armazenagem e eventual descarte. Dentre os materiais usados pelo setor, destaca-se o palete. Para Logipallet *apud* Araujo (2018) os paletes são peças, tipo um estrado de madeira, que também pode ser confeccionado em metal ou plástico e que tem a finalidade de servir na movimentação de cargas como elemento de otimização logística.

Ballou *apud* Ferreira *et al* (2017) considera o palete uma plataforma portátil, feita geralmente de madeira, no qual os bens são empilhados para o transporte e a estocagem. A paletização ajuda a movimentação por permitir o uso do equipamento mecânico padronizado de manuseio de materiais em uma ampla variedade de produtos. Para a Revista da Madeira (2010) o palete funciona como uma ferramenta que permite levar uma carga de um ponto a outro em segurança com rapidez e praticidade. A indústria apresenta uma grande demanda, e que provavelmente qualquer empresa que tenha a necessidade de transportar cargas com regularidade precisa, de uma forma ou de outra, utilizar algo que permita racionalizar esse movimento, e o palete é esta ferramenta.

Os paletes ou estrados de madeira, utilizados anteriormente para transportar mercadorias pesadas, estão, cada vez mais, sendo incorporados na decoração de interiores das habitações e nas áreas externas. Essa alternativa possibilita uma infinidade de opções para criar móveis de forma sustentável, por meio de um reaproveitamento criativo (Scortegagna *et al*, 2018).

Para Araujo (2018), os paletes após o término do ciclo de vida desse produto, ele é descartado ou incinerado, mas pode ser reaproveitado para reciclagem, após devidamente tratado, na confecção de mobiliários como mesinhas de centro, painéis, sofás, cabeceiras e estruturas de camas, sapateiras, bancadas, deques dentre outros, sendo, dessa forma, uma das mais novas tendências do mercado.

O Brasil consome e descarta, anualmente, cerca de 3 milhões de paletes de madeira, após o término da vida útil desse material as empresas se depararam com a dificuldade de dar uma destinação adequada ao mesmo. Assim, a reutilização de paletes de madeira na confecção de mobiliário vem ganhando cada vez mais destaque, por esta ser considerada

uma ação sustentável que contribui na gestão de resíduos sólidos, por ser uma excelente alternativa em termos de inovação e praticidade, além de permitir uma melhor inserção de aprendizes e profissionais no mercado de trabalho, de modo a gerar mais empregos e renda para a população (Rodrigues *et al*, 2017).

Ferreira *et al* (2017) destacam que foram encontradas novas utilidades para o palete, podendo empregar seu uso em áreas como a decoração de ambientes, permitindo que se torne ainda mais significativo, pois é flexível para desempenhar mais de uma função. Com os paletes podemos criar diversos objetos de mobiliário, como por exemplo: sofás, estantes para sala, bancos, mesas de centro para sala, suportes para vasos ou utensílios de cozinha, suportes para TV, etc.

Matos e Dias (2015) afirmam que o descarte da madeira é questão pouco considerada nos processos que envolvem o uso da mesma. Em geral, os seus resíduos são considerados de baixa valia e invariavelmente depositados em aterros na maioria das cidades. O palete é um desses materiais que são descartados desordenadamente e misturados a outros materiais (metais, plásticos, fibras), sendo que é crescente o descarte de paletes, por indústrias e empresas em Manaus.

Neste sentido, o objetivo desse artigo é analisar a reutilização do palete para mobiliário residencial e de escritório, acompanhando um ‘case’ de uma pequena empresa do setor de artesanato, que por iniciativa própria adotou o palete como insumo principal para composição de peças de decoração e mobiliário.

2. Metodologia

Parte da metodologia utilizada nesse trabalho foi a revisão bibliográfica, sendo que um dos primeiros materiais consultados foi a Revista da Madeira em diferentes edições, que destacam o uso do palete, tornificação, fabricação com ponteiras e resíduos, e também as possibilidades de reutilização, aproveitando as possibilidades das peças que seriam descartadas para outras finalidades. Durante a busca por materiais de consulta nessa linha foram encontrados ‘sites’ e páginas de redes sociais com anúncios de pequenas empresas na área de artesanato e mobiliário que utilizam o palete como principal material para composição e desenvolvimento de peças voltadas para um público interessado em produtos sustentáveis e diferenciados.

Desta forma, houve, também, a necessidade de acompanhar uma situação prática sobre o tema, foi então realizado o acompanhamento de uma empresa que desenvolve peças decorativas e mobiliário utilizando paletes. Esse estudo de caso, objetivou além de entender o processo de seleção do material, corte, montagem, projeto e divulgação dos produtos, como também as motivações de quem empreende e daqueles que adquirem os produtos.

No relato de Rodrigues *et al* (2017), o palete de madeira é uma plataforma construída na posição horizontal, cuja madeira utilizada na sua fabricação é, basicamente, proveniente de plantios florestais de Pinus e de Eucalyptus.

A empresa analisada utiliza o Pinus, que de acordo com Husqvarna (2016) é considerada uma madeira de boa trabalhabilidade e tratamento, é fácil de desdobrar, aplainar, desenrolar, lixar, tornear, furar, fixar e colar e permite bom acabamento. Em função disso, tem suas principais aplicabilidades na construção civil, na produção de ripas, partes secundárias de estruturas, cordões, guarnições, rodapés, forros, lambris, pontaletes,

andaimos e formas para concreto. No entanto, o manejo do pinus merece atenção, uma vez que a árvore é catalogada como de reflorestamento.

O quadro 1 apresenta as principais características dos paletes para a reutilização em outras finalidades.

Quadro 1: Características desejáveis e que motivam a opção pelo Pallet. Fonte: Adaptado pelas autoras.

Característica	Função/descrição	Observação
Leveza	Facilidade na mobilidade das peças.	O Pinus é uma madeira leve (Husqvarna, 2016).
Disponibilidade e custo	Material de fácil aquisição.	Os paletes seriam descartados, tem baixo custo
Formato	Hexagonal com maior comprimento de 1,95m.	Possui estrutura reforçada, com tocos centrais de 1,95m de comprimento, 0,14m de altura e 0,09m de largura.
Tratamento das peças	Retirada de pregos, passagem na plaina para limpeza posteriormente fatiamento na serra circular.	A maciez do pinus facilita as etapas de tratamento.
Colagem	União das peças de modo a formar peças maiores e únicas.	A colagem é a mais eficiente e segura forma de unir duas peças de madeira de forma definitiva (Gonzaga, 2006)
Resíduos	Parte dos resíduos (serragem) é doada para granjas.	Representam aproximadamente 3% do total da madeira utilizada na produção.
Cor	Para visualizar os raios e nós das madeiras.	Cores claras são características do Pinus.
Durabilidade	Sujeita a exposição.	Após aplicação de verniz específico, pode ficar exposta.

A Figura 1 apresenta um fluxograma das etapas do processo de seleção, fabricação, projeto e montagem das peças. As etapas desde a seleção da matéria-prima até entrega dos móveis são divididas em 4 fases. A fase 1 caracteriza-se pela seleção e aquisição das peças junto ao fornecedor. A fase 2 é de suma importância, é quando ocorre a negociação com o cliente, nesse momento são definidas todas as características da peça, tais como dimensões, detalhamentos e acabamentos. Com todas as informações devidamente definidas, o projeto segue para orçamento. Para que as fases 3 e 4 aconteçam, é necessário que o orçamento seja aprovado pelo cliente, o que nem sempre ocorre. Em caso positivo, a fase 3 caracteriza-se pelo início da execução, com a devida limpeza e fatiamento das peças, corte, colagem, fixação e acabamento com aplicação de selador e verniz. A fase 4 é a entrega da peça ao cliente, quando ocorre a necessidade de instalação, o serviço também é executado.

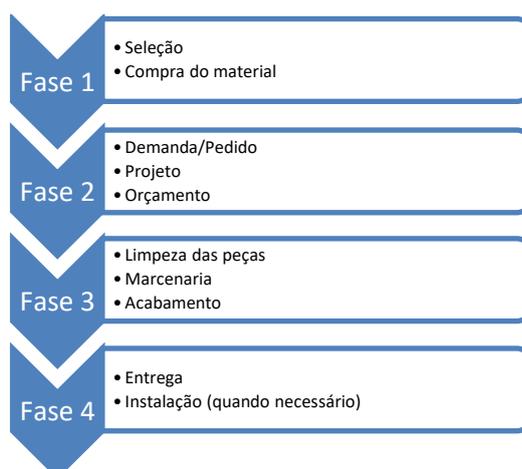


Figura 1. Fluxograma das fases do negócio. Fonte: Autoras.

3. Estudo de Caso: Miss Palette

A iniciativa das artesãs em divulgar as peças prontas em uma plataforma de rede social chamou atenção para a pesquisa, uma vez que em Manaus, ainda são poucos empreendedores na área de reutilização de peças em madeira, ainda mais escasso na área de palete, mesmo com todo chamamento ambiental para região, uma vez que o mercado ainda incentiva o comércio de peças novas em madeira.

A Miss Palette é uma pequena empresa com 4 meses de atividade, especializada em mobiliário e peças de decoração utilizando o palete como base, consiste na parceria entre artesãs e marcenaria. As encomendas das peças são feitas inicialmente por contato via internet, normalmente via direct (Instagram) ou WhatsApp, em situações mais complexas pode ocorrer a visita à casa do cliente, no intuito de realizar medições e captar informações pertinentes sobre o projeto requerido. O portfólio dos produtos está disponível no Instagram, através do endereço @misspalette.

O início das atividades deu-se pela contratação dos serviços de uma marcenaria, que não foram realizados, na ocasião a marcenaria contratada descumpriu todos os prazos de entrega, na tentativa de reaver o valor pago, em negociação com o artesão, foi sugerido que as clientes assumissem a equipe de marcenaria, que estava parada desde a desistência da empresa anterior. Motivado por essa oportunidade inesperada de empreender e contribuir de alguma forma para o meio ambiente, por meio da utilização de paletes na produção de bens duráveis, surgiu a Miss Palette.

A Miss Palette compra as peças dos paletes de 1,95m de comprimento, 0,14, de altura e 0,09m de largura, no ato da compra é feita a seleção das peças e encaminhadas para a marcenaria, onde ficam reservadas aguardando demanda para serem devidamente limpas e utilizadas para execução. Para evitar o particionamento do material, além do necessário, somente após a captação de clientes e a definição dos projetos encomendados, a marcenaria inicia a limpeza e fatiamento das peças que serão utilizadas (Figuras 2 e 3).



Figuras 2 e 3: Peças selecionadas, fase de seleção e preparo dos Paletes. Fonte: Autoras

O primeiro passo para a início limpeza é a retirada dos pregos, as peças de palete costumam vir com uma grande quantidade de pregos fixadas em sua estrutura, posteriormente, as peças passam por um equipamento chamado plaina, essa máquina possui facas instaladas na superfície da sua mesa que desgastam uma camada de 0,5cm de cada lado da peça, reduzindo a altura de 0,14m para 0,13m, e a largura de 0,09m para 0,08m, deixando a peça bem limpa e bem diferente do momento da sua chegada à marcenaria. Essa camada de 0,5cm retirada de cada lado sai em formato de serragem graúda, que posteriormente é doada para utilização em granjas. Após aplainar, as peças de palete são fatiadas na serra circular de bancada, normalmente ficando com espessura de 0,02m, podendo variar conforme necessidade do projeto. Com peças fatiadas em tábuas (Figura 5), inicia-se a colagem dessas tábuas de modo a garantir uma peça única e maior, após a colagem, a nova peça é lixada para retirar o excesso de cola nas emendas, garantindo que as mesmas fiquem quase que imperceptíveis. Com as peças devidamente beneficiadas e coladas, os móveis começam a ganhar forma de maneira bem particular, visto que isso depende muito do projeto está sendo executado. A descrição das etapas e as ilustrações destas podem ser verificadas no Quadro 2.

As etapas acima descritas podem sofrer alterações quanto à colagem, pois nem todas as peças necessitam ser coladas, como é o caso da fabricação de camas estilo montessorianas, painéis para festas, jardim vertical, dentre outros. A última etapa da fabricação caracteriza-se pelo acabamento, nesse momento, as peças são seladas, utilizando um produto chamado selador, que é responsável por fechar os poros da madeira servindo de proteção e espera para o recebimento do verniz. Normalmente a peça é lixada com a utilização de uma lixa fina para acabamento e em seguida é dada a primeira demão de selador, então recebe mais um procedimento de lixa fina e a segunda demão de selador, para então receber a última etapa do processo. O verniz que é aplicado com pistola e compressor, para garantir uma camada mais uniforme e sem marcas de cerdas, caso fossem utilizados pincéis. O verniz utilizado é de característica extra rápida, o que garante uma secagem em aproximadamente uma hora, driblando a alta umidade Amazônica que interfere diretamente na secagem do mesmo.

Quadro 2: Descrição detalhada do processo produtivo na Miss Paleta. Fonte: Autoras.

Descrição do processo produtivo	Ilustração do processo
<p>Logo que os tocos de palete chegam à marcenaria, ocorre a retirada dos pregos, em seguida os mesmos são organizados para o uso.</p>	
<p>Os tocos são passados na plaina, onde desgastam 0,5cm de cada lado. Em seguida, os tocos são fatiados na serra circular.</p>	
<p>Depois de fatiadas, as peças são cortadas na serra circular em tamanhos diversos para atender a necessidade do projeto.</p>	
<p>Em alguns casos, após o fatiamento as peças precisam passar por uma lixa grossa antes do início da colagem.</p>	
<p>As ripas produzidas com o fatiamento dos tocos, após devido dimensionamento passam pelo processo de colagem para a obtenção das peças maiores. A cola utilizada no processo é a de secagem extra rápida, que permite a conclusão da colagem em 60 minutos (exceto em dias chuvosos, quando o tempo de secagem sobe para 24 horas).</p>	

Continuação do Quadro 2: Descrição detalhada do processo produtivo na Miss Palette.
Fonte: Autoras.

Descrição do processo produtivo	Ilustração do processo
Amarração feita na peça para garantir a perfeita união durante a colagem	
Após colagem, o tampo ao lado será utilizado para confecção de uma mesa circular. A peça será cortada no formado circular com a utilização da serra tico tico, em seguida será utilizada uma massa para tampar todos os furos provenientes dos pregos existentes nos paletes.	
Mesa pronta para entrega.	

Apesar de pouco tempo de vida, a Miss Palette já possui mais de 2.800 seguidores no Instagram, um número relativamente significativo, que demonstra uma boa recepção do público em relação ao que é produzido, visto que essa rede social é o ponto chave de exibição e mostruário das peças.

Segundo pesquisa das artesãs, a procura das peças em paletes são motivadas pelas razões a saber: i) 70% dos clientes que entram em contato por necessidade de um móvel, munidos de fotos ou projetos; ii) 20% imaginam o que querem, mas não imaginam como poderiam executar suas ideias; iii) 10% aceitam sugestões para atender suas necessidades. Para garantir que o cliente tenha noção integral do que está por contratar, utiliza-se o auxílio do software Sketchup, que proporciona desenhos em 3D, garantindo a visualização e melhor compreensão do ambiente como um todo (Figuras 4 e 5).

A título de ilustração, um móvel em palete, com 20 cm de espessura, custa R\$1.000,00, já em MDF, a estrutura seria em 15 mm com tamponamento de 18 mm, os orçamentos nesse material variam entre R\$1.500,00 e de R\$2.100,00 para as mesmas dimensões e detalhes do móvel.



Figura 4: Projeto em desenho e peça depois de pronta. Fonte: Autoras.



Figuras 5: Projeto em desenho e peça depois de pronta, modelos diversos. Fonte: Autoras.

Quadro 3: Pontos positivos x Pontos negativos, segundo as artesãs da Miss Palete. Fonte: Autoras.

Pontos positivos	Pontos negativos e/ ou dificuldades do negócio
Proporcionar aos clientes a execução de mobiliários resistentes e duráveis por um preço relativamente acessível quando comparado à alguns outros materiais.	Devido à necessidade da solicitação de 50% para início dos serviços e pelo fato de existirem pessoas trabalhando no setor agindo de má fé, as primeiras negociações com alguns clientes tornam-se um pouco trabalhosas, visto que paira a insegurança ou trauma causados por alguma outra experiência anterior.
Contribuir para o meio ambiente e ao mesmo tempo integrar decorações.	Encontrar mão de obra qualificada para realizar pintura dos móveis, o que algumas vezes é solicitado pelo cliente.

São inúmeros os fatores que levam os clientes a procurarem os móveis da Miss Palete, dentre eles, destacam-se:

- ✓ leveza e maciez característica da madeira pinus;
- ✓ preocupação e em alguns casos até mesmo orgulho em ter um móvel fabricado com madeira de reaproveitamento;
- ✓ beleza peculiar do pinus, que caracteriza-se por seu tom claro, deixando bem expostos os raios e nós da madeira;
- ✓ durabilidade, visto que envernizada com material próprio, a madeira pode tranquilamente ficar exposta à intempéries da natureza sem perder sua qualidade;
- ✓ custo relativamente baixo quando comparado com madeira de lei ou MDF;
- ✓ possibilidade de se trabalhar como uma marcenaria criativa, dando asas à imaginação e proporcionando a criação de peças diferenciadas.

4. Conclusão

Por meio da pesquisa realizada e acompanhando as atividades de uma empresa que reutiliza palete como matéria-prima principal para desenvolvimento de mobiliário e peças de decoração na cidade de Manaus verifica-se que há uma crescente demanda de projeto e fabricação de peças em palete, tornando esse tipo de móvel cada vez presente em diversos ambientes tanto residenciais quanto comerciais.

Apesar de todo o trabalho necessário para beneficiar a madeira, o processo produtivo não apresenta altos custos e não requer maquinários especiais, ademais, percebeu-se que é possível executar todos os serviços exigidos na fabricação dos móveis, com baixo investimento, quando comparado aos benefícios ambientais gerados.

Analisando os dados da Miss Palete, verificou-se que aproximadamente 2.800 kg de madeira foram reaproveitadas em apenas 4 meses de vida, considerando que, cada peça de palete pesa em torno de 7kg e já foram compradas 8 carretas com 50 peças cada, tais números são bastante positivos, representando uma média de 700kg por mês de madeiras que com o reaproveitamento ganharam usos duráveis, evitando o descarte inadequado ou até incinerações. Deste modo, o estudo permitiu constatar que é perfeitamente viável

produzir mobiliário de qualidade, respeitando um padrão estético, e ainda praticar o reaproveitamento dos resíduos dos paletes, incentivando a sustentabilidade nos mais variados segmentos.

Referências

ARAÚJO, L. M. Reaproveitamento de material para emprego em design de interiores residenciais. Relato de Experiência. In: *DêCiência em Foco*. 2018, 170-189 p.

CASSILHA, C. A.; PODLASEK, L. C.; CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; SILVA, M.C.; MENGATTO, S. N. F. (2004). Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. Disponível em <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutec-ct/issue/view/57>>. Acesso em 27 de dezembro de 2018.

FERREIRA, F.A.; RUIVO, L.G.W.; LOPES, R.P.S.; BIAJONE, J. Unitização de Cargas. In: *Revista Perspectiva em Educação, Gestão & Tecnologia*, V.6 N.12, julho-dezembro/2017, 12p.

GONZAGA, A.L. Madeira: Uso e Conservação. Brasília, DF: IPHAN/Monumenta. 2006, 246p.

HUSQVARNA. As principais madeiras brasileiras e possibilidades de uso. E-book. Ano I - Janeiro de 2016 – n. 8. Disponível em: www.mundohusqvarna.com.br.

MATOS, F.A.; MÁXIMO, F.H.D. Reutilização através do design sustentável de paletes de madeira na produção de mobiliário. In: *VII Fórum Bienal de Pesquisa Em Artes*. Belém – Pará. PPGARTES/ICA/UFPA. 2015, 78-82 p.

REVISTA DA MADEIRA. Paletes – Fundamentais na cadeia logística. Edição n.124, Junho de 2010.

RODRIGUES, B. V.; OLIVEIRA, V.S.O.; OLIVEIRA, N.A.; OLIVEIRA, L.A. Reutilização de paletes de madeira na fabricação de mobiliários e objetos decorativos. In: *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*. V.9, n.7, 2017, 4p.

SCORTEGAGNA, E. M.; MIGOTT, A.M. B.; FOSCHIERA, E. M. Reaproveitamento de paletes na produção de mobiliário alternativo. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/158546>>. Acesso em 27 de dezembro de 2018.

Hidroeletricidade: geração de energia por meio de balsas em rios com grande vazão

Hydroelectricity: power generation through ferries in rivers with big flow rate

Klirssia Matos Isaac Sahdo, estudante de Engenharia Elétrica, Universidade do Estado do Amazonas.

Kmis.eng17@uea.edu.br

Jussara Socorro Cury Maciel, professora doutora, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas.

Jussara@ifam.edu.br

Resumo

A geração de energia sustentável tem sido uma pauta mundialmente discutida com ênfase à energia renovável. Este artigo tem como objetivo sugerir a implantação de uma Balsa Geradora de Energia em um rio de grande vazão de forma limpa. Na região norte do Brasil, os rios e afluentes geralmente tem velocidade de correnteza baixa às margens, mas longe das margens pode alcançar mais de 2 m/s, capaz de mover turbinas hidrocinéticas na conversão de energia mecânica em potencial elétrica. A fim de se sugerir um esquema desse sistema, analisou-se um trecho de rio quanto a sua velocidade e potencial de uso, além dos modelos de turbina existentes no mercado favoráveis à inserção na plataforma. Com a análise, gerou-se um esquema de Balsa Geradora de Energia e levantou-se sua viabilidade de implementação, ressaltando-se suas vantagens e propostas de utilização. Torna-se relevante o estudo desse caso, visto como uma alternativa ainda não explorada, uma inovação capaz de sustentar populações isoladas e precárias de eletricidade.

Palavras-chave: Energia Renovável; Conversão de Energia; Energia Limpa; Inovação

Abstract

Sustainable energy generation has been an internationally discussed agenda with a focus on renewable energy. This paper aims to suggest the implantation of an Energy Generating Balsa in a river of great flow of clean form. In the northern region of Brazil, rivers and tributaries have the same frequency of low power at the edges, but the radiation can reach more than 2 m/s, capable of moving hydrokinetic turbines in the conversion of

mechanical energy into electrical potential. In order to determine the sampling system, a market model was analyzed for its speed and potential of use, besides the models of turbine in the market favorable to the insertion in the platform. With an analysis, it generated a scheme of Energy Generating Ferry and set up its viability of implementation, highlighting its advantages and proposals of use. Becoming relevant to the presence of case, seen as an alternative not yet explored, an ability to successively generate subsidiaries and precarious electricity.

Keywords: *Renewable Energy; Energy Conversion; Clean Energy; Innovation*

1. Introdução

Geração de energia sempre é um tema discutido por seus impactos positivos e negativos. Questões de custo, eficiência e passivos gerados dividem opiniões e auxiliam os interessados no investimento e implementação de diversos projetos. A necessidade energética se revela como uma constante nas sociedades modernas, porém o surgimento de tecnologias mais sustentáveis pode auxiliar na redução dos efeitos negativos da produção de eletricidade.

A energia hidráulica, que é proveniente da irradiação solar e da energia potencial gravitacional, representa um pouco mais de 20% de toda a energia gerada no mundo. Estima-se que a energia hidráulica efetivamente disponível da Terra, seu potencial tecnicamente aproveitável, varie de 10.000 TWh a 20.000 TWh por ano (UN, 1992). Com isso, o potencial hidrelétrico brasileiro é estimado em cerca de 260 GW, nos quais 40,5% fazem parte da Bacia Hidrográfica do Amazonas (ELETROBRÁS, 2000).

Através de turbinas hidráulicas que o aproveitamento de água na obtenção de energia acontece. A eficiência a ser obtida pode chegar a 90% e isso é consequente a cada modelo de turbina que possa vir a ser utilizado. Usinas hidrelétricas, por sua vez, fazem uso deste aparelho de conversão de energia mecânica em potencial elétrico, entretanto ainda necessitam de parâmetros como barragens e evacuação de seres vivos presentes no lugar, demandando muito espaço e custo, além de causar impactos negativos à fauna e flora como consequência das inundações (LO ZUPONE).

Em meio a tanto recurso e necessidade de se utilizar energias renováveis, hidroeletricidade é um campo de estudo muito favorável a ser investido, todavia, tem sido deixado um pouco de lado com o avanço da Energia Solar, crescendo cerca de 50% (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA). Alguns resultados não foram bons o suficiente no Norte do Brasil com a hidroeletricidade, visto que situações como o da Hidrelétrica de Balbina, considerada a pior do mundo, por não atender a demanda e gerar prejuízo, desmotivaram o investimento nesta área de produção, (ROSA).

Os malefícios provenientes do processo de obtenção de energia não chegam a ser inexistentes, a energia que se encontra livre na natureza, fazendo parte do meio e sendo principal fonte vital, é finita e preocupante. Contudo, existe a capacidade de minimizar ao máximo os maus efeitos, fazendo-se estudo aprofundado, avaliando soluções objetivas e efetivas voltadas a: como gerar energia, quanto se adquire e quanto chega ao local de destino. Essas estatísticas são exatamente fatores que têm causado polêmica quanto ao uso de Hidrelétricas na Bacia Amazônica, segundo (FIGUEIRA).

A Bacia Amazônica possui um potencial hidrelétrico baixo devido à pouca declividade dos seus rios, o que é um forte argumento contra o uso de hidrelétricas na região. Mas, a quantidade de água em vazão é acessível para a movimentação de turbinas de porte menor do que as utilizadas em hidrelétricas. Sua topografia é plana e a maioria dos rios são caudalosos, o que adequa a navegação e comunicação na região Norte do país.

A energia hidrocínética aparece então como uma alternativa tanto para o meio ambiente como também para povoados isolados, como exemplo, os ribeirinhos. Por meio da correnteza dos rios, é possível transformar a energia mecânica, com a velocidade da vazão da água, em energia elétrica. É uma proposta limpa e eficiente pouco mencionada ou explorada atualmente em publicações de artigos ou de difícil acesso para estudo no Amazonas. Com essa observação, há a necessidade de mais estudos voltados para essa área tão ampla e que sempre pode ser melhorada com os avanços tecnológicos.

Neste projeto, há a finalidade de explicar e dimensionar uma balsa geradora de energia em um rio de grande vazão assim como os rios da Bacia Amazônica, analisando também o trecho de um rio quanto a sua velocidade e potencial de uso do equipamento, contextualizando o esquema da balsa e os modelos de turbina, já existentes, acessíveis e de melhor desempenho, além de destacar rios que possuem grande vazão. Ao fim, levantar-se-á sua eficiência e possibilidade de aplicação na realidade de obtenção de energia limpa.

2. Metodologia

Este estudo se baseia em referenciais bibliográficos voltados à eficiência da geração de energia hidráulica, onde se preferiu esquematizar a ideia de uma balsa com uma turbina hidrocínética movida pela correnteza do rio. Com a contribuição de dados analisados pela CPRM, foi possível avaliar e aprofundar o conhecimento dos rios do Amazonas e seus potenciais de energia hidráulica. No Brasil e principalmente na região Norte existem rios e afluentes que às margens a velocidade da água é baixa, enquanto que a velocidade voltada para o centro é maior e pode chegar a 2 m/s. Desse modo, evidencia-se uma alternativa que possa atender populações isoladas ou com difícil acesso à eletricidade.

Num primeiro momento, utilizaram-se dados da medição de descarga líquida analisados e disponibilizados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil. A **Figura 1** mostra a medição de descarga líquida dos rios, onde a vazão média é de 205.000 m³/s e a cota no Porto de Manaus é de 29,77 m. Outros dados adquiridos pela CPRM de potencial hidrelétrico por vazão constam na **Tabela 1**. Na **Figura 4**, há um comparativo de hidrovias hidrelétricas (em azul) e os eixos de integração da América do Sul (em vermelho), observando-se assim quais os potenciais rios de geração de hidroeletricidade da Bacia do Amazonas por parâmetro geográfico, selecionados pela CPRM, com destaque de localização (**Tabela 2**).

Depois, selecionaram-se dois rios, com base nos dados da CPRM, para estudo de velocidade da correnteza. Escolhendo-se o Rio Negro (**Figura 2**) e o Rio Solimões (**Figura 3**).

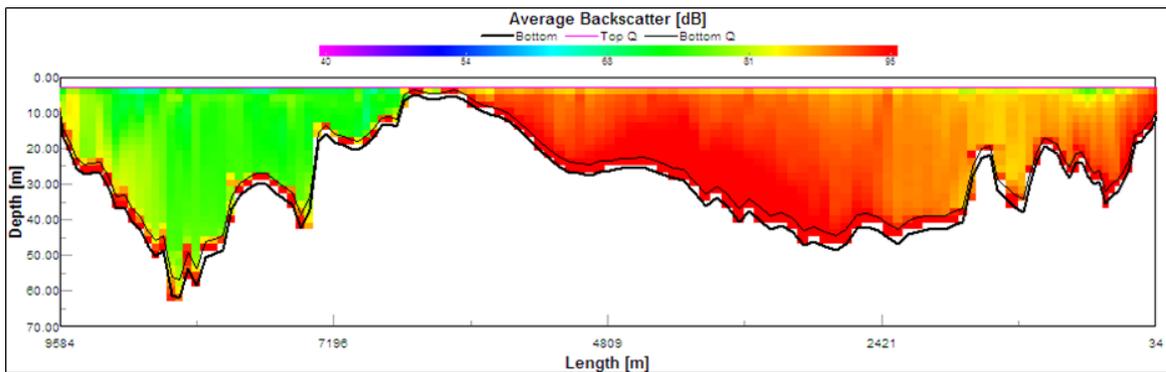


Figura 1: Perfil de intensidade acústica no Rio Amazonas (encontro das águas). Fonte: CPRM, 06/2009.

Tabela 1: Rios potenciais de hidroeletricidade selecionados por vazão. Fonte: CPRM.

Rio	Local	Vazão (m ³ /s)
Amazonas	Itacoatira	160.000,00
Amazonas	Careiro	131.000,00
Solimões	Manacapuru	103.000,00
Solimões	S. P. de Olivença	46.000,00
Madeira	Humaitá	31.200,00
Japurá	Vila Bittencourt	18.600,00
Negro	Paricatuba	28.000,00

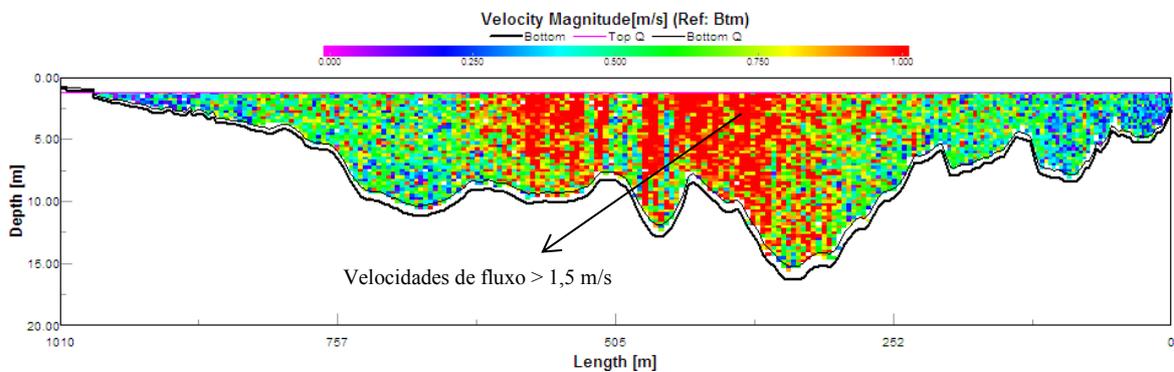


Figura 2: Rio Negro – São Gabriel da Cachoeira, estação de Curicuriari. Fonte: CPRM, 01/2007.

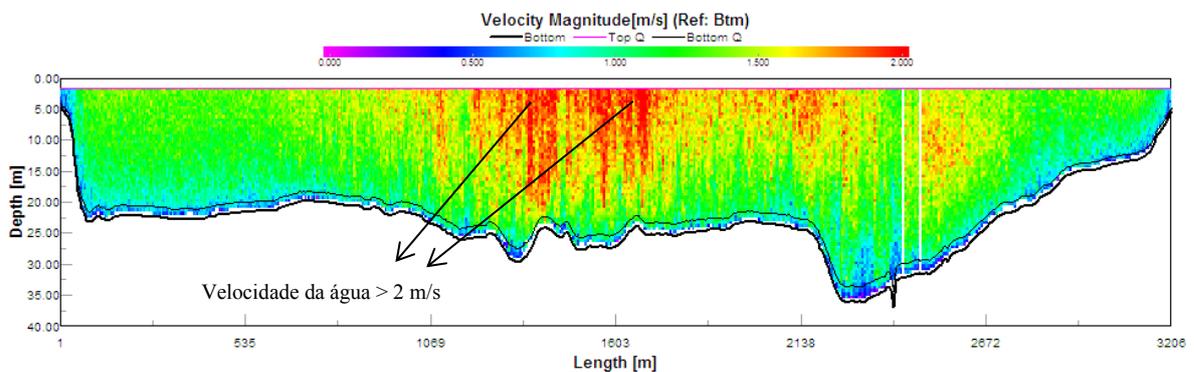


Figura 3: Rio Solimões, estação de Manacapuru. Fonte: CPRM, 01/2007.



Figura 4: Eixos de Integração e Desenvolvimento para IIRSA. Fonte: IGEO-UFRJ.

Tabela 2: Rios potenciais de hidroeletricidade, por localização, da Bacia Amazônica. Fonte: CPRM.

Localização	Rio/Especificação
Margem esquerda do Amazonas	Borda norte da bacia sedimentar do Amazonas (Trombetas-Mapuera)
Margem direita do Rio Negro	Embasamento cristalino (Província Rio Negro)
Borda Sul do Amazonas	Aripuanã – Roosevelt

Em terceiro momento, procurou-se conhecer o esquema de balsa e como ela funciona, de que forma pode ter maior desempenho. À medida que a água for passando pelo rotor da máquina haverá produção de força suficiente para girá-la. Com um sistema de polias e correias o gerador é acionado, produzindo-se energia. Partindo-se do princípio de se obter menos impactos negativos, uma balsa de grande porte não convém ao caso. Dentre os modelos de balsas médias há dois tipos em especial que foram analisados com base no rotor: modelo roda d'água, com turbina flutuante (**Figura 5**) e modelo turbina totalmente imersa na água (**Figura 6**) que ficam acoplados à balsa.

A roda d'água tem como características uma oscilação de energia muito grande, tem baixa rotação de 600/1200 RPM. A energia gerada varia até 190 V e com estabilizador chega a manter em 110 V. Em 220 V, o gerador pode oscilar até 300 V e com o estabilizador mantém em 220 V, o que resulta em 300W a 400W. Testada pela Alterima Geradores.

O modelo de turbina totalmente imerso na água requer uma velocidade acima de 1,5 m/s (5,4 km/h) e uma profundidade mínima de 1m. É possível obter 400 kWh por mês. Em melhores condições, pode-se atingir uma produção de energia da ordem de 3000 kWh por mês, equivalente ao consumo médio de 4 apartamentos de 3 quartos, em um bairro de classe média. Testada pelas empresas Iguazu Energia em parceria com a Hidrocinética Engenharia Ltda, pioneiras na construção de turbinas hidrocinéticas.

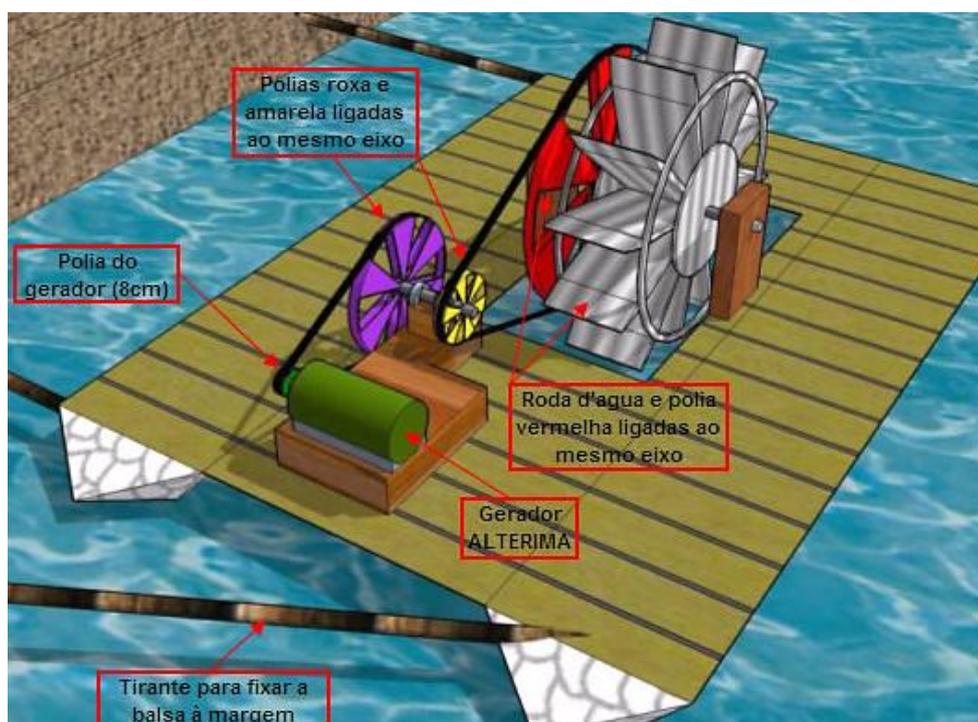


Figura 5: Modelo de balsa com roda d'água. Fonte: Alterima Geradores.



Figura 6: Modelo de balsa com turbina axial totalmente imersa na água. Fonte: Iguazu Energia.

Como o estudo é entorno de rios com grande vazão, turbinas de modelo axial inclinadas não atendem a necessidade, visto que são projetadas para pequenos rios. Existem ainda diversos modelos de turbinas hidrocínéticas, a **Figura 8** aborda o estudo de caso realizado para o coeficiente de potência de cada tipo disponível no mercado com relação a velocidade na ponta da pá.

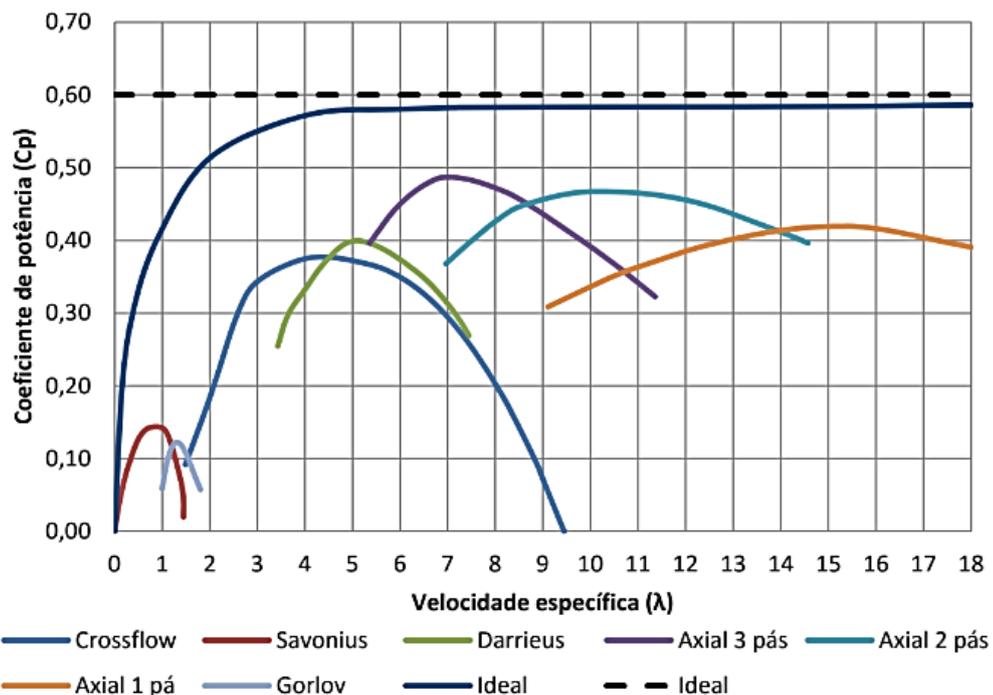


Figura 8: Curvas de desempenho do coeficiente de potência de turbinas hidrocínéticas. Fonte: HAU, 2006.

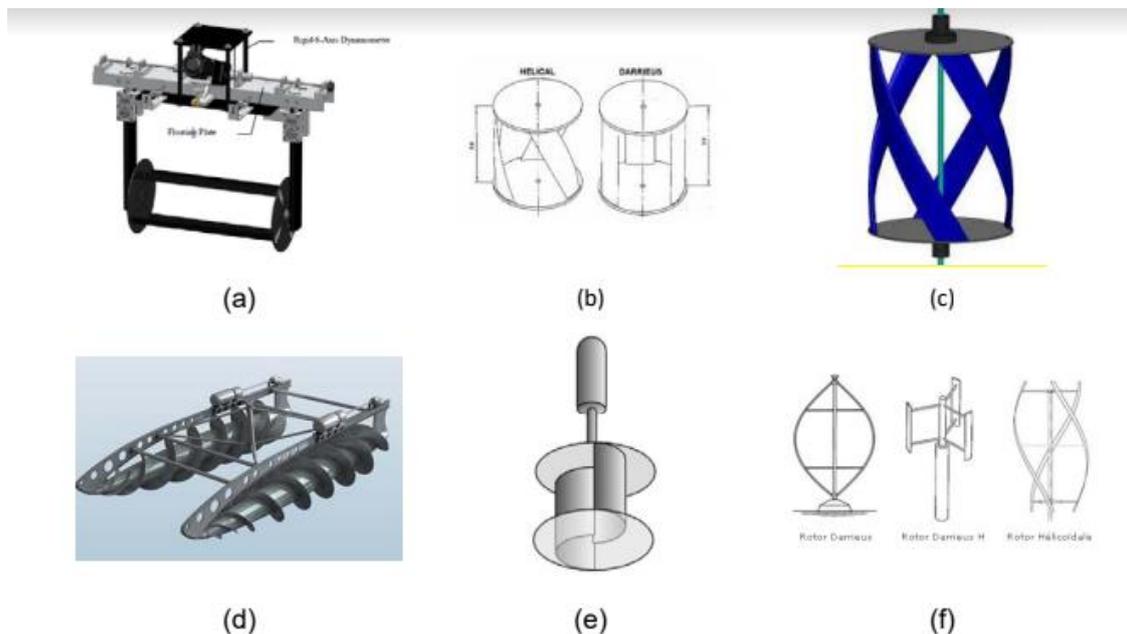


Figura 9: (a)Crossflow, (b)Eixo Vertical, (c)Gorlv, (d)Auger, (e)Savonius e (f)Darrieus. Fonte: BOTAN.

Em seguida, foi analisada a questão da transmissão da energia. Na **Figura 10**, é possível compreender que tal recurso não tem dificuldades para uma distância mínima entre a balsa e a margem do rio, em aproximados 20 m. No entanto, para este caso, a balsa que estará disposta a uma distância considerável, deve possuir uma passagem tranquila e acessível de transmissão de energia elétrica, já que o deslocamento vem a ultrapassar os 500 m, podendo ser realizada em um sistema balsa-leito-margem (sistema submerso) ou em um sistema apenas de balsa-margem por flutuação no rio através de isolamento dentro de boias, ductos rígidos, ou ainda um guincho especializado para um monitoramento remoto de navegação.



Figura 10: Esquema de localização da balsa (flutuante) com a margem do rio. Fonte: ECOIST.

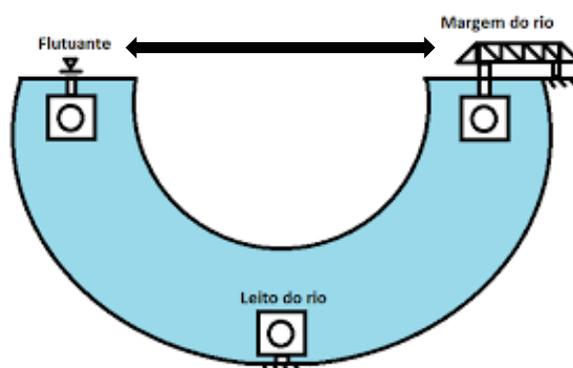


Figura 11: Esquema de localização da balsa (flutuante) com a margem do rio. Fonte: FGA, UNB.

Quadro 1: Fluxograma em quadro para a realização do projeto.

Ordem	Procedimento
1	Análise de descarga líquida dos rios de interesse
2	Seleção e localização geográfica dos rios com vazão considerável
3	Análise de fluxo da corrente da água dos rios selecionados
4	Abordagem de modelos de balsas a serem utilizados
5	Estudo da eficiência e potência de turbinas hidrocínética
6	Avaliação de distância entre balsa e a margem do rio
7	Levantamento de possibilidades de transmissão de energia entre a balsa e o local de destino a ser abastecido
8	Criar modelo original de balsa para hidroeletricidade

3. Projeto

Uma proposta para a aplicação da Hidroeletricidade em rios de grande vazão é fazer uso do trecho do Rio Negro na região de São Gabriel da Cachoeira, estação de Curicuriari, em pouco mais de 300 m da margem onde a correnteza apresenta maior velocidade, acima de 1,5 m/s. Sabendo-se do potencial de hidroeletricidade da região, a proposta é não só instalar uma turbina, como também mais outras três turbinas nas extremidades da balsa onde se encontram os pilares de indicação na **Figura 12**, com a capacidade de as emergir quando não estiver em trabalho de conversão de energia (**Figura 13**). E em volta destas turbinas possuir uma rede de ferro evitando acidentes com animais ou objetos nas pás assim como no modelo da Iguaçu Energia na **Figura 6**.

As turbinas a serem utilizadas são do tipo não flutuantes, axial vertical de 3 pás, perpendicular à superfície (**Figura 14**), pois como mostrado na **Figura 8**, é a que possui melhor desempenho em comparação aos coeficientes de potência das outras turbinas. O meio para o transporte de energia gerada é por cabos envoltos de proteção e isolamento de forma que sejam direcionados até a margem dos rios em ductos flutuantes e resistentes.

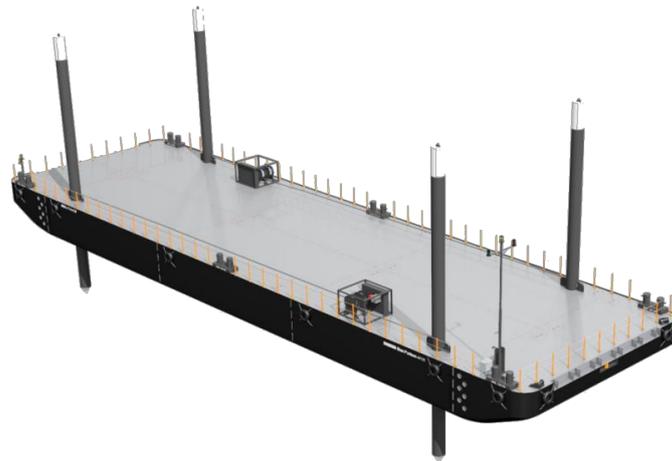


Figura 12: Localização das quatro turbinas na balsa geradora de energia. Fonte: DAMEN.

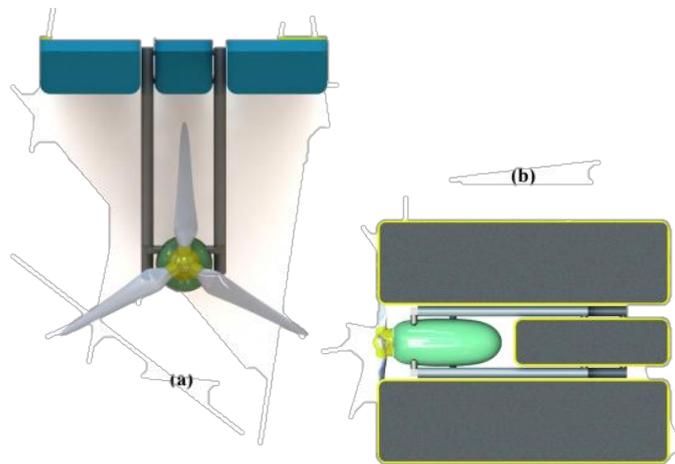


Figura 13: (a) Turbina hidrocínética submersa, (b) Turbina recolhida. Fonte: OLIVEREIRA & SILVA.

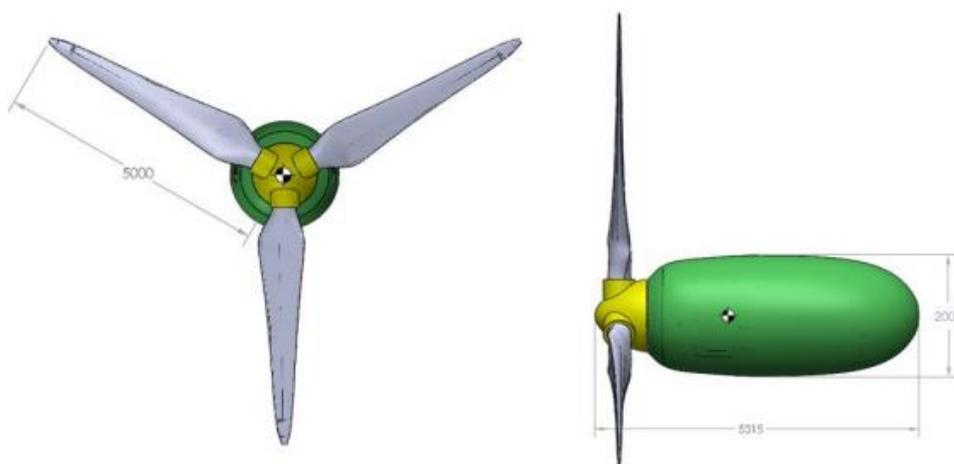


Figura 14: Turbina axial vertical de 3 pás. Fonte: OLIVEREIRA & SILVA.

O protótipo final para a Balsa Geradora de Energia através das correntes do rio é o modelo que consta na **Figura 15**, com uma área aproximada de $24(3 \times 8) \text{ m}^2$. Capaz de gerar 1200kWh por mês, com turbinas que necessitam de no mínimo 1,5 m/s da correnteza

da água. A balsa garante estabilidade em meio ao movimento da água e ainda pode se deslocar utilizando a própria energia desenvolvida na viabilidade de transporte de energia e navegação dos rios. Quanto a profundidade, necessita de no mínimo 2 m devido a espessura da balsa e do tamanho das turbinas. É um produto eficiente para regiões onde o rio já tem considerável profundidade e a correnteza é propícia à hidroeletricidade. Podendo abastecer umas ou duas famílias de 4 pessoas, ou uma comunidade ribeirinha inteira.



Figura 15: Modelo de Balsa geradora de energia elétrica. Fonte: Klirssia Sahdo, 2018.

4. Conclusão

A distribuição de energia ainda se apresenta muito desigual quando se relaciona os centros urbanos com povoados mais distantes. Com a realização deste projeto, pode-se tanto fornecer ou melhorar o sistema de distribuição elétrico como ajudar na situação econômica da sociedade, salientando-se que é um desenvolvimento de energia limpa e sem grandes impactos à fauna e à flora. A hidroeletricidade por meio de uma balsa é tanto uma inovação como uma melhoria dos projetos já pensados e avaliados, envolvendo turbinas hidrocínéticas que são ainda inovação no campo da engenharia naval e elétrica.

O custo do equipamento a ser utilizado é diretamente ligado à tecnologia envolvida e à quantidade de material necessário à sua fabricação. Tendo em vista que depois que efetuado o projeto só será necessária manutenção ou supervisão periódica, não havendo custos adicionais ou desperdício de algum material, a Balsa geradora de eletricidade preserva a eficiência e se ingressa nos modelos de obtenção de energia renovável.

A distância do Rio Negro pela região de São Gabriel da Cachoeira comparada ao Rio Solimões na estação de Manacapuru, facilita a possibilidade de introduzir a balsa no meio do rio, já que é necessário e de extrema importância a ligação do sistema da conversão de energia com o gerador na margem do rio. Além de não haver interligação do leito do rio com a balsa, a implementação de um sistema de fios para a comunicação de superfícies não se destaca como um problema.

Dessa forma, há muitas vantagens no uso desse projeto, sendo possível fazer uso da Balsa Geradora de energia em regiões de grande vazão como os rios da Bacia Amazônica, já que ideias como essa ainda não foram eficientemente exploradas na região do Norte do Brasil ao ponto de serem conhecidas e mais voltadas às necessidades da sociedade.

Referências

- ARAÚJO, M. A. Prospecção de Parques Hidrocinéticos: Comparação entre projetos preliminares nos rios Iguaçu e Paraná. Trabalho de graduação do curso de Engenharia de Energia – Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Foz do Iguaçu. 2016.
- BOTAN, A. C. B.; FILHO, G. L. T.; CAMACHO, R. G. R. C.; DUARTE, P. M.; SANTOS, I. F. S. Energia Hidrocinética: Aproveitamento em correntes de baixas velocidades. In: X Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2016, Gramado, Rio Grande do Sul.
- CPRM, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Apresentação Técnica sobre as possibilidades da Hidrologia na Amazônia: Cooperação Internacional sobre Água: Acesso, preservação e melhoria da qualidade de vida e bem-estar IN: 3º Congresso Amazônico de Iniciação Científica “Rios da Amazônia: caminhos de saber e de cultura”, 2018.
- CRUZ, R. W. A. Geração de eletricidade com turbina hidrocinética na Amazônia: o caso da comunidade de São Sebastião. Trabalho do curso de Engenharia Mecânica – Instituto de Tecnologia da Amazônia, UTAM. Manaus, AM.
- ENSUS “Encontro de Sustentabilidade em Projeto” (5.: 2017 : Florianópolis, Anais [do] ENSUS 2017 - V “Encontro de Sustentabilidade em Projeto”/ Universidade Federal de Santa Catarina, realizado em 03,04 e 05 de maio de 2016 - VIRTUHAB - Grupo de Pesquisa ; [organizado por Lisiane Ilha Librelotto, Paulo César Machado Ferroli]. -- Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB.
- FARIA, A. R. O. Projeto de uma turbina hidrocinética de fluxo axial e eixo horizontal para geração de baixas potências. Trabalho de graduação do curso de Engenharia Mecânica – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2017.
- FIGUEIRA, A. Hidrelétrica de Balbina: Herança maldita dos anos-de-chumbo. Disponível em: <<https://anovademocracia.com.br/no-48/1937-hidreletrica-de-balbina-heranca-maldita-dos-anos-de-chumbo#inline-auto338>>. Acesso em 26/12/2018 às 16h.
- FILHO, Prof. Dr. G. L. T.; DUARTE, E. R. B. C. Uso do Micro-crédito para financiamento de micros empreendimentos energéticos, Itajaúba, 1-11, 2006.
- GUERRA, J. B. S. O. A.; Youssef, A. Y.; Rebollar, P. B. M. Energias Renováveis: Energia Hídrica. Livro Digital. JELARE. 2011.
- IEA “International Energy Agency”. Energia Solar é a fonte energética que mais cresce no mundo. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/energia-solar-e-a-fonte-energetica-que-mais-cresce-no-mundo.html>>. Acesso em 26/12/2018.
- LO ZUPONE, G.; MASSARO, S.; BARBARELLI, S.; SULPIZIO, R. A Multi-parametric Criteria for Tidal Energy Converters Siting in Marine and Fluvial Environments. In: 9th International Conference on Applied Energy. 2017. Cardiff, UK. ELSEVIER.
- OLIVEIRA, A. G. F.; SILVA, P. F. A. Proposta de Sistema de fundeio e flutuação para Turbina Hidrocinética. Projeto de Graduação do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília, 2015.

ROSA, L. P. Diretor da COPPE/UFRJ. Estudo da Usina de Balbina. Coordenação dos programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Reuso de materiais no processo de desenvolvimento e construção de novos mobiliários

Reuse of materials in the process of development and construction of new furniture

Ana Lúcia Keiko Nishida, mestranda, Universidade Norte do Paraná.

ananishida@live.com

Damares Luiza Silveira de Carvalho, Mestre, Universidade Norte do Paraná.

damarescarvalho@gmail.com

Resumo

Este artigo é resultado do projeto de extensão, intitulado: A utilização de materiais de descarte no processo de fabricação de revestimentos, móveis e mobiliários, da Universidade Norte do Paraná (UNOPAR) do curso de Tecnologia em Design de Interiores. Com o objetivo de evidenciar as formas de reutilização de materiais descartados, este artigo apresenta o estudo realizado para o desenvolvimento e execução de móveis e artefatos decorativos a partir da utilização de materiais em fase de descarte e desuso. Os mobiliários desenvolvidos para o Centro Educacional Infantil, e entregues no final do primeiro semestre letivo de 2018, onde a comunidade que frequenta o CEI pôde conhecer o processo de estudo, de desenvolvimento e execução dos móveis. Os materiais utilizados para o estudo foram carteiras escolares em desuso, barrica de massa corrida, sobras de MDF, pallets, colchonetes, sobras de jeans e berços em desuso da própria instituição beneficiada pelo projeto.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Reutilização; Design de interiores

Abstract

This article is the result of the extension project, entitled: The use of materials of discard in the process of manufacturing of coatings, furniture and furniture, of the North University of Paraná (UNOPAR) of the course of Technology in Interior Design. With the objective of evidencing the ways of reusing discarded materials, this article presents the study carried out for the development and execution of furniture and decorative artifacts from the use of materials in phase of discard and disuse. The furniture developed for the Educational Center for Children, and delivered at the end of the first semester of 2018, where the community that attends the CEI was able to know the process of study, development and execution of furniture. The materials used for the study were disused school portfolios, race barrels, MDF leftovers, pallets, mats, leftover jeans and disused cribs from the institution benefiting from the project.

Keywords: Sustainability; Reuse; Interior design

1. Introdução

Uma obra residencial, comercial ou de cunho público, seja construção ou reforma, gera resíduos em grandes quantidades. Esses resíduos, segundo o Art. 2º do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, são: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica.

Além do consumo desenfreado dos recursos naturais para captação de matéria prima bruta, os resíduos gerados nas obras são descartados de forma incorreta e causam inúmeros impactos ambientais, sendo eles os principais no planeta (CORTÊS et al., 2011; JUNIOR et al., 2013; SANTO et al., 2014).

Para Amorim e Filho (2015) o conceito de sustentabilidade inserido no contexto da construção civil busca desenvolver modelos de técnicas construtivas que gerem menor impacto no meio ambiente e maiores ganhos sociais. Conduzindo assim o setor na difusão dessas técnicas, objetivando contribuir para a melhoria nas condições ambientais do planeta.

Para o designer de interiores não é diferente, pois o profissional deve buscar soluções em relação a demanda de consumo e conseqüentemente a geração de resíduos, visando a qualidade de vida da comunidade e a integração do homem com a natureza. A busca por novos projetos, que especifiquem materiais alternativos ou materiais que utilizem em seu processo de desenvolvimento um uso menor de matéria prima virgem, é justificado pela necessidade de planos que visam a sustentabilidade no setor.

Desta forma surge o chamado Design Sustentável que é a junção entre design, desenvolvimento econômico e preservação ambiental. É o ato de projetar considerando o meio ambiente, o consumo e o impacto em relação à extração da matéria-prima (AMORIM, FILHO, 2015).

Uma das alternativas para o desenvolvimento de um projeto sustentável é a reutilização de materiais descartados que não atendem mais a sua função original. Neste artigo será apresentado o estudo de reutilização de materiais em fase de descarte e desuso no desenvolvimento de mobiliários e objetos decorativos para o centro de educação infantil (CEI) Dom Albano Cavalim, localizado na cidade Londrina, Paraná.

2. A reutilização de material em fase de descarte

A reutilização é um dos 5 princípios da sustentabilidade. A prática de reutilizar um material que foi confeccionado para um determinado uso, e após seu desuso ou descarte transformá-lo em outro produto, mantém a forma original do material, evitando extração de matérias-primas da natureza.

Para Teodoro (2011) a reutilização consiste apenas no fato do material ser utilizado pelo menos uma segunda vez, independentemente se na mesma função ou não e que a reutilização é um processo ambientalmente ainda melhor que a reciclagem, pois não requer processos industriais.

O instituto 5 elementos define a reutilização como:

Reutilizar e recuperar ao máximo antes de descartar. Amplie a vida útil dos produtos e do aterro sanitário, economizando a extração de matérias-primas virgens. Crie produtos artesanais e alternativos a partir da reutilização de embalagens de papel, vidro, plástico, metal, isopor e CDs. Utilize os dois lados do papel e monte blocos de papel-rascunho;

A sustentabilidade no projeto de design de interiores pode ser aplicada no desenvolvimento de mobiliário, objetos decorativos, tintas ecológicas, assim como no planejamento de sistemas de captação de água pluvial, iluminação natural, melhor aproveitamento da ventilação natural, contribuindo para que sejam reduzidos o consumo energético e geração de resíduos.

Moxon (2012) afirma que a chave para solucionar os problemas gerados pela indústria da construção civil, é a aplicação da sustentabilidade para que sejamos capazes de suprir as nossas necessidades atuais sem comprometer as do futuro.

Ao trabalhar com a renovação, selecionando materiais e acabamentos, apresentando soluções para iluminação e escolhendo eletrodomésticos de baixo consumo energético, o designer de interiores contribui como profissional nessa importante busca da sustentabilidade.

3. Metodologia do processo

O primeiro passo para o desenvolvimento de um projeto é entender as necessidades do usuário, assim foi feito um briefing para que o projeto atendesse as necessidades da instituição. Após o briefing um levantamento de dados, com as medidas do ambiente, foi realizado para que o layout do espaço fosse desenvolvido.

Uma pesquisa local foi realizada sobre materiais de descarte que fossem passíveis de uso no projeto. A seguir serão especificados quais os materiais foram utilizados no desenvolvimento do trabalho, suas composições e formas de descarte.

3.1 Materiais utilizados

Para o desenvolvimento dos móveis e artefatos foram escolhidos os seguintes materiais: carteiras escolares em desuso, barrica de massa corrida, sobras de MDF, pallets, pneu, colchonetes, sobras de jeans e berços em desuso da instituição beneficiada pelo projeto.

3.1.1 Madeiras

Segundo informações obtidas em contato com as marcenarias, o material residual de empresas que trabalham com madeira para confecção de móveis, objetos, caixas de transporte, sobras de mdf e madeirite, são armazenados em barris até chegarem a uma quantidade significativa para recolhimento desse material. Após recolhimento, o material é triturado, prensado em forma de cilindros e depois comercializado como fonte energética para as indústrias.

3.1.2 Barricas de massa corrida.

Os resíduos da construção civil, mais conhecidos como entulhos, são materiais normalmente inertes. O material considerado inerte é classificado como Classe II B, segundo a ABNT NBR 10004, não são solúveis, inflamáveis, não sofrem reação física ou química.

Um dos materiais utilizados no desenvolvimento dos artefatos decorativos são as barricas de massa corrida, classificado como material inerte proveniente da construção civil. As barricas de massa corridas, produzido a partir de fibra papel tipo kraft/semi-kraft, utilizadas

em obras de construções e reformas, são geralmente descartadas com outros materiais provenientes da obra. No projeto as barricas foram transformadas em nichos para decoração.

3.1.3 Colchonetes e Carteiras escolares

As carteiras escolares possuem em sua estrutura, ferro e madeira. As utilizadas no projeto foram reaproveitadas do descarte da própria universidade sendo essas transformadas em mesas e bancos infantis para a instituição.

Os colchonetes foram reaproveitados da instituição de ensino beneficiada e foram reaproveitados para o estofado dos pufes e sofá.

3.1.4 Pneu

O pneu é composto por borracha, sendo 27% sintética e 14% natural. O negro de fumo constitui 28% da composição. Os derivados de petróleo e produtos químicos respondem por 17%, o material metálico (ou aço) por 10% e o têxtil por 4%, segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Pneumáticos, Câmaras de Ar e Camelback – SINPEC.

Segundo informações cedidas pela Secretaria do meio de Londrina-PR e algumas empresas de comércio de pneus. As empresas que comercializam pneus devem estar registradas no sistema da Secretaria do meio ambiente da cidade para que haja um monitoramento e registro da quantidade de produto descartado.

Na cidade de Londrina e região o produto que não é mais passível de uso é recolhido por uma empresa da cidade de Curitiba, Paraná. A mesma transforma o pneu em pó, que é comercializado como matéria prima para fábricas de produtos como tatame, asfalto, tapete automotivo, entre outros.

3.1.5 Jeans

Ao falarmos sobre a produção têxtil em todas as fases, como fiação, tecelagem, beneficiamento e confecção de vestuário é possível verificar que muitos são os resíduos e impactos causados diretamente ao meio ambiente (TONIOLLO et al., 2015). Ou seja, desde o plantio do algodão e adubação são utilizadas grandes quantidades agrotóxicos e pesticidas que são prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana.

Quando o jeans chega à indústria para produção têxtil, o algodão passa pelo tingimento com inúmeros tipos de corantes compostos por produtos químicos como: ácidos, sólidos solúveis e compostos tóxicos. Devido a grande quantidade de resíduos sólidos produzidos no processo que são descartados irregularmente, em alguns casos, a contaminação dos recursos hídricos pode acontecer. Outro problema relacionado com os recursos hídricos é o alto consumo de água durante o processo de beneficiamento do produto.

Segundo Figueiredo e Cavalcante (2010) o tecido utilizado para fabricação de jeans é composto por fio 100% algodão, embora também sejam usados outros tipos de fios, com lycra ou fios mais resistentes. O tecido jeans é construído a partir de dois fios que formam a trama: o algodão cru e tingido e o urdume na cor índigo.

Este tecido é conhecido como Demin Índigo Blue, a palavra índigo é alusão à planta índigos, cuja raiz possui um corante azul utilizado no tingimento do tecido. Este corante, índigo, não possui grande afinidade com os fios de algodão e o tingimento fica apenas na superfície dos fios de urdume (FIGUEIREDO et al., 2010; DIAS et al., 2017).

As sobras de jeans utilizados no desenvolvimento do acabamento dos móveis foram doadas por fábricas de vestuário.

3.2 Mobiliários desenvolvidos e etapas de construção

O estudo desenvolvido tem como base principal o reuso de materiais em fase de descarte para construção de móveis e objetos decorativos para o CEI Dom Albano, localizado na cidade de Londrina, Paraná. Os móveis desenvolvidos foram entregues a CEI no final do primeiro semestre letivo de 2018.

Os móveis desenvolvidos são:

- Mesa TV (pallets e estrutura de um berço);
- Painel decorativo trem (sobras de mdf de marcenaria);
- Sofá/platô (pallets, colchonetes e sobras de jeans);
- Teatro de fantoches (pallets e estrutura de um berço);
- Piscina de bolinhas (sobras de madeira de tapume e estrutura de 2 berços);
- Mesas para refeição (cadeiras em desuso e sobras de MDF);
- Cadeiras para refeição (cadeiras em desuso e sobras de MDF);
- Bancos para as mesas de refeição (cadeiras em desuso e sobras de MDF);
- Cadeiras infantis (parte de carteiras escolares em desuso, sobras de MDF, pallets, colchonetes e sobras de jeans);
- Nichos (barrica de massa corrida);

Para desenvolvimento e execução dos objetos e mobiliários, todos os itens passaram por etapas de concepção, estudo ergonômico, estudo de viabilidade de utilização do material em maquete de tamanho reduzido (Mock up), separação, montagem e acabamento.

O desenvolvimento dos mobiliários se deu pelas seguintes etapas: separação do material, recorte das peças, preparação dos materiais, a montagem e o acabamento.

3.2.1 Móveis provenientes de madeira

Os móveis que foram construídos a partir de berços de madeiras em desuso, sobras de mdf, madeirite e pallet foram: teatro de fantoches, piscina de bolinhas, mesa de tv, painel decorativo e sofá/platô. A seguir serão detalhadas as etapas de produção desses móveis:

Os berços utilizados já existiam no CEI e foram transportados do centro de educação para a marcenaria da universidade, onde foram desmontados para execução do projeto de mobiliário (figura 1).



Figura 1: Berço em desuso. Fonte: elaborado pelos autores.

Os berços passaram pela etapa de separação e desmonte das peças, em seguida as peças foram fixadas de acordo com o projeto específico de cada mobiliário. Na figura 2 segue a montagem do sofá, estruturado com o berço de madeira e sua base foram utilizadas peças desmontadas de pallets.



Figura 2: Material já separado e em fase de montagem (sofá/platô). Fonte: elaborado pelos autores.

Após a montagem das peças os móveis foram lixados. Na figura 3 pode se observar a etapa sendo realizada na mesa da TV.



Figura 3: Móvel tv sendo lixado. Fonte: elaborado pelos autores.

Por fim os móveis receberam duas demãos de tinta à base de água (figura 4).



Figura 4: Móvel finalizado (sofá/platô). Fonte: elaborado pelos autores.

O estofado do sofá foi feito a partir de colchonetes existentes do centro de educação infantil e acabamento de sobras de tecido jeans (figura 5).

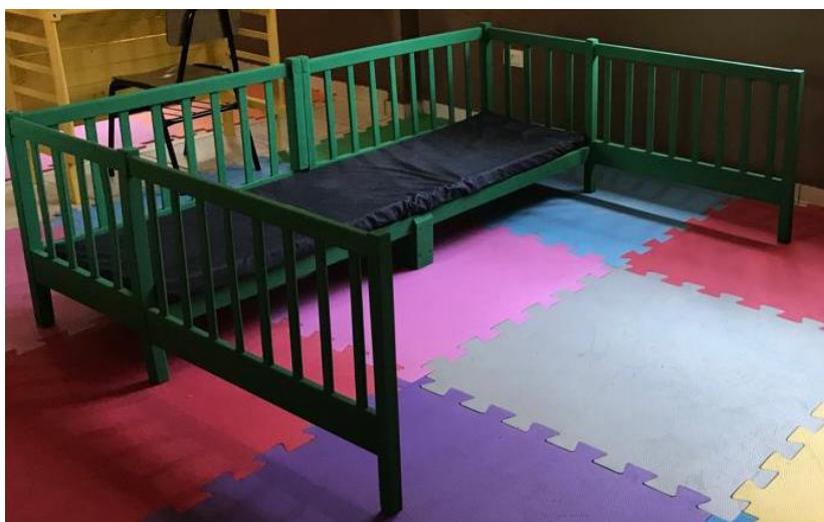


Figura 5: Móvel finalizado. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2.2 Moveis desenvolvidos a partir de carteiras escolares em desuso.

Os mobiliários desenvolvidos a partir de carteiras escolares em desuso, sobras de mdf, colchonete e tecido jeans são: mesas e cadeiras para refeição e cadeiras infantis.

As carteiras e cadeiras escolares em desuso foram desmontadas e separadas, em seguida estas peças passaram pela fase de recorte (figura 6), segundo projeto previamente desenvolvido.



Figura 6: Estruturas das mesas e cadeiras desmontadas e em fase de recorte. Fonte: elaborado pelos autores.

No último processo as peças foram soldadas umas às outras, dando forma aos móveis (figura 7).



Figura 7: Fixação por soldagem das peças. Fonte: elaborado pelos autores.

Para o acabamento utilizou-se sobras de mdf para a base do tampo e acento dos móveis e demão de tinta à base de água. O estofado foi feito com colchonetes e sobras de tecido jeans (figura 8).



Figura 8: Móvel finalizado. Fonte: elaborado pelos autores.

3.3 Aplicação no ambiente.

O centro de educação infantil carecia de ambientes mais interativos e móveis de acordo com a ergonomia das crianças que frequentam o CEI (figura 9).



Figura 9: Centro de Educação Infantil Dom Albano, Londrina PR. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da realização do briefing com a diretoria do CEI, foram relatadas as necessidades e escolha do ambiente a ser desenvolvido. Estas informações foram de extrema importância para a realização do projeto (figura 10).



Figura 10: Centro de Educação Infantil Dom Albano, Londrina PR após entrega dos móveis. Fonte: elaborado pelos autores.

O espaço foi dividido em três ambientes: o espaço de tv, espaço de brincadeiras e espaço para refeitório. O espaço tv recebeu o (A) sofá de estrutura de berço e pallet com estofado de colchonete revestido com tecido jeans, (B) mesa tv de pallet e estrutura de berço (figura 10).

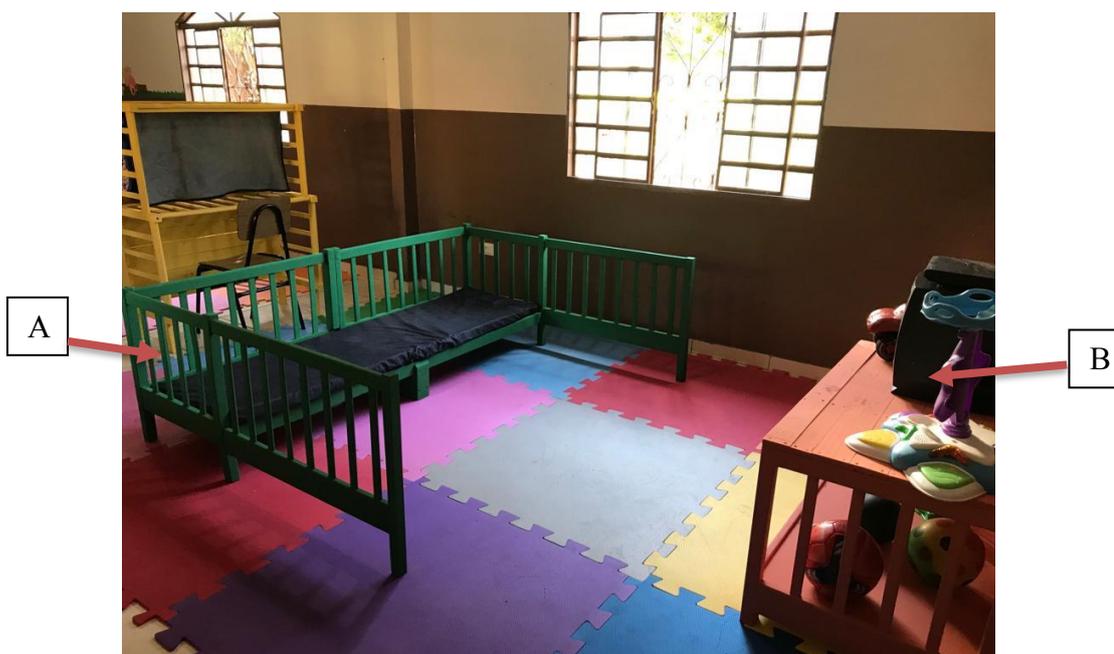


Figura 10: Espaço tv. Fonte: elaborado pelos autores.

O espaço de brincadeiras (figuras 11 e 12) recebeu os móveis: teatro de fantoche (C), cadeiras infantis (D), pufes de pneu (E) e a piscina de bolinhas (F).



Figura 11: Espaço de brincadeiras. Fonte: elaborado pelos autores.

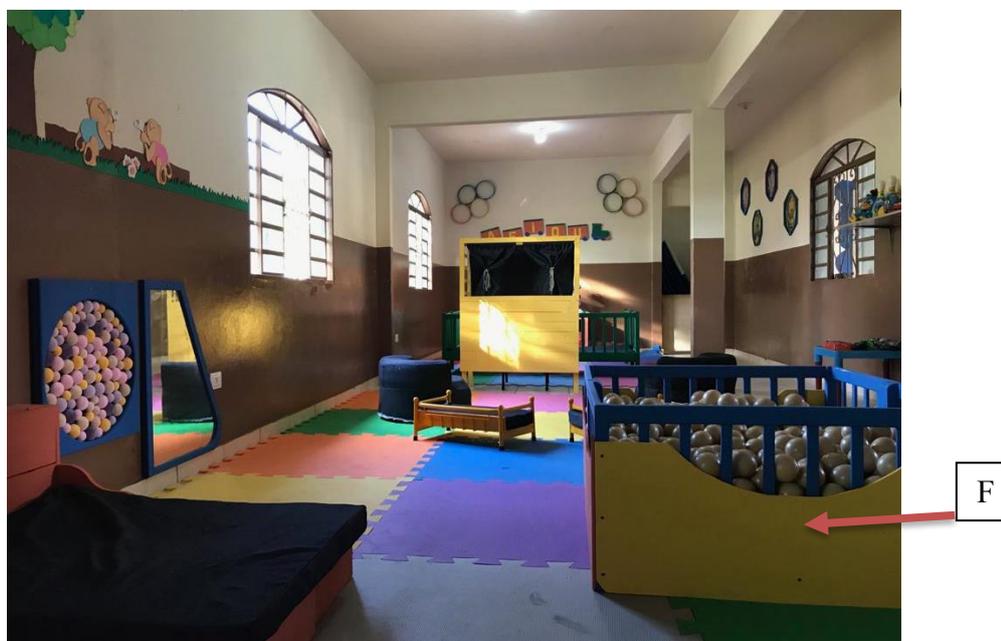


Figura 11: Espaço de brincadeiras. Fonte: elaborado pelos autores.

O último espaço, denominado como refeitório, recebeu os seguintes mobiliários: as mesas de refeição (G) e o banco e cadeiras (H), que foram desenvolvidas com carteiras escolares (figura 13).

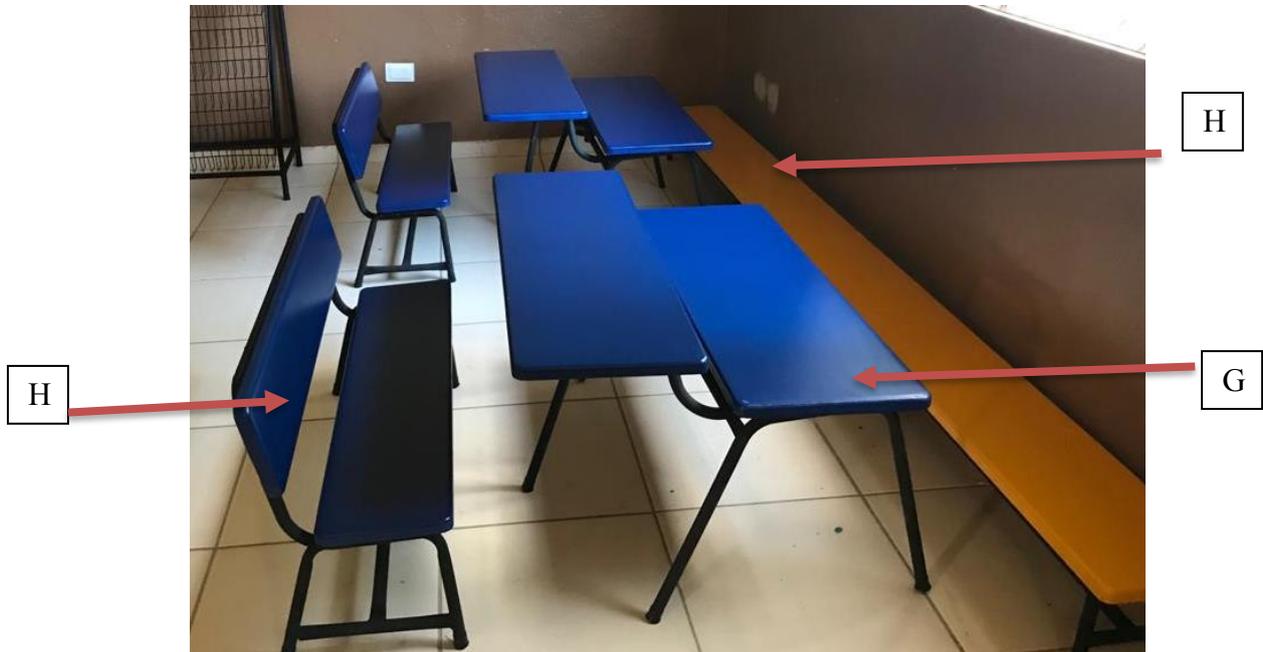


Figura 13: Espaço do refeitório. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Considerações finais

Este trabalho desenvolveu e executou, como o próprio nome diz, a reutilização de materiais para produção de novos produtos.

O objetivo de criar soluções que alterem o ciclo de vida dos produtos através do reaproveitamento e beneficiamento de materiais descartados foi atingido. Como exemplo podemos citar a alteração do ciclo de vida de alguns materiais por meio do reuso de berços existentes, colchonetes e carteiras escolares. As soluções encontradas envolvendo o Design Sustentável por meio do projeto de Design de Interiores e de Mobiliários trouxeram resultados satisfatórios para o projeto.

A partir do estudo do ciclo de vida de cada material de descarte, conseguimos aplicar o reaproveitamento e beneficiamento dos mesmos, alcançando a conscientização das pessoas envolvidas sobre a importância da reutilização e reciclagem de materiais para o meio ambiente.

Para Mesacasa (2011) uma solução sustentável é caracterizada por uma baixa intensidade de energia e material e de um alto potencial regenerativo e somam-se a esses fatores os princípios éticos relacionados às pessoas e à sociedade e sua relação com o meio ambiente, o ciclo de vida dos artefatos bem como sua integração com o contexto de uso, que aumenta os recursos ambientais e sociais disponíveis.

Assim foi possível criar uma cultura colaborativa, para que haja menos impacto no meio ambiente, por meio de captação e doação de materiais de descarte. O estímulo de mudança de consciência na comunidade acadêmica a respeito da economia de materiais e sua

sistemática foi alcançado por meio dos resultados finais, demonstrando que é possível trabalhar com sustentabilidade e economia, mantendo a qualidade e estética do projeto.

O processo de transformação de resíduos em mobiliários agregou valor ambiental por se tratar de um processo de reutilização e valor social por atender a comunidade, promovendo o engajamento social dos alunos.

Referências

- ABNT NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação. Maio 2004. Rio de Janeiro.
- AMORIM, Valquiria Gila de. FILHO, José Nivaldo Ribeiro. Design de interiores de uma brinquedoteca mais sustentável para um centro de referência em educação infantil na cidade de João Pessoa-PB. Design de Interiores: da teoria à prática. João Pessoa, PB. Editora IFPB, 2015. ISBN 978-85-63406-59-0.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 307/2002 - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96.
- CÔRTEZ, Rogério Gomes. FRANÇA, Sérgio Luiz Braga. QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. MOREIRA, Marcos Muniz. MEIRINO, Marcelo Jasmim. Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. Revista Eletrônica Sistemas&Gestão v.6, n.3, 2011, pp. 384-397 DOI: 10.7177/sg.2011.v6.n3.a10.
- DIAS, Ildênia Maria; ALVARENGA, Cristiane Bom Conselho Sales; SALES, Rosemary Bom Conselho. Denim resíduo sólido da indústria têxtil brasileira: ações sustentáveis sob o olhar do design, p. 207-219 . In: . São Paulo: Blucher, 2018. ISSN 2318-6968, ISBN: cid2017DOI 10.5151/cid2017-18
- JUNIOR, Joel Vieira Baptista. ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana. v. 5, n. 2, p. 27-37, jul/dez. 2013.
- 5 ELEMENTOS Instituto de educação e pesquisa ambiental. Consumo sustentável e manual de atividades. Coleção Consumo Sustentável e Ação, 2009. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. ISBN 978-85-7060-705-8 (Imprensa Oficial). ISBN 978-85-7060-711-9
- FIGUEIREDO, Giselle Campos. CAVALCANTE, Ana Luisa Boavista Lustosa. Calça Jeans - Produtividade e Possibilidades Sustentáveis. PROJÉTICA, LONDRINA, V. 1, N.1, P. 128-145, DEZ. 2010. Nº INAUGURAL
- MESACASA, Andréia. DESIGN SUSTENTÁVEL E O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COM IDENTIDADE TERRITORIAL. Modapalavra E-periódico. Ano 4, n.8, jul-dez 2011, pp. 21. ISSN 1982-615x.
- MOXON, Siân. Sustentabilidade no Design de Interiores. São Paulo: G. Gilli, 2012. ISBN: 9788425224836
- TEODORO, Nuno Filipe Godinho. Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil: Reciclagem e Reutilização de Materiais. Lisboa. 2011. Disponível em:

<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395143118002/dissertacao.pdf>. Acesso em: 13. Dez. 2018.

TONIOLLO, Michiele. ZANCAN, Natália Piva. WUST, Caroline. INDÚSTRIA TÊXTIL: SUSTENTABILIDADE, IMPACTOS E MINIMIZAÇÃO. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Porto Alegre/RS - 23 a 26/11/2015

SANTO, Juliete de Oliveira; BATISTA, Onavlis Henrysson Soares; SOUZA, Jane Kelly Santos de; LIMA, Cirlean Tenório de; SANTOS, Jaime Rodrigues dos; MARINHO, Adriana Alves. Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para minimização dos impactos ambientais. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió v. 1 n.1 p. 73-84 Maio 2014. ISSN IMPRESSO 1980-1777 ISSN ELETRÔNICO 2357-9919

SINPEC - Sindicato Nacional da Indústria de Pneumáticos, Câmaras de Ar e Camelback. Matéria-primas. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/sinpec/sobre-o-sinpec/historia-do-pneu/fabricacao/> Acesso em: 19 de dez. 2018.

Inovações tecnológicas em vedações verticais de edifícios: avaliação do desempenho acústico

Technological innovations in vertical seals of buildings: evaluation of acoustic performance

Rodolfo Bringel Pereira, Pesquisador, Universidade de Pernambuco.

rodolfobringel@hotmail.com

Alberto Casado Lordsleem Jr., Prof^o Doutor, Universidade de Pernambuco.

acasado@poli.br

Resumo

A cultura construtiva brasileira, em maior parte, é caracterizada por edifícios com vedações verticais compostas de blocos cerâmicos ou de concreto. Porém, nos últimos anos, algumas inovações tecnológicas vêm ganhando espaço, dentre elas, o drywall e a parede maciça de concreto. No Brasil, as avaliações técnicas destas vedações são baseadas na norma de desempenho NBR 15575 que define os requisitos mínimos para a execução de um edifício. Este trabalho apresenta uma revisão sistemática baseada nas diretrizes PRISMA, utilizando como bases o Portal de Periódicos da CAPES, Google Scholar e SciELO, com objetivo de encontrar estudos com medições sonoras e comparar os resultados com a normatização nacional. Inicialmente, 532 resultados foram encontrados, sendo apenas 28 de fato abordando os assuntos estudados. Realizando a leitura completa, foram escolhidos 14 trabalhos. Os resultados mostraram que 14,3 % das vedações não atendiam aos limites mínimos estabelecidos; enquanto 76,2% obtiveram apenas a classificação mínima.

Palavras-chave: Desempenho acústico; Drywall; Parede maciça de concreto; NBR 15575; Metodologia Prisma

Abstract

The Brazilian construction system, in the majority, is characterized by buildings with vertical seals composed of ceramic or concrete blocks. However, in recent years, some technological innovations are being highlighted, among them drywall and massive concrete wall. In Brazil, the technical evaluations are based on performance standard NBR 15575 which defines the minimum requirements for the execution of a building. This study presents a systematic literature review based on the PRISMA guidelines, using as a research tool the Portal of Periodicals of CAPES, Google Scholar and SciELO, with the aim of finding studies with sound measurements and comparing the results with national standardization. Initially, 532 results were found, with only 28 selected. After completing the Reading, 14 papers were selected. The results showed that 14.3% of the walls do not attend the minimum limits, while 76.2% obtained only the minimum classification.

Keywords: Acoustic performance; Drywall; Massive concrete wall; NBR 15575; Prisma methodology

1. Introdução

Com a entrada em vigor da NBR 15575 “Edificações Habitacionais – Desempenho” (ABNT, 2013), a indústria da construção civil deu início a uma série de mudanças em diversos setores, tendo em vista as exigências determinadas pela normatização. Dentre as novas recomendações, destaca-se as relacionadas ao desempenho acústico das vedações verticais, dispostas na quarta parte da norma, nas quais trazem os requisitos mínimos para garantir um bom isolamento acústico.

A parte 4 da normatização, denominada “Sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE)”, diferencia o desempenho das edificações quanto a classe, relacionada à localização do edifício em relação a fontes de ruídos, tais como tráfego de veículos, áreas comerciais e outras; e quanto ao nível de desempenho estabelecidos, que podem ser Mínimos (M), Intermediário (I) e Superior (S).

Em se tratando de ensaios em laboratório, as alvenarias em blocos cerâmicos e de concreto possuem resultados de isolamento sonora conhecidos e divulgados na construção civil (SILVA JÚNIOR, 2014). Essas tipologias de vedações são também as tradicionalmente utilizadas no Brasil. Todavia, segundo Rezende, Morais Filho e Nascimento (2014), o incremento da espessura das alvenarias de concreto ou cerâmico, embora melhore o desempenho acústico, diminui o espaço útil dos ambientes e o peso da construção.

Dentro deste contexto, destacam-se duas tecnologias que, apesar de já consolidadas no setor de construção em algumas regiões do mundo, retornaram com ênfase mais recentemente nas duas últimas décadas no Brasil, impulsionadas pelas determinações da NBR 15575 (ANBT, 2013): o drywall e a parede maciça de concreto.

O drywall se dá pela junção de duas chapas de gesso acartonado, podendo ser preenchidas internamente por algum material termoacústico de isolamento (REZENDE; MORAIS FILHO; NASCIMENTO, 2014). Caracterizado como uma construção seca por dispensar uso de argamassa em sua execução, o drywall apresenta-se como uma alternativa viável quando se leva em conta a dinamização da economia de mercado e aumento da competitividade no setor da construção civil brasileira (SANTOS; RACHID, 2016).

A parede maciça de concreto, também reconhecida na literatura como parede de concreto moldada in loco, é um elemento estrutural autoportante, concretado com elementos de fachada e armaduras, constituindo assim uma finalidade estrutural no sistema (NBR 16055; 2012, p.3).

Baltokoski (2015) relaciona a aplicação desta tecnologia na melhoria do desempenho acústico com a densidade do concreto, pois, segundo a Lei da massa, quanto maior o peso próprio da vedação, há um aumento proporcional do isolamento acústico devido à redução das vibrações sonoras no interior da parede.

Apesar do uso incipiente das referidas tecnologias na atualidade, ambas estão inseridas no Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de produtos inovadores (SINAT), ligado ao Ministério das Cidades, que tem por objetivo avaliar os sistemas construtivos inovadores com base na norma de desempenho vigente ou diretrizes técnicas para cada sistema. Com isso, tanto o drywall quanto a parede maciça de concreto são consideradas tecnologias inovadoras de vedações verticais, nas quais ainda existe uma insuficiência de dados técnicos e necessidade de estudos mais aprofundados (LORENZI; SILVA FILHO, 2015; SANTOS; RACHID, 2016).

Diante desses fatos, o presente trabalho visa, a partir de revisão sistemática da literatura, o levantamento de critérios nacionais e internacionais vigentes para a determinação do desempenho acústico do drywall e parede maciça de concreto, bem como buscar resultados de medições acústicas, em laboratório e em campo, das referidas inovações tecnológicas.

2. Referencial teórico

2.1. Isolamento acústico

O isolamento acústico consiste na diminuição da transmissão de energia sonora de um ambiente para outro, que pode ser realizado pelas vedações verticais e horizontais de uma edificação. Esta energia sonora se propaga por dois meios: via aéreo e/ou via sólido, através de vibrações de impacto (GERGES, 2000; COSTA, 2016).

Desta forma, caracterizar o desempenho acústico de vedações verticais consiste em determinar a capacidade desta partição em impedir a transmissão da energia sonora que incide pelo ar e se propaga no interior da vedação por meio de vibração e através de pequenas aberturas e rachaduras, tendo parte absorvida pela própria estrutura da parede e outra parte transmitida para o interior da edificação (ANDRADE, 2017).

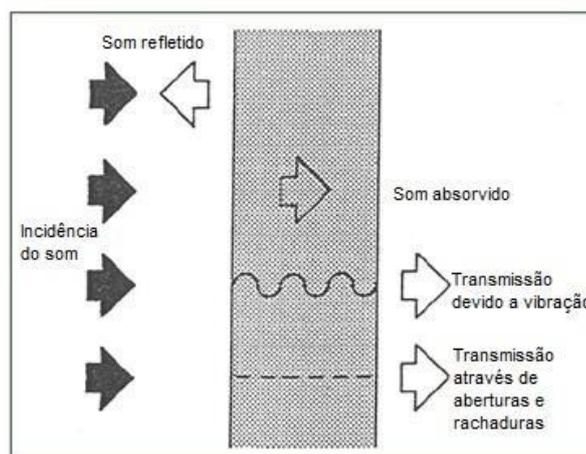


Figura 1: Incidência sonora em obstáculo. Fonte: Andrade (2017).

2.2. Lei da massa

A Lei da massa é caracterizada pela influência da densidade superficial, relação entre a massa e a área superficial, da vedação sobre a isolação sonora (SILVA JÚNIOR, 2014).

Neste sentido, quanto maior a densidade superficial do material, maior as características de isolação acústica apresentada por ele (COSTA, 2016).

Este fenômeno explica o fato de o aumento da espessura das vedações influenciar no isolamento acústico.

2.3. Efeito massa/mola/massa

Apesar do aumento da espessura e da massa das vedações ser fator determinante para a elevação do nível de isolação acústica, este fato vai de encontro aos recentes avanços das tecnologias das vedações, que buscam cada vez mais materiais mais leves e com nível de desempenho satisfatório. É dentro desse contexto que o efeito massa/mola/massa surge como alternativa para adequar sistemas de partições mais leves ao desempenho acústico.

Este efeito é caracterizado pela formação de espaços vazios internos às vedações, que podem ser preenchidos por materiais acusticamente absorventes, sem a necessidade de aumento da densidade superficial (COSTA, 2016).

O espaço interno, caracterizando a “mola”, cria uma fricção entre a onda sonora e o ar ou o material absorvente, dissipando parte da energia sonora em forma de calor, conforme a Figura 2.

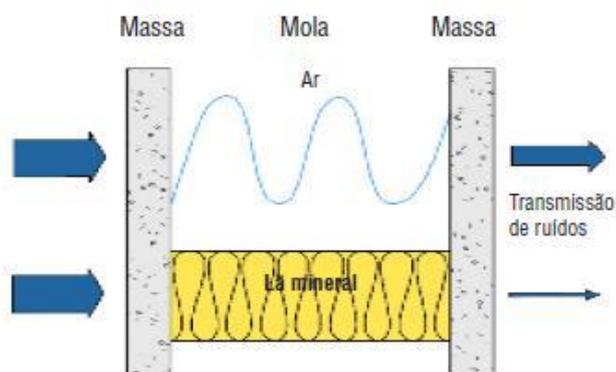


Figura 2: Representação do sistema massa/mola/massa. Fonte: Associação Brasileira do Drywall (2013).

2.4. Drywall

Dentro das novas tecnologias, o drywall veio como opção para diminuir custos e resíduos na obra, além da possibilidade de receber isolamento acústico adequado (FERNANDES, et al., 2018). Regido pela NBR 15758 (ABNT, 2009), denominada “Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem”, o sistema em questão é composto por placas de gesso acartonado fixado em perfis metálicos, contendo acabamento nas juntas e podendo ser preenchida, em seu interior, por algum material termoacústico, tais como lã de vidro, lã de rocha, espuma de poliuretano ou agregado leve como vermiculita (FERNANDES, et al., 2018).

A Figura 3 demonstra o esquema de formação de vedação vertical em drywall utilizando lã de vidro como material de preenchimento, caracterizando um sistema massa/mola/massa.

2.5. Parede maciça de concreto

A parede maciça de concreto é definida pela NBR 16055 (ABNT, 2012) como um elemento estrutural moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar cargas no mesmo plano da parede. Neste sistema, as instalações elétricas e hidráulicas podem ou não ser embutidas.

Lorenzi e Silva Filho (2015) atrelam o uso incipiente deste método ao conhecimento acumulado sobre o concreto pela construção civil. Baltokoski (2015) afirma que a utilização desta tecnologia se dá principalmente em edificações de baixo custo de caráter social, bem como edificações de até cinco pavimentos, apesar da ocorrência de edifícios com mais andares em outros países.

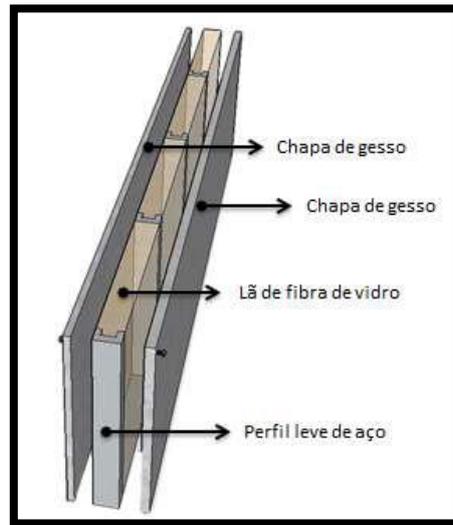


Figura 3: Composição de parede em drywall sem função estrutural. Fonte: Ministério das Cidades (2016).

3. Metodologia

Para o desenvolvimento desta revisão sistemática foram utilizadas as recomendações presentes no método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses (PRISMA) (GALVÃO; PANSANI; HARRAD, 2015).

Este método consiste na elaboração de um checklist com as diretrizes de inclusão de itens na revisão sistemática e um fluxograma de seleção dos estudos levantados. Para tal, é preciso delimitar os critérios de elegibilidade dos estudos, com as estratégias de procura e escolha das obras a serem estudadas (LIBERATI et al, 2009).

Para a seleção dos estudos, os critérios de elegibilidade para a busca por trabalhos foram divididos em duas etapas: a primeira etapa, aqueles que relacionassem os critérios nacionais e/ou internacionais para determinar o desempenho acústico de vedações verticais; e, a segunda etapa, aqueles que apresentassem resultados obtidos por medições sonoras acerca das duas tecnologias tratadas neste trabalho. As plataformas de busca utilizadas foram: Portal de Periódicos da CAPES, Google Scholar e SciELO.

Para a primeira etapa, foram utilizados os termos “desempenho acústico” e “acoustic performance”, correlacionados ou não com os termos “vedações” e “NBR 15575”. No caso específico do banco de dados Google Scholar, foi restrito o idioma (apenas português e inglês) e utilizada a ferramenta de pesquisa “*allintitle:*” (tudo no título), para buscar resultados com as palavras-chave nos títulos, devido a variabilidade dos resultados de busca.

Já para a segunda etapa, foram utilizados os termos “desempenho acústico” correlacionados com os termos “drywall”, “parede maciça” ou “parede de concreto”. Em todas as pesquisas desta etapa, foi estabelecido o intervalo de tempo a partir do ano de 2013, para que os resultados obtidos estivessem de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013).

Uma seleção prévia era realizada a partir da leitura do título e resumo dos resultados das buscas. A partir desta análise, era possível excluir trabalhos com endereço eletrônico desatualizado ou que não estivessem relacionados com o objetivo do trabalho. Optou-se também por incluir todos os tipos de trabalhos acadêmicos (trabalhos de conclusão de curso,

dissertações, teses e artigos), a fim de obter uma maior abrangência nos resultados. O fluxograma das etapas descritas na metodologia está presente na Figura 4.

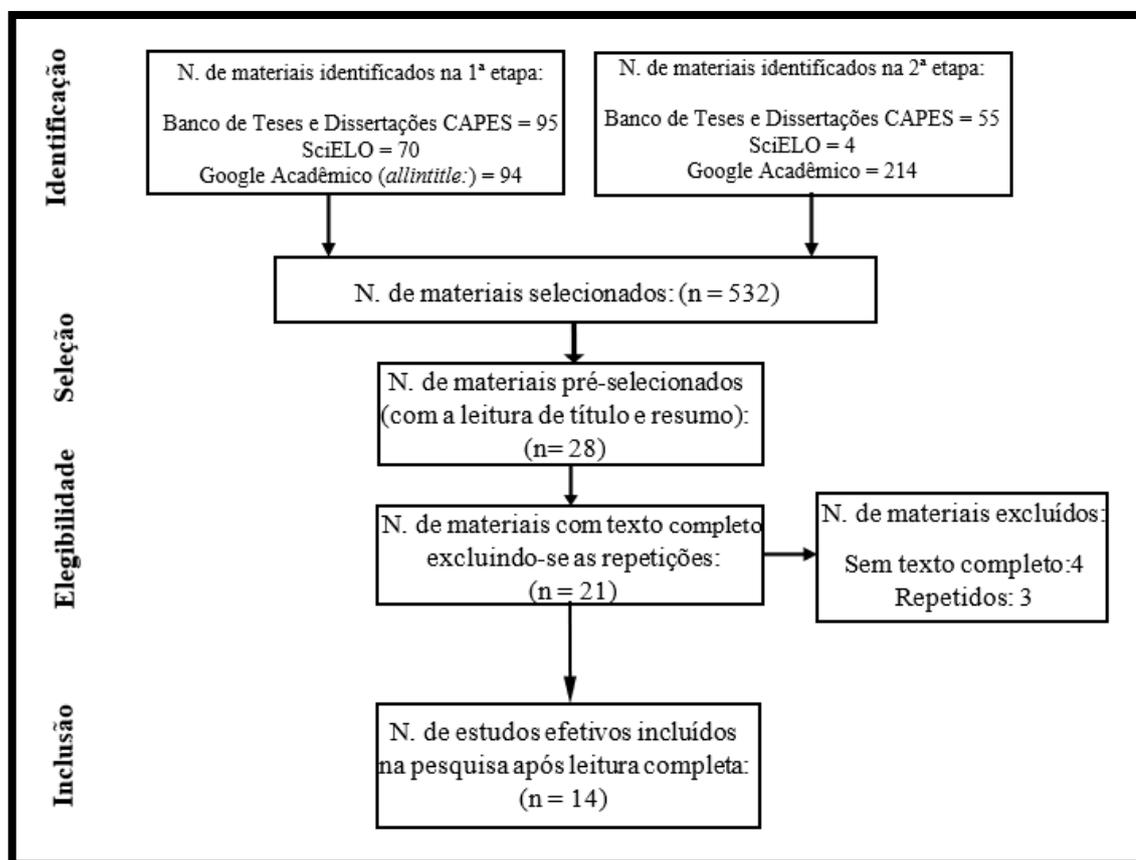


Figura 4: Fluxograma baseado no modelo PRISMA. Fonte: Elaborado pelos autores.

3. Resultados e discussão

3.1. Critérios nacionais e internacionais

De acordo com os resultados expressos na Tabela 1, os critérios nacionais adotados para as tecnologias drywall e parede maciça de concreto são baseados nas Diretrizes SINAT e na NBR 15575 (ABNT, 2013). Todavia, as Diretrizes SINAT têm como objetivo principal avaliar os sistemas construtivos inovadores com base na Norma de Desempenho em vigência, que neste caso é a própria NBR 15575 (ABNT, 2013).

Desta forma, a referida normatização se caracteriza como critério nacional, sendo auxiliada pelas Diretrizes SINAT.

Internacionalmente, a ISO 16283 (ISO, 2014), denominada “*Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements*”, estabelece os novos critérios e requisitos para medições de isolamento sonoro, tanto em campo quanto em laboratório, em substituição a outras normas ISO, em especial a ISO 140. Segundo Costa (2016), algumas das principais alterações técnicas que na normativa mais recente estabeleceu foram mudanças nas frequências utilizadas pelos equipamentos, possibilidade de medição com operador e mobília no interior do ambiente, mantendo as condições normais de uso da habitação, além de requisitos mínimos para os equipamentos de medição sonora, padronizando-a.

Além da ISO 16283, outras normas são adotadas por diversos países, assim como o Brasil adota a NBR 15575. Algumas destas normativas estão descritas na Tabela 1.

Autor	Crítérios Nacionais	Crítérios Internacionais	Países de abrangência
Costa (2016)	NBR 15575 (ABNT, 2013)	ISO 16283-1 (Substituiu a ISO 140-4) ISO 16283-3 (Substituiu a ISO 140-5)	Internacional
		TUG0901 – <i>Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Construction</i> (2014)	Países da América, Europa e Oceania
		IBC – <i>International Building Code</i> (2012)	Estados Unidos
Rezende, Morais Filho e Nascimento (2014)	NBR 15575 (ABNT, 2013)	ISO 140-4 ISO 717-1	Internacional
Penedo e Oiticica (2014)	NBR 15575 (ABNT, 2013)	ISO 140-4 ISO 140-5	
Takahashi (2016)	NBR 15575 (ABNT, 2013)	ISO 140-4 ISO 140-5 ISO 717-1	
Andrade (2017)	NBR 15575 (ABNT, 2013)	Código Técnico de Edifícios (CTE)	Espanha
		ASTM	Estados Unidos
		<i>Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA)</i>	França
Ministério das Cidades (2017)	SINAT Nº 001/03 – Diretriz para Avaliação Técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local	-	-
Ministério das Cidades (2016)	SINAT Nº 003/02 – Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas	-	-

Tabela 1: Distribuição dos resultados da revisão sistemática que tratam de critérios nacionais e internacionais. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Medições sonoras das inovações tecnológicas

A segunda etapa da metodologia teve como objetivo buscar na literatura levantamentos de medições sonoras envolvendo as duas tipologias de vedações estudadas - drywall e parede maciça de concreto. Ao todo, 7 estudos foram selecionados após a análise dos textos das obras encontradas após os critérios de elegibilidade.

Vale salientar que Santos e Rachid (2016) realizaram seus levantamentos com as esquadrias abertas e fechadas, em todos os ambientes de três apartamentos localizados em pavimentos diferentes. Para adequação aos demais resultados dos outros autores, considerou-se neste trabalho apenas os resultados para esquadrias fechadas dos ambientes de sala e dormitório. Para estes dois ambientes, foi realizado no mínimo dois levantamentos em cada. Tomamos, na Tabela 2, o valor mínimo encontrado.

Silva Júnior (2014) realizou levantamento em vedações de 8 pavimentos diferentes de uma mesma edificação. Fernandes et al. (2018) realizou medições em laboratório de paredes em drywall com dois tipos de isolantes termoacústicos, lã de vidro e lã de rocha, respectivamente, conforme mostra a Tabela 2.

De acordo com a Figura 5, o percentual de levantamentos que atenderam aos requisitos dispostos na normatização nacional foi de 85,7%. Desses, apenas 4,8% chegaram ao nível superior; 4,8% ao nível intermediário; enquanto 76,2% obtiveram o desempenho mínimo estimado dentro de suas classes.

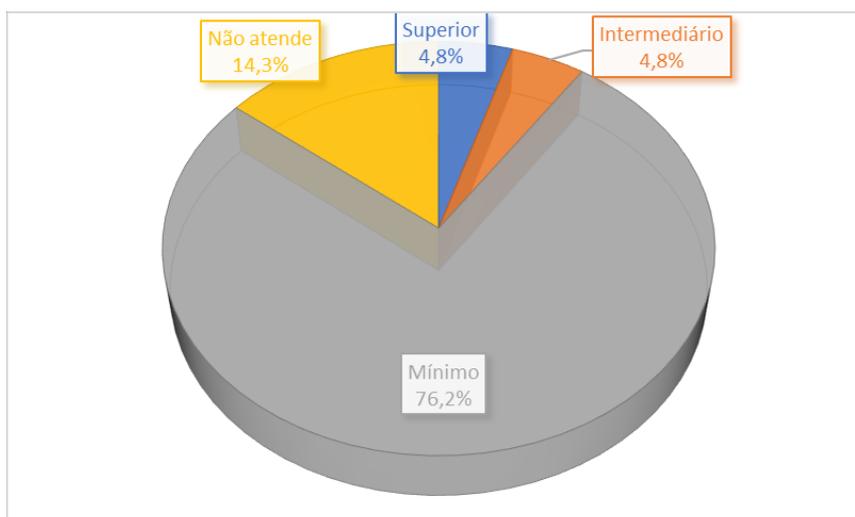


Figura 5: Distribuição de níveis de desempenho das obras estudadas. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.1. Análise dos resultados para drywall

De acordo com a Tabela 2, todos os resultados obtidos para as vedações em drywall estavam localizadas no interior das edificações, com exceção dos resultados de Fernandes et al. (2018). Este fato é explicado pelo SINAT nº 003/02 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016), pelo fato de vedações em drywall que se encontram em áreas molháveis ou molhadas necessitarem de impermeabilização apropriada, encarecendo o produto.

Autor	Tipologia de vedação	Localização entre ambientes	Parâmetro	Desempenho acústico	Classificação do desempenho quanto à NBR 15575
Baltokoski (2015)	Parede maciça de concreto	Fachada	$D_{2m,nT,W}$	46 dB	Superior (S)
Lorenzi e Silva Filho (2015)	Parede maciça de concreto	Fachada	$D_{2m,nT,W}$	29 dB	Mínimo (M)
		Sala e dormitório	$D_{nT,W}$	43 dB	Não atendeu aos limites da norma
Santana et al (2017)	Parede maciça de concreto	Dormitório e áreas comuns	$D_{nT,W}$	27 dB	Não atendeu aos limites da norma
		-	$D_{2m,nT,W}$	26 dB	Mínimo (M)
	Drywall	Dormitório e áreas comuns	$D_{nT,W}$	26 dB	Não atendeu aos limites da norma
Santos e Rachid (2016)	Drywall	Sala e ambientes da mesma unidade	$D_{nT,W}$	42 dB	Mínimo (M)
				43 dB	
				41 dB	
	Dormitório	$D_{nT,W}$	43 dB	Mínimo (M)	
			42 dB		
			43 dB		
Silva Júnior (2014)	Parede maciça de concreto	Salas de unidades distintas	$D_{nT,W}$	41 dB	Mínimo (M)
				42 dB	
				42 dB	
				43 dB	
				43 dB	
				43 dB	
				44 dB	
46 dB	Intermediário (I)				
Matoski e Ribeiro (2016)	Drywall	Dormitórios	$D_{nT,W}$	44 dB	Mínimo (M)
Fernandes et al. (2018)	Drywall	-	R_w	48 dB	-
				40 dB	

Tabela 2: Distribuição dos resultados da revisão sistemática que tratam de medições de desempenho acústico. Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentre os resultados mostrados na Tabela 2, dois deles em laboratório. Dentre os que faziam parte das edificações, apenas um resultado não atendeu aos critérios estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013). Os demais, totalizando 87,5%, atingiram o requisito Mínimo (M) de acordo com o ambiente ao qual faziam parte.

Cabe ressaltar que o resultado obtido por Santana et al. (2017) foi encontrado para uma divisória em drywall sem incremento de material termoacústico entre as placas de gesso acartonado, diferentemente dos demais autores. Este fato pode ter sido fundamental para o

nível de desempenho obtido pelo autor. Em todos os casos, as paredes de drywall possuíam 9 cm de espessura com duas placas de gesso acartonado.

Fernandes et al. (2018) utilizaram lã de vidro (48 dB) e lã de rocha (40 dB), realizando três medições (distantes de 1m, 2m e 3m da superfície da vedação). Foi adotado na Tabela 2 o valor médio entre as três determinações.

Portanto, nota-se que a utilização de material termoacústico de preenchimento no interior das placas de gesso acartonado no sistema drywall é fator determinante no desempenho acústico da vedação, configuração que se baseia no efeito massa/mola/massa. Além disso, segundo os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013), todos os elementos com preenchimento obedeceram os níveis mínimos para suas respectivas localizações nos ambientes internos.

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC), levando-se em conta o sistema drywall com 2 chapas de gesso acartonado e preenchimento de lã de vidro, o valor de laboratório para R_w é de 41 dB, demonstrando assim que os resultados obtidos na Tabela 2 para sistemas com material termoacústico se mostraram iguais ou superiores.

3.2.2. Análise dos resultados para parede maciça de concreto

De acordo com a Tabela 2, para os resultados de desempenho acústico para paredes de concreto moldadas no local, 15,4% não atendem aos requisitos mínimos. Dos que atendem, 69,2% obtiveram apenas a classificação mínima.

Dentre os elementos de fachada, todos os resultados estão de acordo com os níveis estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013), sendo 1 resultado em nível Superior e 2 em nível Mínimo. Já dentre as vedações internas, que possui valores, em maioria, acima dos estabelecidos para fachadas, 2 resultados não obtiveram o mínimo de desempenho exigido.

Autor	Espessura da vedação	Revestimento
Baltokoski (2015)	8 cm	Argamassa com 1,5 cm de espessura apenas no lado externo.
Lorenzi e Silva Filho (2015)	10 cm	Não há informação sobre o revestimento.
Santana et al. (2017)	10 cm	Argamassa com 2,5 cm de espessura nas duas faces.
Silva Jr. (2014)	10 cm	Massa corrida com 5 mm de espessura nas duas faces.

Tabela 3: Caracterização das paredes maciças de concreto quanto à espessura e revestimento. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados de Santana et al. (2017) para a parede maciça de concreto se mostraram inferiores à média dos demais autores, apesar de possuir o revestimento de maior espessura de acordo com a Tabela 3. Este fato é levado em questão pelos autores, que supõem a qualidade do material. Além disso, os autores atrelam os resultados a necessidade da adoção de técnicas ou materiais para melhorar o desempenho das tecnologias de vedação estudadas, dentre eles a parede de concreto.

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC), o valor de R_w para paredes de concreto com 10 cm de espessura é de 41 dB. Assim, considerando a margem de 5 dB entre os valores de R_w e aqueles encontrados em campo, 76,9% dos resultados estão de acordo com a recomendação CBIC.

4. Conclusões

As referências bibliográficas selecionadas através da revisão sistemática adotada neste trabalho mostraram que, embora a frequência de estudos acerca do desempenho acústico de vedações verticais tenha aumentado após a entrada em vigor da NBR 15575 (ABNT, 2013), a quantidade ainda é insuficiente para tirar-se evidências científicas efetivas quanto a adequação dos sistemas construtivos drywall e parede maciça de concreto.

Dos resultados de desempenho acústico listados na Tabela 2, um total de 14,3% não estava de acordo com os critérios mínimos estabelecidos na normatização nacional. Dentre os resultados que atendiam à norma de desempenho, 87,5% dos levantamentos em drywall estavam dentro dos limites mínimos, assim como 84,6% das observações em parede maciça de concreto. Todavia, os únicos resultados que atingiram os níveis Intermediário (I) e Superior (S) foram da tecnologia da parede de concreto. Estes resultados mostram que, por conta da maioria atingir apenas o nível Mínimo (M), ainda existem dificuldades por parte das empresas construtoras em adequar os sistemas de vedação aos níveis de isolamento acústicos mais elevados, propiciando um maior conforto aos usuários finais da edificação.

Com isso, esta revisão destaca a necessidade de maiores estudos para o desenvolvimento de melhores práticas que potencializem os níveis de desempenho para a utilização dos sistemas de vedação em drywall e parede maciça de concreto.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

- ANDRADE, F. K. G. **Análise de desempenho acústico das vedações verticais**. 2017. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. **Desempenho acústico em sistemas drywall**. 2013. 23 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15758**. Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**. Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.
- BALTOKOSKI, P. L. C. **Comparativo térmico e acústico entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldada no local**. 2015. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.
- COSTA, S. P. B. M. C. Isolamento acústico aéreo em campo de partições verticais em construção light steel framing em habitações unifamiliares. 2016. 202 f. Dissertação

(Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

FERNANDES, D. et al. Eficiência acústica: lã de vidro e de lã de rocha como isolantes para o sistema drywall. **Anais da Engenharia Civil** / 2595-1823, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 115 - 129, 2018.

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s.l.], v. 24, n. 2, p.335-342, jun. 2015. Instituto Evandro Chagas. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742015000200017>.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2 ed. Florianópolis, 2000. 676 p.

INTERNACIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION - **ISO 16283-1: Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation**. Brussels, 2014.

LIBERATI, Alessandro et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Annals of internal medicine**, v.151, n.4, p.w-65-w-94, 2009.

LORENZI, L. S.; SILVA FILHO, L. C. P. Análise de desempenho de paredes de concreto armado frente a ABNT NBR 15575. In: congresso brasileiro do concreto, 57., 2015, Bonito. **Anais**. Bonito: Ibracon, 2015. p. 1 – 15.

MATOSKI, A.; RIBEIRO, R. S. Evaluation of the acoustic performance of a modular construction system: Case study. **Applied Acoustics**. Curitiba, p. 105-112. 04 jan. 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação. **Diretriz SINAT nº 003/02**. Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas. Brasília, 2016.

REZENDE, J. M. S.; MORAIS FILHO, J. C. G.; NASCIMENTO, N. L. F. **O desempenho acústico segundo a norma de desempenho ABNT NBR 15575: Isolamento sonoro contra ruído aéreo de vedações verticais internas medido em campo**. 2014. 124 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

SANTANA, W. B. et al. Rating of acoustic performance levels of NBR 15575 (2013) based o user perception: A case study in the Brazilian Amazon. **Building Acoustics**. V. 24(4), p. 239-254, 2017.

SANTOS, J. T.; RACHID, L. E. F. As inovações tecnológicas do drywall aplicadas ao mercado da construção civil. **Revista Thêma Et Scientia**. Cascavel, v. 6, n. 2, p.184-205, dez. 2016.

SILVA JÚNIOR, O. J. **Avaliação do desempenho acústico de edificações segundo a NBR 15575 na Região Metropolitana do Recife: Edifícios residenciais**. 2014. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BLOCOS A PARTIR DE MISTURAS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Evaluation of the brick production from mixtures of soil-cement with the addition of civil construction waste

Emila Jarutais Fensterseifer, acadêmica de engenharia civil, UNIJUÍ.

emilia_fenst@hotmail.com

Diorges Carlos Lopes, professor mestre do curso de engenharia civil, UNIJUÍ.

diorges.lopes@unijui.edu.br

Milena Mori Mazzurana, acadêmica de engenharia civil, UNIJUÍ.

milena.mazzu@gmail.com

Stéfano Zuriel Buratti Viecili, acadêmico de engenharia civil, UNIJUÍ.

stefano.v01@unijui.edu.br

Resumo

Com o aumento na geração de resíduos da construção civil, a demanda por formas de reutilização dos mesmos, tem-se tornado cada vez mais frequente. Uma vez que, o emprego desse material em sistemas construtivos sustentáveis proporciona uma redução nas quantidades dos materiais que os constituem. Devido a isso, o presente artigo visa avaliar a produção de blocos de solo-cimento com a adição de resíduos da construção civil, considerando uma mistura composta pelas seguintes porcentagens de materiais: 20% de RCC, 30% de areia média, 40% de solo e 10% de cimento. Após a moldagem dos blocos e realização dos ensaios de resistência a compressão e absorção de água, foi possível perceber que, no primeiro ensaio, todos os blocos apresentaram valores superiores aos exigidos por norma. Já no ensaio de absorção de água, os blocos apresentaram índices superiores ao admitido em norma, portanto é uma característica que deverá passar por melhorias para que este método construtivo possa ser utilizado.

Palavras-chave: Sustentabilidade; RCC; Ecológico;

Abstract

The increase in the civil construction area generate an growth in the volume of resulting waste of this activity, consequently the demand for reuse forms become more frequent, because the use of this material in constructive sustainable systems growth an reduction in the constituents material quantities, as well as in the cost of the final product. Because of this,

the article aims the evaluation of the bricks production from mixtures of soil-cement with the addition of civil construction waste. Upon the moulding of the bricks and the executed of the test of compressive strength and the test of water absorption, was possible to understand that, in the first, all the bricks shows indices bigger than the required in the standards. However, in the test of water absorption, the bricks shows indices bigger than the admitted in the standards, therefore that is a characteristic that have to pass for improvements for the bricks start to being used.

Keywords: Sustainability; CCW; Ecological;

1. Introdução

Tendo em vista que, o aumento na produção do setor da construção civil gera um crescimento no volume de resíduos resultantes desta atividade, a demanda por formas de reutilização dos mesmos tem-se tornado cada vez mais frequente. Uma vez que, o emprego desse material em sistemas construtivos sustentáveis proporciona uma economia significativa nas quantidades dos materiais que os constituem, bem como no custo do produto final.

Delongui et al. (2011) afirma que a produção per capita de RCC no Brasil em média é igual a 510 kg/hab.ano. Considerando uma população segundo o IBGE (2017) de 208,8 milhões de habitantes, tem-se a relevância do emprego destes resíduos em novos materiais e métodos construtivos, já que esta quantidade pode ser considerada exorbitante.

Segundo Souza et al. (2008) na composição do solo-cimento, o solo é o material que entra em maior proporção, devendo ser selecionado de modo que permita o menor consumo possível de cimento.

A NBR 10833/2012 estabelece alguns critérios que o solo utilizado para a produção do bloco de solo-cimento necessita atender. Tendo em vista estes critérios, Ferraz (2004) declara que, em situações nas quais o solo não possui essas características, diversos autores consideram a possibilidade de se efetuarem correções em sua granulometria. Ou também, a sua estabilização através da composição com solos mais arenosos ou mesmo a adição de areia grossa, proporcionando um resultado favorável técnica e economicamente.

Souza et al. (2008) afirma que quando passam por um processo de trituração, os resíduos da construção civil apresentam características semelhantes às de uma areia grossa. Sendo possível a sua adição em solos finos visando a correção da composição granulométrica dos mesmos.

Partindo desta ideia, o presente estudo justifica-se pela busca da possibilidade de confecção de blocos de solo-cimento com a adição de resíduos da construção civil (RCC). Com a finalidade de realizar o reaproveitamento dos mesmos, evitando uma destinação final inadequada e produzindo um sistema construtivo sustentável.

2. Procedimentos metodológicos

A metodologia deste estudo será dividida em quatro etapas, sendo elas: caracterização granulométrica de cada material constituinte da mistura, elaboração de um traço inicial para a mesma, ensaio de resistência a compressão e, por fim, a realização do ensaio de absorção de água.

Inicialmente, foram coletados e levados à estufa sob uma temperatura de 110°C todos os materiais constituintes da mistura (solo, areia e RCC). O solo utilizado tem origem no campus da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, localizada no município de Ijuí, sendo o local de retirada apresentado na Figura 1.



Figura 1- Local de retirada do solo. Fonte: elaborado pelos autores.

A areia utilizada é do tipo média, já na escolha do cimento optou-se pelo CP V ARI, pois proporciona à mistura alta resistência inicial.

Conforme consta no artigo 3º da Resolução 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), os resíduos da construção civil são divididos em quatro classes. O utilizado nesta pesquisa é fornecido pela empresa RESICON localizada no município de Santa Rosa no Estado do Rio Grande do Sul, sendo classificado como I- Classe A, especificada a seguir:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

2.1 Caracterização granulométrica

Após a coleta e secagem dos materiais, foram realizados os ensaios de caracterização granulométrica conforme a NBR NM 248 (2003). Esta determina no item 5.2.2 que deve-se encaixar as peneiras, previamente limpas, de modo a formar um único conjunto das mesmas, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo e, ainda, prover um fundo de peneiras adequado para o conjunto.

Realizou-se este procedimento para os três materiais constituintes da mistura, considerando as peneiras de aberturas de 9.5mm, 6.3mm, 4.8mm, 2.4mm, 1.2mm, 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm e 0.075mm.

2.2 Elaboração do traço inicial da mistura

Tendo em vista que, os blocos de solo-cimento devem apresentar uma superfície esmerada como acabamento (se assemelhando aos *pavers*) e uma resistência elevada (tal como os blocos de concreto) o traço inicial da mistura foi gerado com base nos estudos de FERNANDEZ (2008). Uma vez que, este autor estuda os métodos construtivos citados acima.

Após a determinação do traço e mistura dos materiais, os blocos foram moldados através de uma prensa hidráulica, que pode ser observada na Figura 2 a seguir.



Figura 2- Prensa hidráulica. Fonte: elaborado pelos autores.

2.3 Ensaio de resistência a compressão

Realizou-se o ensaio de resistência a compressão aos 28 dias após a moldagem dos blocos, sendo este executado conforme a NBR 8492/2012. Esta norma, por sua vez, estipula valores mínimos de resistência que os blocos devem obter para serem utilizados como sistema construtivo, sendo estes: mínimo de 1,7 Mpa para cada bloco individualmente e para a média das resistências entre todos os blocos da moldagem deve-se obter no mínimo 2 Mpa.

Para a execução deste ensaio, é necessário que os blocos passem pelo processo de capeamento e após sua cura, os mesmos são deixados submersos em um tanque com água durante o período de 24 horas. Sendo este, considerado o estado mais crítico em que os mesmos podem se encontrar. Após este período, levam-se os blocos para a prensa e uma carga de compressão é aplicada sobre os mesmos, gerando assim o valor da sua resistência.

2.4 Ensaio de absorção de água

Este ensaio mostra, em porcentagem, a relação entre o peso seco da amostra e o peso saturado da mesma, visando apontar a quantidade de água que a mistura absorve em seu estado mais crítico (submerso). Para a realização do mesmo, os blocos são levados à estufa durante o período de 24 horas. Passado este período, são retirados da estufa e pesados, este valor é anotado gerando assim a massa seca do bloco (M_s).

Por conseguinte, os blocos são levados a um tanque, onde ficam submersos durante um período de 24 horas. Decorrido este tempo, retiram-se os mesmos do tanque para a realização de sua pesagem, este valor é anotado gerando assim a massa úmida do bloco (M_u).

A NBR 8492 (2012) apresenta a equação (equação 1) para a obtenção dos índices de absorção de sendo que os mesmos, não devem ultrapassar o valor de 20%.

$$AA(\%) = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

AA- absorção de água em porcentagem; M_u - massa úmida do bloco; M_s - massa seca do bloco;

3. Resultados

A partir do ensaio de caracterização granulométrica, foram gerados os gráficos 1, 2 e 3, que apresentam a porcentagem retida acumulada de material em cada peneira. Sendo possível observar a composição granulométrica da areia no Gráfico 1, demonstrado abaixo.

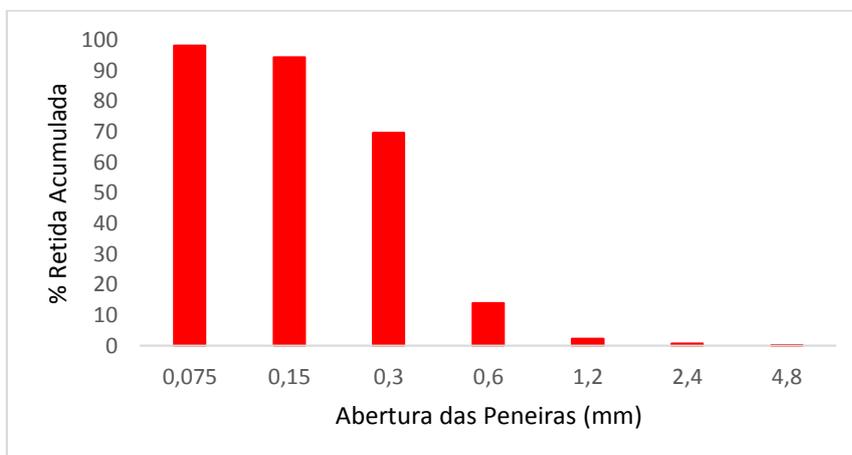


Gráfico 1- Composição granulométrica da Areia. Fonte: elaborado pelos autores.

Já o Gráfico 2, anexado abaixo, representa a composição granulométrica do solo.

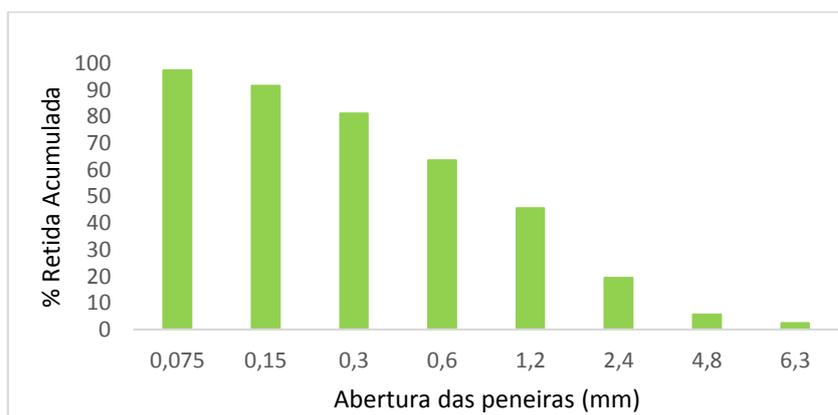


Gráfico 2- Composição granulométrica do Solo. Fonte: elaborado pelos autores.

E por fim, o Gráfico 3 referente a composição granulométrica dos resíduos da construção civil, anexado a seguir.

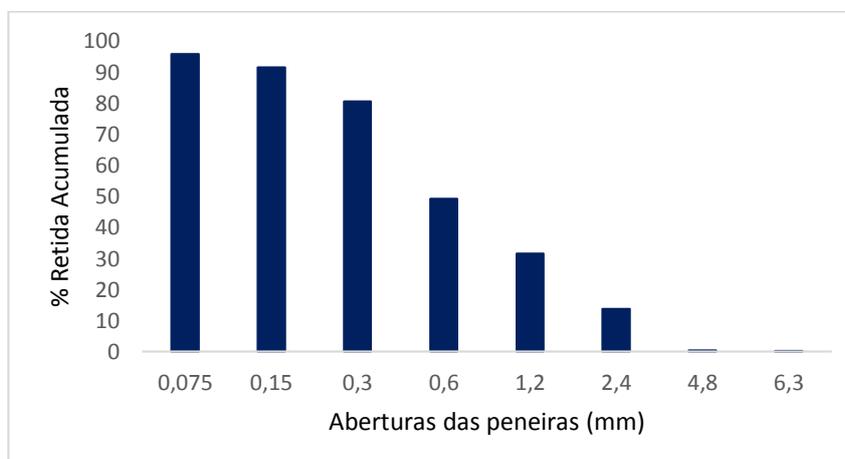


Gráfico 3- Composição granulométrica do RCC. Fonte: elaborado pelos autores.

Baseando-se nas representações gráficas 1, 2 e 3, mostradas anteriormente e na distribuição granulométrica de cada material, gerou-se uma curva granulométrica da mistura de solo-cimento, que pode ser observada na Figura 3 mostrada a seguir.

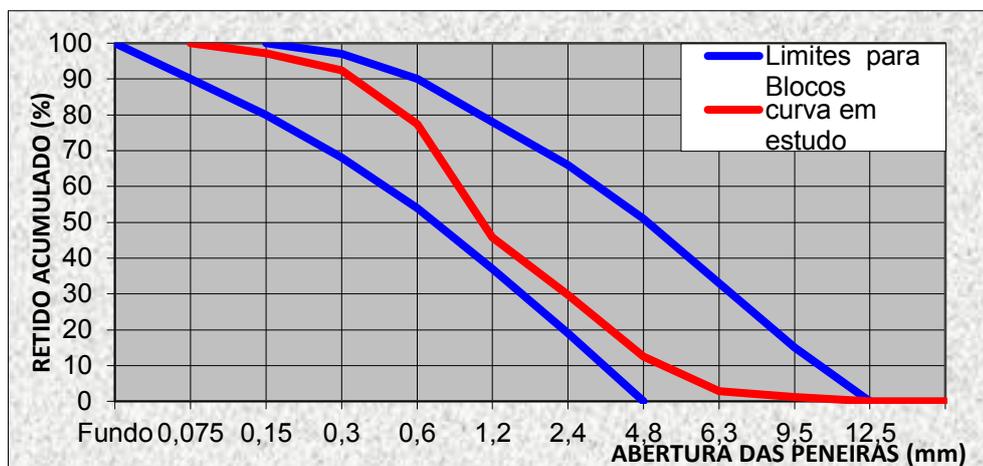


Gráfico 4- Curva Granulométrica de Consumo para Blocos de Solo Cimento. Fonte: Adaptado de Idário Fernandez.

Utilizaram-se limites inferiores e superiores de faixas granulométricas indicadas por FERNANDEZ (2008), já que, trata-se de uma estimativa inicial de uma composição granulométrica. Este autor, por sua vez, expõe com base em seus conhecimentos laboratoriais, limites observados para a produção de *pavers* e blocos de concreto.

Os limites estipulados pelo autor serviram como base para a elaboração de um traço inicial. Sendo constituído pelas seguintes porcentagens: 20% de RCC, 30% de areia média, 40% de solo e 10% de cimento. Tais porcentagens, foram transformadas para quilogramas, gerando os seguintes valores: 3 Kg de cimento, 6 Kg de RCC, 9 Kg de areia e 14 Kg de solo, resultando um total de 32 Kg de material.

Analisando a composição da mistura, optou-se pela utilização de 3% de aditivo plastificante e realização do peneiramento dos materiais na peneira de abertura de 4.75mm, proporcionando um melhor acabamento final aos blocos.

Realizou-se a mistura dos componentes até que se obtivesse uma consistência homogênea. Após, determinou-se a quantidade de água a ser utilizada por meio de um teste visual e manual, visando assim, atingir uma umidade adequada. Passado esse processo a mistura foi colocada na prensa, para que se realizasse a moldagem dos blocos.

Após a moldagem, os blocos foram depositados em um local seco, como pode-se observar na Figura 3, para que ocorresse a cura do material, fazendo com que estivessem prontos para a realização dos ensaios exigidos em norma.



Figura 3- Blocos após a moldagem. Fonte: elaborado pelos autores.

Após um período de cura de 28 dias, os blocos passaram pelo processo de capeamento e foram levados à prensa para a realização do ensaio de resistência a compressão (como mostra a Figura 4).



Figura 4- Ensaio de resistência a compressão. Fonte: elaborada pelos autores.

Com base no ensaio citado acima, foi possível gerar a Tabela 2, demonstrada a seguir com as respectivas resistências obtidas pelos blocos.

Corpo de prova	Resistência aos 28 dias (Mpa)
1	2,67
2	4,07
3	2,93
4	2,71
5	3,15
6	2,48
7	3,2

Tabela 2- Determinação da resistência a compressão. Fonte: elaborado pelos autores.

É possível analisar que os blocos atenderam os critérios exigidos pela norma NBR 8492/2012, referentes aos valores de resistência a compressão, já que nenhum bloco apresentou resistência individual menor que 1,7 Mpa e a média entre as resistências resultou em 3,03 Mpa.

Em sequência, para a realização do ensaio de absorção de água, os blocos ficaram submersos em um tanque durante 24 horas (Figura 5). Representando o estado mais crítico ao qual poderiam ser submetidos.



Figura 5- Ensaio de absorção de água. Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados obtidos no ensaio citado acima são apresentados na Tabela 3 demonstrada a seguir.

Corpo de prova	Absorção de água (%)
8	21,42
9	21,73
10	22,8

Tabela 3- Determinação do índice de absorção de água. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da análise dos índices de absorção de água obtidos no ensaio citado anteriormente, foi possível perceber que os blocos apresentaram porcentagens de absorção acima dos 20% admitidos pela NBR 8492/2012. Portanto, esta é uma característica que deve ser melhorada para que os mesmos estejam aptos à utilização em edificações.

4. Considerações finais

O presente estudo nos mostra que o bloco de solo-cimento é um sistema construtivo que traz inúmeras vantagens quando comparado aos sistemas atuais, já que grande parte de sua composição consiste em um material abundante e de baixo custo, o solo. Além disso, a possibilidade de adição de resíduos da construção civil à mistura, gera benefícios ambientais, visto que estes por sua vez, poderiam ser descartados de forma incorreta.

Cabe ressaltar que além dos itens citados anteriormente, seu formato presa por uma alvenaria mais homogênea apresentando tijolos dimensionais que lhe conferem a possibilidade de serem utilizados sem as camadas de reboco, e se por opção do consumidor o mesmo for realizado, a camada será apenas a recomendada pela NBR resultando inclusive em uma economia nesta etapa.

A partir deste estudo, foi possível perceber que a adição de RCC em misturas de solo-cimento é viável, gerando um produto final que atende os requisitos exigidos pela norma referente a resistência dos blocos. Porém, devem ser realizadas melhorias nos índices de absorção de água dos blocos, já que os mesmos não se encontraram de acordo com a NBR 8492/2012. Por fim, acredita-se que com a realização destas melhorias, será possível produzir um sistema construtivo ecológico e de menor custo que trará benefícios à sociedade e ao meio ambiente.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento: Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio: Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL, IBGE. Censo Demográfico, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=16985&t=destaques>>. Acesso em 25 abr. 2018.

DELONGUI, Lucas et al. Panorama dos resíduos da construção civil na região central do Rio Grande do Sul. Teoria e Prática na Engenharia Civil, Cidade Nova – RS, n.18, p.71-80, nov.2011. Disponível em:

<http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art7_N18.pdf>. Acesso em: 28 mar. de 2018.

FERNANDEZ, IDÁRIO DOMINGUES. Blocos & Pavers- Produção e Controle de Qualidade. 1ª. Ed. Ribeirão Preto- SP: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2008. 120 p. v.1.

FERRAZ, A. L. N. Análise da adição de resíduos de argamassa de cimento em tijolos prensados de solo-cimento. Ilha Solteira: UNESP, 2004. 107p. Dissertação Mestrado

SOUZA, Marcia I. B.; SEGANTINI, Antonio A. S.; PEREIRA, Joelma A. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.12, n.2, p. 205-212, set.2007. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/>>. Acesso em: 20 jan.2018.

Análise de impactos ambientais no segmento de revestimento cerâmico: um estudo comparativo.

Analysis of environmental impacts in the ceramic tile segment: a comparative study.

BATISTA, Bruna; Tecnóloga em Design de Produto; Instituto Federal de Santa Catarina

brunas2batista@gmail.com

DOMARESKI, Talita Siebert; Tecnóloga em Design de Produto; Instituto Federal de Santa Catarina

domareskitalita@gmail.com

NEVES, Carla Arcoverde de Aguiar; Doutora; Instituto Federal de Santa Catarina

carcoverde77@gmail.com

Resumo

O artigo apresenta um estudo de materiais e processos de produção dos produtos oriundos da indústria cerâmica de revestimento de Santa Catarina, focando nas etapas em que ocorrem processos de fabricação danosos e a utilização de materiais poluentes, identificando-os e analisando suas consequências ao meio ambiente e ao organismo humano. Tem-se como objetivo, portanto, realizar uma listagem destes materiais e processos causadores de impactos, sobre os quais o designer deve atuar, buscando transformá-los no sentido de minimizar os danos causados. Para tanto, a metodologia utilizada foi do tipo exploratória por meio de levantamento bibliográfico em publicações variadas e artigos científicos. Além de um estudo de caso em uma empresa de revestimento cerâmico catarinense, concebido por entrevista estruturada, com a finalidade de formar parâmetros para a comparação e discussão entre o que é tratado pela literatura e vivenciado pela indústria.

Palavras Chave: Indústria cerâmica; Processos; Impactos ambientais.

Abstract

The article presents a study of materials and processes for the production of products from the Santa Catarina's ceramic industry, focusing on the stages in which damaging manufacturing processes occur and the use of polluting materials, identifying them and analyzing their consequences for the environment and for the human organism. The objective is to make a list of these materials and processes that cause impacts, on which the designer must act, seeking to transform them in the sense of minimizing the damages caused. Thus, the methodology used was of the exploratory type by means of a bibliographical survey in varied publications and scientific articles. In addition to a case study in a Santa Catarina's ceramic coating company, conceived by structured interview, with the purpose of forming parameters for the comparison and discussion between what is treated in the literature and experienced by the industry.

Keywords: Ceramics industry; Processes; Environmental impacts.

1 Introdução

A cerâmica, é o material artificial mais antigo produzido pelo homem, ela apresenta grande resistência e é frequentemente encontrada em escavações arqueológicas. Por ser submetida à processos de secagem, nos quais a maior parte da água é retirada e logo após entra em contato com altas temperaturas, forma-se características de alta rigidez e resistência mediante a fusão de certos componentes misturados em sua massa base. Assim a cerâmica pode ser utilizada nos mais diferentes campos, tendo-se a sua aplicação em tijolos e revestimentos, além do uso em louças de variadas utilidades. (ANFACER, 2017).

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica (2017), no Brasil as regiões onde mais se desenvolveu a indústria cerâmica, são o Sul e Sudeste, considerando-se que essas regiões possuem maior atividade industrial, melhor infra-estrutura e grande facilidade no acesso às matérias primas utilizadas.

Adotando-se este cenário profícuo, buscou-se realizar um projeto de pesquisa dentro do Programa de Educação Tutorial (PET), no qual identificou-se a necessidade de se correlacionar estudos a respeito de geração de impactos ambientais e a indústria cerâmica.

O projeto visa, portanto, aprofundar-se no reconhecimento do processo de produção de produtos oriundos da indústria cerâmica de revestimento de Santa Catarina, as quais possuem várias deficiências acerca dos seus processos fabris e uso de materiais. Dentre os quais pode-se listar: os impactos ambientais provenientes dos gases liberados durante a queima da cerâmica, materiais tóxicos e efluentes líquidos oriundos da fase de esmaltação e polimento, geração de resíduos e descarte não ideal, os quais são causadores de poluição, problemas graves de saúde e degradação ambiental.

Neste intuito, buscou-se analisar quais materiais e processos ocorridos durante a produção são nocivos para o meio ambiente e também para a saúde humana e animal, por meio de um levantamento de caráter exploratório de base bibliográfica e de estudo de caso realizado junto à uma empresa de revestimentos cerâmicos de Santa Catarina. Com tais recursos, traçou-se um estudo comparativo entre os apontamentos dispostos na literatura em termos de impactos e o que de fato a empresa apresentava em seus processos.

2. Metodologia

Para a realização do projeto, fez-se uso de pesquisa de caráter exploratório, a qual busca trazer maior familiaridade com o tema abordado (GIL, 2002). Para tanto, concebeu-se uma pesquisa bibliográfica por meio de levantamento em publicações científicas, artigos diversos, livros e informações em sites. A pesquisa versou sobre tópicos a respeito da cerâmica e suas características, diferentes tipos existentes e aplicação. Posteriormente, estudou-se sobre seu processo de produção, mapeando-se todo o ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima, passando pela fase de acabamento e descarte, dando-se ênfase aí, a seus impactos para com o meio ambiente e o ser humano.

Além disso, realizou-se um estudo de caso o qual permite um conhecimento mais ampliado a respeito do objeto de estudo, evidenciando-se particularidades que envolvem a formação de determinados fenômenos. (GIL, 2002) Este estudo foi executado junto à uma empresa de revestimento cerâmico de Santa Catarina por meio de aplicação de entrevista estruturada. Com base nestas pesquisas, traçou-se um estudo comparativo entre os aspectos de impacto ambiental oriundos deste segmento industrial por meio do que a revisão de literatura aponta e o que de fato ocorre nos processos envolvidos em tal

prática. O que dá substrato para a intervenção do designer no sentido do ajuste e transformação da escolha de materiais e processo menos impactantes ao meio ambiente e à saúde humana.

3. Revisão da Literatura

3.1 Processo de fabricação da cerâmica

Os autores Becker Junior et al. (2013), explicam que o processo de fabricação de produtos cerâmicos se inicia a partir da extração da matéria prima, ou seja, a extração da argila na lavra. Essa extração é realizada com o auxílio de retroescavadeiras, que são responsáveis pelo armazenamento da argila em caminhões, os quais realizam o transporte para as indústrias cerâmicas.

Após encerrado o processo de mistura da matéria prima, esta é enviada para as etapas de pré-elaboração, onde o destorroador e o laminador ficam responsáveis por eliminar os maiores torrões de argila e torná-la uniforme e adequada. (BECKER JUNIOR et al., 2013)

De acordo com estudos realizados por Pereira (2004), após a argila ter passado pelas etapas de mistura, pesagem, destorroador e laminador, ela é encaminhada para a dissolução em água, que caracteriza assim o processo por via úmida. Essa dissolução é enviada para o moinho, que com o auxílio de corpos de moagem resultam em uma substância pastosa de partículas finas de massa, denominada como barbotina.

A barbotina é enviada para o atomizador, onde ocorre a separação das substâncias líquidas das pastosas, por meio da injeção de alta pressão e pulverização desta no interior do atomizador, este processo ressalta o uso frequente de fornalhas de carvão mineral. Assim a evaporação da água é quase instantânea, tendo como sobra um aglomerado de formas arredondadas, denominado de pó atomizado. Este é extraído do interior da câmara de secagem, o atomizador, e é enviado à estocagem. (PEREIRA, 2004)

Para a formação dos produtos, Pereira (2004), afirma que o pó atomizado é transferido para prensas automáticas que realizam a conformação no formato desejado pelo revestimento cerâmico. Como forma de preparação para a etapa de queima, a peça passa por um processo de secagem, com o objetivo de extrair quaisquer resíduos de água, para assim evitar que a peça forme rachaduras, quebras ou irregularidades dimensionais finais.

Pereira (2004), aponta ainda, que após o processo de secagem, os produtos são levados para o processo de esmaltação e serigrafia, que tem como objetivo a aplicação do esmalte e da decoração serigráfica na superfície do revestimento.

Durante o processo de queima, o revestimento adquire características mecânicas adequadas e estabilidade química propícias para variadas situações. A obtenção destas características é resultado de reações químicas e transformações físicas relativas ao suporte e ao esmalte. (BECKER JUNIOR et al., 2013)

Após a queima, os produtos que apresentarem-se quebrados ou com defeitos são considerados resíduos do processo, pois nesta etapa não é possível a reintegração da matéria prima no processo de fabricação. Estes, por sua vez, são considerados produtos de segunda linha ou subprodutos gerados, pois são comercializados em usos menos nobres como na construção de muros ou compactação de estradas. (BECKER JUNIOR et al., 2013)

Pereira (2004), segue explicando que na etapa de polimento, tem-se como objetivo lustrar ou polir as superfícies das cerâmicas de revestimentos, ou até para corrigir as irregularidades que possam ocorrer durante o processo de fabricação.

Nos processos finais da fabricação de produtos cerâmicos de revestimento, onde a peça cerâmica está pronta para a comercialização, se inicia o processo de eliminação onde quaisquer peças que possuam algum tipo de defeito são descartadas.

Pereira (2004), afirma que é levada em consideração sua homogeneidade, tonalidade cromática e dimensões formais. Após a seleção das peças, os produtos de revestimentos que passaram pelos padrões, são embalados em caixas para a sua proteção e posteriormente em paletes. Todo o processo é realizado de forma automatizada, com o auxílio de maquinário elétrico. Depois de devidamente embalados em caixas e posteriormente em paletes, os produtos de revestimento cerâmico são enviados para caminhões de distribuição.

3.2 Impacto dos Materiais Poluentes da Indústria Cerâmica

Adequação ambiental, melhoria contínua, desenvolvimento sustentável, especificações legais, entre outras, são palavras que começam a entrar no cotidiano do mundo empresarial, mas que para muitos, ainda são de difícil compreensão e, sobretudo, aplicação. Com o aumento das restrições impostas pela legislação ambiental, bem como pelas exigências do mercado para processos e produtos ambientalmente corretos, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos para, entre outros, promover a redução de geração, o tratamento, a reutilização e a disposição correta de resíduos. (CUNHA, SIQUEIRA, 2013)

Sendo assim, o mapeamento destes impactos diante de todo o ciclo de vida do produto se torna fator relevante, servindo como diagnóstico dos pontos de fragilidade diante da escolha de materiais e processos envolvidos nas atividades industriais. Segue-se portanto, alguns destes pontos sinalizados por meio do que a literatura dispõe.

A extração da argila na lavra pode ser entendida como a primeira etapa de todo o processo, após a extração ela necessita ser transportada para a empresa. Isto ocorre com o uso de grandes caminhões, que por sua vez utilizam grandes quantidades de combustíveis derivados de petróleo. (PEREIRA, 2004)

Apesar da atual consciência ambiental que o setor cerâmico já manifesta, somente na última década tem-se aprofundado o conhecimento dos diversos aspectos ambientais que lhe são inerentes. Um dos aspectos mais importantes relaciona-se às emissões gasosas resultantes dos processos térmicos à alta temperatura, a queima. De todas as emissões gasosas, uma das mais preocupantes, atualmente, é a de compostos inorgânicos fluorados, resultantes da decomposição térmica das matérias-primas. As emissões de fluoretos são responsáveis por doenças respiratórias, corrosão de materiais, perda do brilho de vidros, toxicidade para plantas com implicações na cadeia alimentar humana e chuvas ácidas. (ALMEIDA et al., 2001)

Como resultado do processo de queima, destaca-se a geração de cinzas, que pode ser incorporada ao processo de modo a suprir a demanda de sílica, por exemplo. Se a queima for realizada utilizando carvão mineral ou outro combustível fóssil, as cinzas deverão ser armazenadas em caçambas e não devem entrar em contato com o solo, pois apresentam alto teor de enxofre e ferro. Já as provenientes da queima de biomassa podem ser dispostas diretamente sob o solo, não possuindo restrições de armazenamento. (NUNES, RESENDE, 2013)

Os compostos gasosos liberados pelo setor de atomização durante a secagem e a queima são derivados principalmente dos compostos presentes nas matérias-primas. Entretanto, outra fonte considerável de poluentes gasosos é a queima de combustíveis durante o processo. As principais emissões gasosas da indústria cerâmica são: Dióxido de enxofre e outros compostos de enxofre; Óxido de nitrogênio e outros compostos de nitrogênio; Monóxido de carbono e dióxido de carbono; Compostos orgânicos voláteis (COV's); Cloretos; Fluoretos e Metais. (NUNES, 2011)

A lavagem do piso da fábrica, das linhas de produção (contendo, inclusive, peças cerâmicas quebradas antes da queima), dos equipamentos de serigrafia, dos moinhos de preparação de esmaltes e demais equipamentos, geram efluentes líquidos contendo materiais sólidos em suspensão. Com a realização de um tratamento adequado, adicionando-se produtos químicos, esta água pode ser reutilizada, por exemplo, nos processos de lavagem da fábrica. Estes resíduos sólidos, também denominados “raspas”, contém metais tóxicos, requerendo uma disposição gerenciada e de custo relativamente alto. (FERRARI et al., 2002)

Após as etapas de produção cerâmica, resíduos são fabricados paralelamente. A geração de resíduos está condicionada a diversos fatores como, por exemplo, características da matéria prima utilizada, tipo de embalagem (quando houver), possibilidade de reintegração dos resíduos nos processos, entre outros. Já a indústria cerâmica estrutural apresenta na maioria das etapas de fabricação a possibilidade de reintegrar resíduo no processo, à exceção dos materiais defeituosos que saem dos fornos. Nesta situação, os resíduos podem ser utilizados como subprodutos em obras que não exijam propriedades mecânicas consideráveis ou como agregado na construção civil. (BECKER JUNIOR et al., 2013)

Após concebida a revisão de literatura, foi relevante para o seguimento da pesquisa a realização do estudo de caso com a empresa de cerâmica de revestimento catarinense. Sendo possível realizar uma comparação entre as informações teóricas e o que é levado para a prática organizacional.

4. Resultados e Discussão

Como foi dito anteriormente, o projeto tem como objetivo analisar os impactos ambientais da indústria cerâmica de revestimento. Desse modo, foi de grande importância um estudo de caso realizado com uma empresa do pólo cerâmico catarinense. A estrutura da entrevista foi construída a partir da base teórica estudada, se concentrando nos impactos detectados teoricamente, a fim de definir parâmetros para a discussão de um paralelo entre o que foi apontado pela literatura e o que seria traçado pela empresa.

Neste sentido elaborou-se um quadro que permitiu a comparação entre as informações levantadas diante destas diferentes fontes de pesquisa, o qual é demonstrado a seguir.

Tabela 1 - Quadro comparativo

O que a empresa diz	O que a literatura aponta
Basicamente todas as matérias primas com constituição argilo metálicas são poluentes. No entanto, a maior concentração de metais se dá nos esmaltes cerâmicos, pelas suas características técnicas. Porém, como estes produtos passam por etapa de queima acima de 1200°C, todos estes constituintes acabam sendo fundidos e tornando a peça inerte (sem prejudicar ao meio ambiente).	Oliveira (2000, p. 42) explica que os esmaltes utilizados são formulados com fritas contendo altos teores de chumbo e boro. Com a finalidade de otimizar os valores de viscosidade as fritas mais atuais apresentam na formulação elevados teores de óxidos de cálcio, também conhecido como cal virgem, quando esse óxido reage com a H ₂ O por exemplo, formam suas bases correspondentes, que exalam uma reação exotérmica, sendo altamente corrosiva a pele. Apenas na última década a indústria cerâmica tem-se aprofundado no conhecimento dos diversos aspectos ambientais que lhe são inerentes. Um dos aspectos mais importantes relaciona-se às emissões gasosas resultantes dos processos térmicos, no caso a queima. (ALMEIDA, et al. 2001, p. 7).
Sobre quais etapas são mais impactantes em termos ambientais, seria principalmente a etapa de moagem e atomização da matéria prima, pois acabam tendo um elevado consumo hídrico e energético, além da geração de emissões atmosféricas oriundas da queima de	Soares (2002, apud BECKER JUNIOR, et al. 2013) destaca como os principais poluentes atmosféricos a poeiras, chumbo e flúor. A emissão de Gás Carbônico e outros gases gerados dependem das quantidades e tipo de combustível utilizado para queima. O setor de atomização, é o principal gerador poluente na indústria cerâmica. Os compostos gasosos liberados durante a secagem e a queima são

<p>carvão mineral para geração de calor para atomização da matéria prima.</p>	<p>derivados principalmente dos compostos presentes nas matérias-primas. Entretanto, outra fonte considerável de poluentes gasosos é a queima de combustíveis durante o processo. (NUNES, 2011)</p>
<p>Com relação aos meios de transporte utilizados pela empresa, visando a quantidade de combustível utilizada e emissão de CO₂. A empresa diz que o transporte é realizado por empresas terceirizadas, e que aquela não apresenta controle sobre este aspecto.</p>	<p>Conforme Oliveira e Maganha (2006) apud Nunes (2011, p. 08) “No setor cerâmico os principais problemas de emissões atmosféricas estão relacionados às emissões de material particulado rico em metais e outros poluentes inorgânicos. A geração de material particulado está associada ao transporte inadequado da argila em caminhões sem lonas ou coberturas; à armazenagem da argila fora de silos ou galpões; à preparação da massa cerâmica (principalmente na via seca) e nos processos de moagem, peneiramento, atomização (na via úmida) e, na secagem. Outras fontes de material particulado são a preparação do esmalte, em suas fases de mistura, moagem e aplicação por spray, e as operações de decoração, queima e acabamento das peças.”</p>
<p>Na etapa de serigrafia são utilizadas tintas e corantes que levam em sua composição estanho ou chumbo. E são necessários para atingir a qualidade e definição técnica agregada aos produtos.</p>	<p>No processo de acabamento, alguns materiais poluentes são utilizados, dentre eles o chumbo, que é um metal prejudicial à saúde, no organismo, é distribuído para o cérebro, fígado, rim e ossos e é acumulado ao longo do tempo. Dentre os problemas que ele causa estão perturbações gastrointestinais e efeitos neurológicos (ECYCLE, 2017)</p>
<p>Há um elevado consumo energético principalmente na etapa de moagem da matéria prima. A partir de 2015 foram instalados equipamentos contínuos e de alta capacidade, que possibilitam redução do consumo energético. As unidades possuem também controladores de demanda de energia, havendo o desligamento dos mesmos quando há consumo excessivo fora de demanda.</p>	<p>Segundo Pereira (2004) um fator agravante dos impactos ambientais é o uso de energia e maquinário elétrico para a fabricação de suas peças. Dentro da indústria são utilizadas para a iluminação e o funcionamento de grande parte dos equipamentos, que são caracterizados pela quantidade e diversidades de cada um. O aquecimento global está relacionado à emissão de diversos gases na atmosfera que formam uma camada que dificulta a radiação térmica a ser liberada para o espaço, ocasionando o aquecimento global. Para a indústria cerâmica, que consome grandes quantidades de energia elétrica e também promove a queima de combustíveis fica responsável por grande parte do Co₂ liberado na atmosfera. (PEREIRA, 2004).</p>
<p>Os designers atuam diretamente com a área técnica, repassando o <i>design</i> das peças, bem como estudos dos melhores formatos a serem desenvolvidos. A partir daí são definidas as melhores matérias primas e processos capazes de atingir o esmero técnico desejado para cada tipologia de produto.</p>	<p>Segundo Manzini (2011, p. 150-151), o <i>designer</i> possui o grande desafio em relação às escolhas para minimizar a periculosidade das emissões ambientais, pois deve-se ter em mente a consciência dos processos de produção e de transformação dos materiais, os sistemas de distribuição e uso e os tratamentos de eliminação final dos produtos. Manzini (2011, p. 182) afirma que, uma das estratégias mais eficazes quando se fala na otimização ambiental é a ligação entre a durabilidade útil e estética do produto, que fica por responsabilidade do designer estudar essas questões na hora de projetar algo.</p>

Fonte: autoria própria (2018)

Em grande parte há consonância com o que a literatura aponta em termos de impactos ambientais para este setor industrial e com o que ocorre nas práticas da empresa objeto de estudo, ou seja, práticas danosas são adotadas de maneira deliberada, fato este que pode caracterizar-se como irresponsabilidade ambiental.

Vários são os estágios dentro do ciclo de vida do produto cerâmico que se colocam como impactantes ao meio ambiente e à vida humana e animal, inclusive vários destes sob a tutela direta das indústrias do ramo. Os impactos causados assumem diversas origens e consequências, ou

vinculadas aos processos fabris propriamente ditos, ou aos materiais empregues, ou ainda a processos outros que interferem na concretização total do ciclo.

Para alguns impactos provenientes de estágios nos quais não há o envolvimento direto da empresa, não se justifica o repasse de responsabilidade aos terceirizados, uma vez que a escolha e controle destes *stakeholders* faz parte das definições estratégicas e de gestão da organização. Sendo assim, tomadas de decisões equivocadas assumidas pelos parceiros, não isenta a responsabilidade ambiental da contratante por todo o impacto gerado no ciclo de vida de seus produtos.

Todos os pontos de congruência percebidos entre a literatura e as práticas organizacionais demonstram um grande potencial para intervenção e atuação do profissional do design, uma vez que este tem formação que lhe dá subsídios para investigar e determinar materiais e processos menos impactantes ao meio ambiente. Sua visão ampliada a respeito do desenvolvimento de produtos, lhe permite extrapolar as esferas do estético simbólico, ajustando de forma mais coerente os artefatos materiais às demandas sócio-econômicas-ambientais.

5. Conclusões e Recomendações

Concluiu-se portanto, que a indústria cerâmica possui algumas deficiências em seu processo produtivo, principalmente com relação aos materiais utilizados, os quais causam grandes impactos ao meio ambiente e conseqüentemente ao organismo humano e animal.

Por meio do estudo de caso realizado com uma empresa de revestimento cerâmico do estado de Santa Catarina, executou-se uma análise comparativa entre o que a literatura aponta em termos de impacto ambiental e o que essa empresa aplica em seus processos produtivos. Em função disso, constatou-se que diversos são os estágios que apresentam problemas ambientais, havendo consonância entre o que a literatura elucida e o que as práticas da organização demonstram. Sendo assim, há margem para uma atuação mais consciente e responsável. Com base no que esta empresa relatou, percebeu-se que o papel do designer fica restrito às definições de formato do produto, assim, ausentando-se de todo o processo, reduz-se as potencialidades para a transformação deste. Visto que, como apontado na literatura, esse profissional tem a capacidade de participar de várias etapas, desde a escolha de matérias-primas, até o consumo de energia para transformá-las, o transporte do produto, e descarte e degradação deste, vê-se uma subutilização deste profissional. Ou seja, sua visão holística sobre todo o ciclo de vida do produto e os impactos resultantes deste não pode ser aplicada em sua integralidade, tendo-se assim, um prejuízo processual.

Sugere-se como proposta para futuras pesquisas, realizar um estudo mais aprofundado sobre materiais alternativos para esses identificados como causadores de maiores impactos ambientais, além do ajuste ou substituição de processos também mais nocivos ambientalmente, colocando aí, a figura do designer como este profissional que pode definir estas melhores soluções.

Referências

ALMEIDA, M. et al. **Redução do teor de flúor nos efluentes gasosos da indústria cerâmica.** Disponível em <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v06n03/v6n3_1.pdf>. Acesso em 30/06/2017

ANFACER. **História da cerâmica.** Disponível em <<http://www.anfacer.org.br/historia-ceramica>> Acesso em 30/05/2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Cerâmica no Brasil - considerações gerais.** Disponível em <<http://abceram.org.br/consideracoes-gerais/>>. Acesso em 22/08/17

BECKER JUNIOR, Adilson. et al. **Estudo para análise de ciclo de vida de produtos cerâmicos.** Disponível em <<https://online.unisc.br/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/view/4091/2937>>. Acesso em 29/07/2017

CUNHA, SIQUEIRA. **Gestão de qualidade de resíduos sólidos em uma cerâmica em Timon-MA.** Disponível em <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/III-053.pdf>>. Acesso em 19/02/2018

ECYCLE. **Chumbo: aplicações, riscos e prevenção.** Disponível em <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2190-o-que-e-chumbo-metal-pesado-onde-esta-cosmeticos-batons-gasolina-cigarro-esmalte-produtos-de-beleza-tintura-cabelo-riscos-efeitos-na-saude-nauseas-vomitos-neurologicos-como-evitar-pervenciao.html>>. Acesso em 31/05/2017

FERRARI, K., FERRI, C., SILVA, L., BATISTA, L., FIGUEIREDO FILHO, P. **Ações para a Diminuição da Geração de Resíduos na Indústria de Revestimentos Cerâmicos e a Reciclagem das “Raspas”. Parte I: Resultados Preliminares.** Disponível em <[FERREIRA, José. **Gestão ambiental. Análise de ciclo de vida dos produtos.** Disponível em <<http://www.ceap.br/material/MAT02102013213451.pdf>>. Acesso em 30/06/2017](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&q=A%C3%A7%C3%B5es+para+a+Diminui%C3%A7%C3%A3o+da+Gera%C3%A7%C3%A3o+de+Res%C3%ADduos+na+Ind%C3%BAstria+de+Revestimentos+Cer%C3%A2micos+e+a+Reciclagem+das+%E2%80%9CRaspas%E2%80%9D.+Parte+I%3A+Resultados+Preliminares&btnG=&lr=>. Acesso em 02/07/2017</p></div><div data-bbox=)

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 Edição. São Paulo: Editora ATLAS S.A, 1987. Disponível em <<http://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/ensino-superior/redacao-cientifica/livros/gil-a.-c.-como-elaborar-projetos-de-pesquisa.-sao-paulo-atlas-2002./view>>. Acesso em 20/03/2018

MANZINI, Ezio. **O desenvolvimento de Produtos Sustentáveis.** 1. ed. 3. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

NUNES, RESENDE. **Guia ambiental da indústria cerâmica vermelha.** Disponível em <http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_ceramica.pdf>. Acesso em 03/07/2017

OLIVEIRA, Antonio. **Tecnologia de Fabricação de Revestimentos Cerâmicos.** Disponível em
<https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Oliveira22/publication/267831915_Tecnologia_de_Fabricacao_de_Revestimentos_Ceramicos/links/54db4c1e0cf2ba88a68fb5b0.pdf>. Acesso em: 21/02/2018

PEREIRA, Sibeli Warmling. **Análise ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos. Aplicação de avaliação do ciclo de vida.** Disponível em
<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87886/220876.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 29/07/2017

Sustentabilidade no uso de tubos de papelão aplicados na construção civil

Sustainability in the use of cardboard tubes applied in civil construction

Bianca Santos Camargo, graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental, UNICAMP.

bisancam.94@gmail.com

Gerusa de Cássia Salado, Professora Doutora, UNICAMP.

gerusa@ft.unicamp.br

Resumo

O homem vem notando, com o passar dos anos, que suas atividades são impactantes para o meio ambiente em geral, principalmente a atividade voltada para a construção civil. Como meio de amenizar os impactos ambientais, houve o advento da sustentabilidade, que torna possível um desenvolvimento por parte do homem se preocupando com a atual situação e as futuras. O objetivo deste trabalho é estudar construções desenvolvidas com tubos de papelão por Shigeru Ban e verificar os princípios de sustentabilidade inseridos nestes projetos. Foi realizada vasta e atual revisão bibliográfica a respeito das obras do arquiteto com tubos de papelão e sobre sustentabilidade em construções, utilizando-se referências consagradas. A importância deste estudo está em focar um material proveniente da reciclagem de um resíduo abundante no mundo, evidenciando as possibilidades construtivas com o mesmo e seu potencial de contribuição para a sustentabilidade ambiental. Está, ainda, em estudar, incentivar e disseminar o desenvolvimento de novas tecnologias e novas políticas públicas.

Palavras-chave: Sustentabilidade das edificações; Tubos de papelão; Shigeru Ban.

Abstract

The man has noticed, over the years, that his activities are impacting for the environment in general, mainly the activity directed to the civil construction. As a means of mitigating the environmental impacts, there was the advent of sustainability, which makes possible a development by the man concerned about the current situation and the future. The objective of this work is to study constructions developed with cardboard tubes by Shigeru Ban and verify the principles of sustainability inserted in these projects. A vast and current bibliographical revision was made regarding the architect's works with cardboard tubes and on sustainability in constructions, using consecrated references. The importance of this study is to focus on a material from the recycling of an abundant residue in the world, evidencing the constructive possibilities with it and its potential contribution to environmental sustainability. It is also studying, encouraging and disseminating the development of new technologies and new public policies.

Keywords: Built environmental sustainability; Cardboard tubes; Shigeru Ban.

1. Introdução

Desde os primórdios, a sobrevivência do homem depende direta e indiretamente da natureza, fazendo-se necessária cada vez mais a expansão de produtos e tecnologias, e consequentemente o consumo exponencial leva a escassez de matérias primas, além de uma alta produção de resíduos e rejeitos.

A preocupação com o consumo exacerbado de matérias primas levou, no século XX, ao surgimento de movimentos que prezam pelo meio ambiente, trazendo à tona o conceito da sustentabilidade. Um dos principais eventos que marcou o início deste ciclo ocorreu na década de 70, nomeada Conferência de Estocolmo, na qual concluiu-se que medidas deveriam ser tomadas imediatamente em relação ao meio ambiente, focando nas gerações futuras, que deveriam ter o mesmo direito a um meio ambiente saudável que as gerações atuais (FREITAS, 2003).

Em 1987, foi montado o relatório de Brundtland, uma das principais referências no percurso da sustentabilidade, defendendo o desenvolvimento do homem, suprindo suas necessidades e garantindo as das gerações futuras. Posteriormente, em 1992, veio a ser criada a Agenda 21 durante a reunião da Rio-92, na qual as nações unidas na Conferência sobre o Meio Ambiente propuseram a aplicação da sustentabilidade como um norteador de decisões, uma vez que o desenvolvimento sustentável tem como objetivo proteger um bem em comum a todos no planeta, e cuja função é incumbida a toda a população (BRUNDTLAND, 1999; FREITAS, 2003; LOUETTE, 2008).

Neste cenário, dentre as mais diversas atividades que levam ao alto consumo de matérias primas e consequentemente causam impactos mais consideráveis, está a construção civil, que utiliza desde produtos provenientes diretamente da natureza (como areia, pedra e madeira), até produtos processados. Com o uso inconsciente, a produção de resíduos aumenta e é uma grande problemática que se estende há anos. Por este motivo, na Rio+10, em 2002, entre os novos acordos acerca da Agenda 21, surgiu a Agenda 21 para a Construção Sustentável (FREITAS, 2003).

Atualmente, a preocupação com a produção de resíduos é mais evidente, inclusive pela alta quantidade produzida diariamente na construção civil, o que requer que os profissionais, como arquitetos e engenheiros, desenvolvam tecnologias que apliquem a reciclagem e a reutilização de materiais, que podem ser resíduos em geral. Dentre estas tecnologias, há o uso dos tubos de papelão, material que provém de papel reciclado, evitando o seu destino aos aterros sanitários e substituindo a matéria prima que seria extraída da natureza para as construções.

Considerando as diversas obras realizadas pelo arquiteto Shigeru Ban com tubos de papelão, este trabalho tem por objetivo estudar algumas dessas construções e verificar os princípios de sustentabilidade inseridos nestes projetos.

Foi realizada vasta e atual revisão bibliográfica a respeito das obras do arquiteto com tubos de papelão e sobre sustentabilidade em construções, utilizando-se referências consagradas. A importância deste estudo está em focar um material proveniente da reciclagem de um resíduo abundante no mundo, evidenciando as possibilidades construtivas com o mesmo e seu potencial de contribuição para a sustentabilidade ambiental. Está, ainda, em estudar, incentivar e disseminar o desenvolvimento de novas tecnologias e novas políticas públicas.

2. Sustentabilidade e construção civil

O impacto que a construção civil vem causando no planeta é bastante considerável, em especial pelo consumo de energia, que é especialmente alto, desde a extração de matérias primas até o processo final. Os impactos são bem substanciais em determinadas regiões, o que pode levar ao esgotamento da matéria prima devido a extrações exageradas, acarretando a um impasse para o desenvolvimento sustentável, cuja solução requer uma exploração e distribuição de recursos com menores impactos ambientais. (SATTLER, 2007; SIMAS, 2012; WIECZYNSKI, 2015).

No presente, estudiosos possuem como foco a redução dos impactos causados ao planeta, sugerem a aplicação de matérias primas consideradas corretas pelo olhar ecológico e que contribuam para que as construções sejam sustentáveis, com a pretensão de respeitar o meio ambiente. A construção sustentável pode efetuar alterações em seu meio, porém, de forma consciente, atendendo as necessidades de moradia e garantindo a qualidade de vida, mas preservando o meio ambiente e seus recursos naturais (SIMAS, 2012). De acordo com Vaccari (2008), a sustentabilidade faz parte do ciclo de vida dos edifícios, possibilitando que a sua vida útil aumente e, ao mesmo tempo, contendo o impacto que a construção poderia causar.

Neste contexto, é importante notar as diferenças entre construção sustentável e eco construção. Segundo Araujo (2008), nem sempre uma eco construção se enquadra como uma construção sustentável, pois a sustentabilidade viabiliza alterações nos arredores de maneira consciente, sendo um modelo que realça a construção e tudo que a envolve, intervindo mas também preservando os recursos naturais do meio ambiente, além da garantia da qualidade de vida de todas as gerações. O conceito de construção sustentável tem por base propor soluções aos problemas ambientais, com a criação de edificações que atendam às necessidades de seus usuários de uma maneira multidisciplinar, integrando diversos conhecimentos gerais. Dessa forma, a construção sustentável tem como função preservar o meio ambiente e proteger os seus ocupantes.

A eco construção, por sua vez, tem como objetivo utilizar os materiais da forma mais natural possível, mas não tem um controle de como interferirá no meio e na vida dos envolvidos (ARAUJO, 2008).

Há duas maneiras gerais de buscar inserir princípios de sustentabilidade em construções, uma utilizando materiais ecológicos com o uso de tecnologias sustentáveis, e a outra é a aplicação de criatividade e meras soluções ecológicas pontuais. Dois princípios comumente utilizados são: construir mais utilizando menos materiais e substituir matérias primas naturais por recicláveis, resíduos e reutilizáveis, reduzindo o impacto ambiental na captação de matérias primas e na destinação de materiais aos aterros. Porém, se para utilizar estes materiais menos impactantes houver um impacto no transporte, por exemplo, o mesmo poderá não ser viável sustentavelmente.

Mesmo que pareça uma forma simples de aplicação, a escolha dos materiais buscando a sustentabilidade de uma obra é muito específica, devendo-se levar em consideração a origem da matéria-prima utilizada, como foi extraída, como ocorreu o seu processamento, qual a quantidade de energia consumida para a transformação dos materiais, a existência e volume de poluentes emitidos, a qualidade e a durabilidade que os materiais apresentam, dentre outros fatores que podem ser considerados na avaliação de sustentabilidade de projetos (SIMAS, 2012; KATS *et al.*, 2014; WIECZYNSKI, 2015).

Conforme a temática da sustentabilidade em construções foi ganhando importância e evoluindo, diversos acordos foram firmados e, nestes, princípios foram sendo elencados a partir das reuniões e conferências entre nações.

Em 1994, de acordo com Pinheiro (2003), a Conferência Mundial sobre Construções Sustentáveis, ocorrida no estado da Flórida, nos Estados Unidos da América, estipulou como necessários os seis princípios mencionados abaixo:

- Utilizar recursos renováveis e recicláveis;
- Potencializar a reutilização dos recursos;
- Reduzir a exploração de recursos;
- Resguardar o ambiente natural;
- Criar um ambiente sadio;
- Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído.

Dentre todas as reuniões entre nações e acordos e princípios gerados, a Agenda 21 foi um marco, resultante da Rio 92, ocorrida na cidade do rio de Janeiro em 1992. Em seu conteúdo existem muitas informações sobre como a humanidade pode gerenciar o seu vínculo com o planeta, de uma forma que o desenvolvimento socioeconômico possa ser satisfatório utilizando recursos da natureza de forma consciente.

Dez anos à frente, na Rio+20, foi elaborada a Agenda 21 para a Construção Sustentável, sendo a sua principal função aplicar a construção sustentável em países que estão em desenvolvimento. Algumas recomendações foram analisar as possibilidades de restauração e manutenção, além de buscar manter a harmonia entre os ambientes natural e construído, proporcionando a dignidade humana e a igualdade econômica.

Em continuação, no ano de 2015, foi elaborada em Nova York, a Agenda 2030. Nesta, podem-se destacar princípios que foram acrescentados para o setor da construção civil, sendo que até o ano de 2030 a urbanização deve ser inclusiva e sustentável, com planejamento e gestão participativa e os países menos desenvolvidos devem receber assistência para que suas construções passem a ser sustentáveis.

Vale ressaltar que quanto mais sustentável for uma obra, mais responsável ela será pelo que consome no processo, o que gera, o que processa e o que descarta, sendo que os materiais de uma construção sustentável provocam impactos menores em comparação a outros materiais durante e após o fim da sua vida útil (WIECZYNSKI, 2015).

Manhães e Araujo (2014) complementam afirmando que o uso de materiais recicláveis em determinadas situações pode tornar uma construção mais sustentável, com redução da poluição que uma construção comum causaria, utilizando a combinação de construção e tecnologia, sendo possível aplicar materiais reutilizáveis como pneu, isopor, garrafa PET, alumínio, papelão etc, o que resulta num menor consumo de materiais.

Ao avaliar um material, de acordo com Wieczynski (2015), há alguns fatores que podem contribuir para que este seja considerado mais sustentável, entre eles:

- Maior durabilidade;
- Incorporação de resíduos;
- Uso de materiais de fontes renováveis;
- Materiais reciclados;
- Materiais disponíveis nas proximidades da construção;
- Necessidade de pouca manutenção;

- Baixa energia primária incorporada;
- Livre de químicos nocivos à saúde.

De acordo com o exposto acima, pode-se dizer que a principal função da sustentabilidade na construção é suprir todas as necessidades desta e, em conjunto, preservar o meio ambiente. Segundo Cunha (2015), o primeiro passo na busca por uma construção sustentável encontra-se na fase de projeto e, portanto, pode-se atribuir esta responsabilidade a equipe de projetistas.

No próximo item será apresentado um material que quando utilizado da forma correta na construção civil, tem grande êxito, se tornando sustentável, e provém de materiais reutilizados, no caso, tubos de papelão reciclados.

3. A sustentabilidade do papel na construção civil

O papel, por ser um material muito utilizado no planeta, tende a gerar resíduos nas mesmas proporções de sua produção, se tornando um material de viável reciclagem, transformando-o muitas das vezes em papelão, que passou a ter diversas aplicabilidades, dentre elas seu uso na construção. Primeiramente, este foi utilizado na forma de chapas em construções temporárias, e posteriormente foram destinados para subsistemas de vedação e como pilares estruturais, através do seu formato tubular, não sendo atribuída grandes aplicações por sua aparente baixa resistência e fragilidade, principalmente quando expostos ao intemperismo (SALADO, 2006; BANK e GERHARDT, 2015).

A aplicação do papelão na construção civil de forma mais contínua, com uma visão sustentável não é algo atual; seu primeiro envolvimento foi na década de 70 com a intenção de desenvolver um novo material para aplicação na construção, mas com o grande uso de materiais mais convencionais, pesquisas para o desenvolvimento de materiais provenientes do papel foram abandonadas. Somente a partir da década de 80, através do arquiteto Shigeru Ban, que o papelão voltou a ter importância na construção civil, principalmente pelo fato de serem um investimento de baixo custo e fácil transporte (SALADO, 2006).

As obras efetuadas por Ban são obras relativamente simples, e o uso do papelão possui grande viabilidade por ser um produto que utiliza pouca energia e pouca matéria prima em sua fabricação, o que lhe atribui o caráter sustentável; característica adquirida muito antes do surgimento da palavra sustentabilidade, pois a introdução de projetos com papelão foi em 1986. O diferencial do uso do tubo de papelão é a aplicação de um material de valor econômico relativamente baixo, com facilidade de transporte e de ser adquirido, além de que se houver alguma avaria o mesmo é substituído facilmente, e não necessita de muita tecnologia aplicada em seu processo de fabricação, diminuindo a geração de resíduos, pois é usado em sua forma reciclável (CRIPPS, 2007; VACCARI, 2008; SALADO e SICHIERI, 2012).

Necessitando de grande qualidade dos materiais em seus projetos, Ban aplica um rigoroso tratamento nos tubos, o que lhes proporciona maior resistência e maior durabilidade; em paralelo, estes projetos também diminuem o desperdício, aumentam a reutilização e a reciclagem de material, como uma forma de solucionar uma era pós-tecnológica e pós-industrial (McQUAID, 2003).

4. Shigeru Ban e os tubos de papelão

Como uma tecnologia já aplicada há anos e implantada em diversos países, em situações distintas, as construções de Ban diversificam entre edifícios religiosos, alojamentos emergenciais após catástrofes, espaços expositivos, entre outras obras. Nos últimos dez anos, o arquiteto já produziu mais de 30 obras com o uso de tubos de papelão, entre elas algumas temporárias e outras definitivas.

Em suas obras, as características simples dos tubos de papelão são mantidas, porém há a presença de um tratamento em paralelo, para que seja resistente à ação da umidade e do fogo, para que haja uma boa resistência e uma maior durabilidade (SALADO, 2011).

Diante de uma ordem cronológica partindo do ano de 2007, Ban com uma visão de sustentabilidade projetou e construiu a Igreja católica Takatori, em Kobe, no Japão (Figura 1), com o intuito de substituir uma igreja que havia sido construída há uma década, porém de caráter temporário. Projetando para que a igreja tivesse conforto e alta qualidade, o uso do papelão ocorreu nas paredes internas da edificação, com tubos de 5 cm de diâmetro, que exercem a função de reduzir os ruídos emitidos pela igreja (BAN, 2018)

Em caráter sustentável, esta construção conscientizou toda a população que habita nas proximidades da igreja, pelo fato de apresentar uma vertente da construção civil que aborda a eficiência de uma construção com materiais simples e eficazes, integrando a construção com o seu entorno, além de ser uma construção que apresenta alta durabilidade, sendo uma solução inovadora, e de proporcionar uma considerável economia comparando-se aos gastos que seriam necessários utilizando-se materiais convencionais.



Figura 1: Igreja Takatori. Fonte: BAN, 2018.

No ano de 2008, Ban efetuou uma construção emergencial, na cidade de Chengdu, na China (Figura 2), cidade que havia sido devastada por um terremoto. A construção emergencial foi uma escola provisória; além de ser um projeto barato, utilizando materiais recicláveis, que estavam disponíveis nas proximidades, não sendo necessário o transporte

por longa distância e sem ter a necessidade de solicitar o material de outros locais, o que seria um ponto negativo em relação as características de uma construção sustentável, sendo uma construção que se adaptou adequadamente as necessidades locais dos usuários (BAN, 2018).



Figura 2: Escola em Chengdu. Fonte: JODIDIO, 2010, p. 192.

Já em 2010, uma das obras de Shigeru Ban, com cunho humanitário e sustentável aplicando tubos de papelão, foi no Haiti (Figura 3). Após um terremoto que alastrou o país, Ban e sua equipe construíram 50 abrigos temporários de tubos de papel com alguns outros materiais locais, também reciclados, como plástico e caixas de cerveja, usando tudo que estava a disposição, com a intenção de baixo investimento, diante da situação de catástrofe, com alta responsabilidade social. Estas construções no Haiti também tiveram um ponto sustentável bem marcante, pois após o seu uso, poderiam ser desmontadas (BAN, 2018).



Figura 3: Abrigos no Haiti. Fonte: JODIDIO, 2010, p. 208.

No ano de 2011, foi montada por Ban e sua equipe uma estrutura nômade conhecida como Pavilhão Hermes (Figura 4), que teve por intuito ser uma estrutura de fácil manuseio e transporte. Esta construção indica a sua sustentabilidade principalmente pelo fato de ser reutilizável, com uma forma simples de montar e desmontar, além de possuir a facilidade de ser modificada de acordo com o local em que for montada, fazendo com que a construção se integre ao entorno, sendo os seus principais materiais os tubos de papelão e a madeira.

Em 2012, assim como em outros anos, Shigeru Ban criou um pavilhão temporário em Moscou (Figura 6), servindo como galeria de arte contemporânea, visando como sempre o reaproveitamento do papelão reciclável e o baixo custo, além de ser um projeto que contribuiu para a redução de consumo energético, por ter uma disposição de seus tubos que possibilita a entrada de luz natural, contribuindo para uma considerável sensação de bem-estar e redução no consumo de energia elétrica. Já no ano de 2013, novamente uma igreja foi construída (Figura 5), após um terremoto na Nova Zelândia, onde a sua estrutura principal foi montada com pilares de tubos de papelão. Esta igreja se tornou um símbolo de sustentabilidade pelo seu papel social e o baixo custo aplicado, reaproveitando vitrais, além do uso de tubos de papelão, sendo uma construção resistente a variações climáticas, possibilitando a esta durabilidade e qualidade (BAN, 2018).



Figura 4: Pavilhão Hermes.
 Fonte: BAN, 2018.



Figura 5: Catedral de Papel.
 Fonte: JODIDIO, 2010, p. 249.



Figura 6: Pavilhão de Moscou.
 Fonte: BAN, 2018.

Em 2014, as construções efetuadas por Ban com o uso de tubos de papelão ocorreram nas Filipinas, devastada por um tufão. A cidade de Daanbantayan, em Cebu, recebeu como ajuda abrigos temporários, com estruturas que combinaram tubos de papelão, material reciclável, caixas de cerveja cheias de sacos de areia e painéis de madeira de coco compensado; materiais baratos, de origem reciclável e reutilizável, que possibilitaram atingir as necessidades da população de forma eficaz e com grande responsabilidade social. No Equador, em 2016, houve um terremoto que resultou em inúmeros desabrigados, levando os arquitetos voluntários ao fornecimento de moradias temporárias, onde da mesma forma com que outras moradias temporárias são feitas por Ban, estas foram projetadas com a estrutura feita de papelão, prosseguindo no mesmo ano projetos similares na Itália e no Japão (BAN, 2018).



Figura 7: Abrigos nas Filipinas.
 Fonte: JODIDIO, 2010, p. 271.



Figura 8: Abrigos no Equador.
 Fonte: BAN, 2018.

Analisando os projetos arquitetônicos supracitados é evidente a presença de um segmento sustentável, o uso de tubos de papelão procedente da reciclagem de papel leva a uma considerável redução de impactos no entorno, por ser um material alternativo, que respeita a natureza e reduz a sua degradação, pois diminui a disposição de papel em aterros, pela produção de pouco resíduo, e reduz o uso de matérias primas extraídas da natureza, além de cumprir a responsabilidade social, com obras de simples montagem e desmontagem.

5. Conclusão

Após analisar algumas obras de Ban, foi possível identificar alguns pontos pertinentes em relação a sustentabilidade e o uso dos tubos de papelão em construções.

- Comparando as obras de Ban que utiliza os tubos de papelão como uma das matérias principais com alguns princípios destinados as construções sustentáveis, pode-se afirmar que as mesmas atendem a princípios de sustentabilidade, pois reutilizam e reciclam materiais, que teriam por destino certo aterros sanitários, na maioria das vezes;
- A exploração de matérias primas na construção civil também é reduzida, utilizando-se o tubo de papelão que, além de ter fácil acesso, não requer grandes investimentos, resultando no resguardo do ambiente no entorno da construção e na conseqüente economia para a construção;
- Outro ponto importante em relação às construções que se relaciona a sustentabilidade é a introdução da educação ambiental a todos os envolvidos por meio do desenvolvimento dos projetos, que é um papel social destacável, impactando todos os envolvidos, desde os responsáveis pelas obras, até os beneficiados com as mesmas;
- Por fim, a arquitetura de Shigeru Ban induz, em muitas de suas obras, um formato que acarreta ao consumo racional de energia, poupando em grande parte, através da entrada de luz natural nas construções, que é um efeito das opções de uma arquitetura inteligente e sustentável.

Referências

ASSIZ, R. C. de. Sustentabilidade: como produzir empreendimentos mais sustentáveis do planejamento à pós-ocupação. p.4. 2012.

BANK, L. C., GERHARDT, T. D. Paperboard tubes in architecture and structural engineering: a review. In: Conference: NOCMAT 16, At Winnipeg, Manitoba, Canadá, v. 1. 2015.

BRUNDTLAND, G. H. Global partnerships for health. WHO Drug Information, Geneva, v. 13, n. 2. 1999.

- CRIPPS, A. Cardboard as a construction material: a case study. *Building Research & Information*, v. 32, n. 3, p. 207-219, 2004.
- CUNHA, F. C. R. T. V. *Arquitetura Sustentável - Contributos da Arquitetura Vernacular Portuguesa*. Dissertação de mestrado. Universidade Católica Portuguesa, Viseu. 2015.
- FREITAS, C. M. D. Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais. *Ciência & Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro. v. 8, 137-150. 2013.
- JODIDIO, P. *Shigeru Ban Complete works 1985-2015*. Taschen. 169 p. 2015.
- LOUETTE, A. *Compêndio para a sustentabilidade: ferramentas de gestão de responsabilidade socioambiental. Uma contribuição para o desenvolvimento sustentável*. Antakarana Cultura Arte Ciência. São Paulo, 2008.
- MANHÃES, G. S; ARAUJO, R. S. Sustentabilidade nas construções. *Perspectivas Online: Ciências Humanas e Sociais Aplicadas*. Campos dos Goytacazes, 11 (4), 15-24 2014.
- McQUAID, M. *Shigeru Ban*. Nova Iorque: Phaidon Press. 2003.
- PINHEIRO, M. D. Construção sustentável: mito ou realidade? In: VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente. Lisboa. 2003.
- SALADO, G.C. *Construindo com tubos de papelão: Um estudo da tecnologia desenvolvida por Shigeru Ban*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos. p. 184. 2006.
- SALADO, G.C. *Painel de vedação vertical de tubos de papelão: estudo, proposta e análise de desempenho*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos. p. 290. 2011.
- SALADO, G.C., SICHIERI, E. P. O design na arquitetura em tubos de papelão. In: XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora. 2012.
- SATTLER, M. A. *Habitações de Baixo Custo Mais Sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis*. Coleção HABITARE / FINEP, Porto Alegre, 2007.
- Shigeru Ban Architects. Works. Disponível em: <<http://www.shigerubanarchitects.com/works.html>>. Acesso em: 24/10/2018 às 18:20.
- SIMAS, L. S. L.; SANTANA, L. C. Construção sustentável – Uma nova modalidade para administrar os recursos naturais para a construção de uma casa ecológica. *Cairu em revista – Sociedade, Educação Gestão e Sustentabilidade*. n. 1, 140-162. 2012.
- VACCARI, M., *Environmental Assessment of Cardboard as a Building Material*, Dissertação de mestrado. School of Building Environment. Oxford Brooks University: Oxford. p. 100. 2008.
- WIECZYNSKI, V. J.; SEHNEM, S. *Construções mais sustentáveis: alternativas para uma habitação de baixo custo econômico*. Santa Catarina. 2015.

Sistema construtivo de blocos de encaixe: uma experiência didática de integração em tecnologia da construção, desenvolvimento e design de produto.

Building block system: a didactic experience of integration in construction technology, development and product design

André de Paula França, Arquiteto, Escola de Arquitetura da UFMG

E-mail: andre_franca22@yahoo.com.br

Ingrid Morais, Arquiteta, Escola de Arquitetura da UFMG

E-mail: ing.morais92@gmail.com

Rejane Magiag Loura, Doutora, Departamento de Tecnologia do Design, da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG

E-mail: rejaneml@gmail.com

Sofia Araújo Lima Bessa, Doutora, Departamento de Tecnologia do Design, da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG

E-mail: sofiabessa@ufmg.br

Resumo

A busca pela inovação e o problema da baixa produtividade na construção civil brasileira tem despontado como agenda dos diversos atores envolvidos nessa cadeia, o que tem, em alguma medida, relação com a formação dos arquitetos no Brasil. Diante desse contexto, este artigo se propôs discutir uma experiência pedagógica com base no ensino tecnológico para estudantes de arquitetura e urbanismo. A experiência se baseou numa abordagem integrada de conhecimentos tecnológicos do campo da arquitetura, da construção civil e do design de produto para o desenvolvimento de uma solução construtiva industrializada e racional voltada para a autoconstrução de habitações unifamiliares. O sistema proposto de blocos autoportantes com montagem a seco (sem argamassa ligante) foi produzido a partir de concreto com rejeitos de mineração em sua composição. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que, pelo ponto de vista tecnológico, constatou-se que o microconcreto desenvolvido mostrou-se adequado e que há necessidade de aprimoramento no desenho dos blocos e das fôrmas. Pedagogicamente, houve um ganho muito significativo para os estudantes de arquitetura que tiveram de trabalhar de maneira integrada e prática, na conceituação de uma tipologia arquitetônica a partir do desenvolvimento de um sistema construtivo, e na materialidade de cada bloco que compõe o sistema.

Palavras-chave: Sistemas construtivos; Ensino de Arquitetura; Microconcreto; Resíduos.

Abstract

The search for innovation and the problem of loss of productivity in Brazilian civil construction has emerged as an agenda for the various actors involved in this chain, which has to some extent a relation with the training of architects in Brazil. In this context, this article aims to discuss a pedagogical experience based on technological teaching for students of architecture and urbanism. The experience was based on an integrated approach of technological knowledge from the field of architecture, civil construction and product design to the development of an industrialized and rational constructive solution for the self-construction of single-family dwellings. The proposed system of self-supporting dry blocks (without bonding mortar) was produced from concrete with mining tailings in its composition. From the obtained results, it can be concluded that, from the technological point of view, it was verified that the developed microconcrete was adequate and that there is a need for improvement in the design of the blocks and the forms. Pedagogically, there was a very significant gain for architecture students who had to work in an integrated and practical way, in the conceptualization of an architectural typology from the development of a constructive system, and in the materiality of each block that composes the system.

Keywords: *Construction systems; Architecture Teaching; Microconcrete; Wastes.*

1. Introdução

A busca pela inovação na construção civil brasileira tem despontado como agenda dos diversos atores envolvidos nessa cadeia, desde produtores de materiais até dos construtores. Entretanto, observa-se poucos avanços no desenvolvimento de produtos inovadores para atender a demanda deste setor. Percebe-se que a evolução dos materiais, da terra crua para o concreto armado, teve um impacto limitado sobre o processo de industrialização e de racionalização das obras habitacionais unifamiliares (MENDES, *et al.*, 2010).

A partir da segunda metade do século XIX, o modo de produção vernacular em terra crua (taipa e adobe), madeira e pedra foi sendo alterado pela introdução de um novo produto: o tijolo cerâmico queimado (REIS FILHO, 2002; MENDES, *et al.*, 2010).

O material foi evoluindo, passando a ser vazado e de várias dimensões, mas desde então o tijolo passou a ser o material preferido e era utilizado inclusive com finalidades estruturais, passando também a serem produzidos em concreto. Com o advento do concreto armado, os tijolos passaram a ser utilizados como sistema de vedação, e seu uso permanece nos dias de hoje, porém sua função estrutural não foi abandonada (LEMOS, 1985).

Apesar das alterações provocadas pelo tijolo cerâmico queimado, nota-se a permanência das características artesanais de produção de edificações, presentes desde a arquitetura vernacular colonial, na qual permanece ainda altos índices de desperdício. A cultura construtiva brasileira é caracterizada, ainda, por grandes perdas nas fases de concretagem, alvenaria, emboço/reboco e revestimento (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Nos diversos processos e sistemas construtivos convencionais usados nas edificações, observa-se perda de produtividade devido, entre outros motivos, à baixa conectividade entre os componentes envolvidos nos sistemas. Tal constatação influencia de forma direta o bom andamento e a qualidade da obra (BARBOZA, *et al.*, 2011).

A coordenação modular, nesse aspecto, pode ser uma ferramenta importante na busca por maiores índices de qualidade, uma vez que atua diretamente nos componentes de um sistema construtivo, sejam eles mão de obra ou modulação prévia das dimensões ainda em projeto, compatibilizando-os de forma integrada.

Ao longo do tempo, a necessidade de racionalização levou os países europeus a se unirem em comitês em detrimento da criação de uma única medida modular, que fosse responsável por comandar toda a produção de materiais para a construção civil. No Século XX, onde a necessidade de racionalizar a construção era extrema, devido ao grande déficit habitacional deixado pelas duas guerras mundiais, foi definido o módulo de 10 cm - ou 4 polegadas (GREVEN e BALDAUF, 2007).

No que se refere à alvenaria, a modulação objetiva acertar suas dimensões em planta associada também ao pé-direito da edificação, em função das dimensões dos componentes, de modo a não necessitar, ou pelo menos reduzir, cortes ou ajustes necessários à sua execução (BARBOZA, *et al.*, 2011).

Esse contexto técnico-produtivo do setor convive simultaneamente com alto déficit habitacional, em torno de seis milhões de unidades faltantes, e elevado número de habitações autoconstruídas sem qualquer tipo de acompanhamento técnico, aproximadamente 85% das unidades (FJP, 2016; CAU e DATAFOLHA, 2015).

Segundo o panorama da situação dos resíduos sólidos no Brasil, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, do ano de 2017, em torno de 62% de todo o resíduo sólido gerado no Brasil teve como origem as atividades de construção e de demolição, o que equivale a, aproximadamente, 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) gerados por ano num total 71,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Os dados apontam um total de 123 mil t/dia de RCD, sendo cerca de 64 mil t/dia coletadas apenas na região Sudeste (51,75%) (ABRELPE, 2017).

Dentre os resíduos estão os cacos de blocos e de tijolos, que são cortados para se adaptar às dimensões das paredes e para a passagem de dutos. Dessa forma, fica evidente a necessidade de racionalizar a produção e a utilização das alvenarias, colocando em prática técnicas de modulação e diminuindo, assim, a quantidade de perda de material.

A baixa inovação nas soluções técnicas tem, em alguma medida, relação com a formação dos arquitetos no Brasil. De acordo com Leite (2014), há mais de 30 anos estudos revelam a inexistência de um ensino verdadeiramente tecnológico. Ainda segundo a autora, há apenas um ensino “proto-tecnológico” que se caracteriza por concepções curriculares de extrema fragmentação e de abstração dos conteúdos, comportamento didático “enciclopédico” e reprodutivo, e, principalmente, ausência de contato com a realidade. Leite (2014) aponta que a ação tecnológica deve partir de uma conjectura inicial, imaginativa, e concretizar-se através da inventividade e do enfrentamento do real.

Diante do amplo contexto apresentado, este artigo se propôs discutir uma experiência pedagógica com base no ensino tecnológico para estudantes de arquitetura e urbanismo. A experiência ocorreu durante os trabalhos de conclusão de curso de dois alunos e se baseou numa abordagem integrada de conhecimentos tecnológicos do campo da arquitetura, da construção civil e do design de produto para o desenvolvimento de uma solução construtiva industrializada e racional voltada para a autoconstrução de habitações unifamiliares. O

sistema proposto de blocos autoportantes com montagem a seco (sem argamassa ligante) foi produzido a partir de concreto com rejeitos de mineração em sua composição.

2. Blocos modulares de encaixe

Os blocos de encaixe sem argamassa ligante são temas de pesquisa em diversos países. Há modelos, inclusive, utilizados em soluções para habitações de interesse social ao redor do mundo. Para exemplificar, cita-se modelos apresentados por BARROS (2011) que apresentam características semelhantes aquele presente neste trabalho.

a) Sistema Construtivo Haener

Desenvolvido pelo Dr. Juan Haener, membro da *New York Academy of Sciences*, o Sistema é chamado de *US 2-Block System*, constituído por dois tipos de blocos: um principal com 40 cm de comprimento e um de meio, com 20 cm de comprimento, com mecanismos de encaixe patenteados. Também podem ser produzidos blocos principais com dimensões de 20x20x40 cm, 30x20x40 cm, 20x15x40 cm, 15x20x40 cm e 15x15x30 cm. São produzidos a partir de concreto leve e possuem três furos, além do design que permite os encaixes horizontais e verticais (Figura 1).

b) Sistema Construtivo Etherington

O sistema construtivo foi criado pelo Professor Bruce Etherington da Universidade do Havá em 1983, e posteriormente desenvolvido pelo *Asian Institute of Technology*. O conceito do sistema é que pudesse ser utilizado em construções de baixo custo em países em desenvolvimento, portanto, também é um sistema que permite a utilização de mão de obra pouco qualificada. Foi largamente utilizado em construções de interesse social em países como Malásia, Tailândia e Filipinas e também nos Emirados Árabes Unidos. O projeto do bloco possibilita encaixes verticais e horizontais e seus furos internos permitem reforços com armaduras de aço.

c) Sistema Construtivo Sparlock

Desenvolvido no Canadá, esse sistema difere-se dos anteriores devido à geometria dos blocos. Estes são assentados em alturas intercaladas, que aumentam a resistência do sistema às cargas, além de melhorar o comportamento acústico e a estanqueidade ao fogo (Figura 1).



Figura 1. Blocos Haener (esq.) e Sistema Construtivo Sparlock (dir.). Fonte: Barros, 2011.

d) Sistema de Alvenaria Azar

Esse sistema foi desenvolvido pela empresa canadense *Azar Group Inc.* e é composto por uma família de três blocos: o bloco completo, o meio bloco e o bloco de “empilhamento”. Neste é possível realizar encaixes tanto na vertical quanto na horizontal e sua execução exige mão de obra pouco qualificada.

3. Materiais e Métodos

A experiência pedagógica relatada neste artigo ocorreu durante dois anos em orientação de trabalhos de conclusão de curso (TCC) subsequentes de dois alunos no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais.

A motivação inicial dos trabalhos foi o interesse dos próprios alunos em explorar uma abordagem tecnológica durante o TCC. A discussão tecnológica poderia acontecer durante o processo de desenvolvimento de uma edificação, como mais costumeiramente se dá os TCCs. Entretanto, vislumbrou-se a possibilidade de discutir soluções tecnológicas para habitações unifamiliares a partir do desenvolvimento de um sistema construtivo. Essa discussão trouxe para o grupo de orientadores, além de professoras Arquitetas e Urbanistas com trabalhos de pesquisa em Tecnologia da Construção, outros professores Designers de Produto. A equipe de orientadores interdisciplinar permitiu que as discussões percorressem aspectos da escala macro da edificação e chegasse a pontos relevantes da produção dos blocos.

O cronograma semestral do TCC organizou as atividades desenvolvidas em 4 etapas, a saber;

- Etapa 1: Estudos bibliográficos sobre blocos, tradição construtiva, metodologias para design de produtos; Conceituação e propostas preliminares do sistema construtivo;
- Etapa 2: Consolidação formal do sistema construtivo; Modelos em escala real; Primeira prototipagem; Análises dos resultados e reflexões sobre a materialidade da edificação sob o uso da tecnologia proposta;
- Etapa 3: Desenvolvimento de novas soluções de fôrmas para prototipagem e de novo tipo de concreto;
- Etapa 4: Definição das características do concreto e das fôrmas; Ensaio de resistência do concreto; Análise dos resultados e reflexões sobre a materialidade da edificação sob o uso da tecnologia proposta.

3.1 Desenvolvimento do conceito do sistema construtivo

A conceituação do sistema construtivo partiu de estudos da tradição construtiva brasileira (a alvenaria de tijolos), das normas técnicas vigentes e de metodologias para design para novos produtos. Após o levantamento inicial, foi proposto um sistema de encaixe no qual não fosse necessário o uso de argamassa de ligação entre os componentes com o objetivo de racionalizar, simplificar e agilizar o processo de produção das vedações.

As dimensões básicas utilizadas em cada elemento seguiram a coordenação modular baseada no módulo $M=10\text{cm}$ presente na NBR 15873 (ABNT, 2010). A espessura dos septos dos blocos seguiu a NBR 15270-2 (ABNT, 2005), na qual há a indicação de que as paredes internas e externas, de blocos estruturais, devam ter espessura mínima de 7 mm e 8 mm, respectivamente. Entretanto, neste primeiro momento, optou-se por dimensões bastante

conservadoras (25 mm e 20 mm, respectivamente) a fim de garantir a característica autoportante dos elementos construtivos.

A forma dos blocos foi definida com base na valorização da agilidade na execução. Trata-se basicamente da inserção de uma característica típica de construção seca em uma técnica originalmente de construção úmida: a) Maior interação com sistemas complementares através da previsão de espaço na parte interna dos blocos para passagem horizontal e vertical de tubulações de água e esgoto; b) Redução das perdas de material através da limitação de quebra dos encaixes presentes nos blocos, possibilitando remover apenas o necessário para possíveis adaptações. A descrição formal detalhada de cada bloco do sistema construtivo está apresentada na Tabela 1.

A família de blocos desenvolvida é composta por cinco elementos construtivos: bloco principal (adaptável para passagem de tubulações), meio bloco, bloco de canto 01 (para encontro de duas paredes), bloco de canto 02 (para encontro de três e quatro paredes) e bloco canaleta.

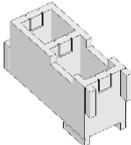
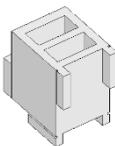
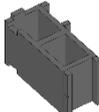
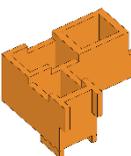
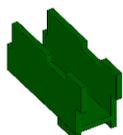
	<p>Bloco principal / de instalações (BP): Elemento principal da família, servindo como base para criação dos demais. Possui sulcos em suas paredes internas para que a área delimitada seja quebrada, de modo a liberar espaço para passagem de tubulações. Dimensões: 40 (C) x 20 (H) x 15 cm (L).</p>
	<p>Meio bloco (MB): Segue o mesmo padrão do bloco principal, com exceção da parte relativa à passagem de tubulações. Sua parede interna é prolongada em 3 cm para baixo, a fim de proporcionar travamento do tijolo na fiada em que for colocado. Dimensões: 20 x 20 x 15 cm.</p>
	<p>Bloco de canto 1 (BC1): Bloco elaborado para o encontro entre duas paredes. Possui encaixes superiores para junção entre blocos iguais e encaixes passíveis de quebra nas laterais para os blocos principais. Dimensões: 35 x 20 x 15 cm.</p>
	<p>Bloco de canto 2 (BC2): Quando há encontro de três paredes, ele é empregado em fiadas alternadas, juntamente com os blocos principais; quando há encontro de quatro paredes, apenas o BC2 é empregado nas junções, sendo disposto normalmente na primeira fiada e em posição invertida na fiada superior. Dimensões: 40 x 35 cm; 15 cm de espessura e 20 cm de altura.</p>
	<p>Bloco canaleta (BC): Empregado da mesma forma que a canaleta tradicional. Dimensões: 40 x 20 x 15 cm.</p>

Tabela 01. Descrição dos blocos desenvolvidos

3.2 Desenvolvimento das fôrmas

Durante o desenvolvimento da família de blocos, foram feitos modelos em escala e modelos em dimensão real para avaliar a eficiência dos encaixes (com poliestireno expandido – Figura 2). Entretanto, foi preciso avaliar também o processo de produção dos

mesmos, o processo de desforma e a integridade final do bloco. Por isso, fez-se o planejamento de fôrmas para realização da moldagem e da desmoldagem.



Figura 2. Modelo em escala real feito em poliestireno expandido. Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 3, são apresentados os tipos de blocos e a suas respectivas fôrmas que foram produzidas, inicialmente, em compensado naval (e=6 mm).

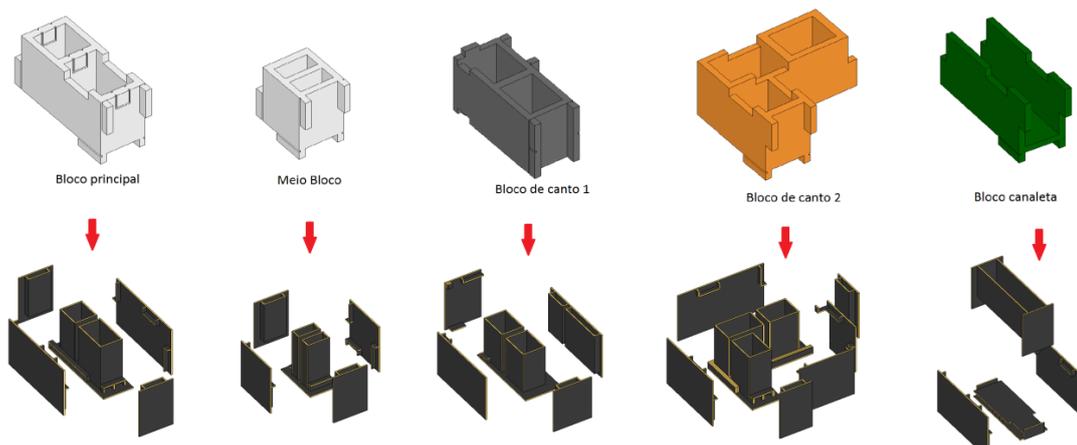


Figura 3. Blocos e suas fôrmas. Fonte: Elaborado pelos autores

A terceira etapa do trabalho teve foco principal na melhoria do processo de produção dos blocos. No segundo conjunto de fôrmas produzido, utilizou chapas de MDF de 15 mm de espessura e protegidas com Sayerlack Marítimo (fabricante: Sparlack). Posteriormente, ainda foram aplicadas uma camada de cera de desmolde (Marca: *TecGlaze-N Mold Release*), uma camada de silicone protetivo para automóveis (Orbi Sil) e uma camada de óleo diesel ou óleo para desmolde similar.

O terceiro conjunto de fôrmas foi produzido em aço (Figura 4) e testadas com o objetivo de melhorar o processo de desmolde.



Figura 4. Forma metálica. Fonte: acervo dos autores

3.3 Desenvolvimento do microconcreto autoadensável

Para que o adensamento do concreto usado fosse mais eficiente, desenvolveu-se um microconcreto autoadensável, no qual não há necessidade de qualquer tipo de vibração e/ou conformação do material na forma.

O cimento utilizado foi do tipo CP V ARI, a areia de granulometria média (dimensão máxima característica – DMC 2,4 mm) e a brita do tipo 00 (DMC 6,3 mm - pedrisco), todos materiais convencionais comercialmente encontrados na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Como agregado fino, utilizou-se o rejeito de minério de ferro inerte, cedido pela Samarco, que foi caracterizado por meio de ensaio de granulometria (NBR NM 248, 2003). A mineralogia da amostra foi determinada por meio da técnica de difração de raios x, realizada com equipamento SHIMADZU, modelo XRD-7000, operando com radiação *k-alfa* de Cu (40kV/30mA), 2θ de 10° a 80°, passo de 2°/min.

Para produzir o microconcreto, partiu-se do estudo realizado por Tutikian (2004) e escolheu-se o traço 1:0,55:0,57:1,88 (cimento:finos:areia:brita – proporção 1:3), com 53% de teor de argamassa e fator água/cimento = 0,55. O plastificante usado foi a base de polycarboxilatos (marca: *MC-PowerFlow* 1180, fabricante: *MC-Bauchemie*) no teor de 1%.

4. Resultados e discussões

A interação entre os elementos construtivos foi testada, primeiramente, em ambiente virtual 3D (Figura 5). Pelo que foi observado, os encaixes propostos foram adequados a todos os tipos de conexão com os demais elementos construtivos (portas, janelas, instalações, etc.).

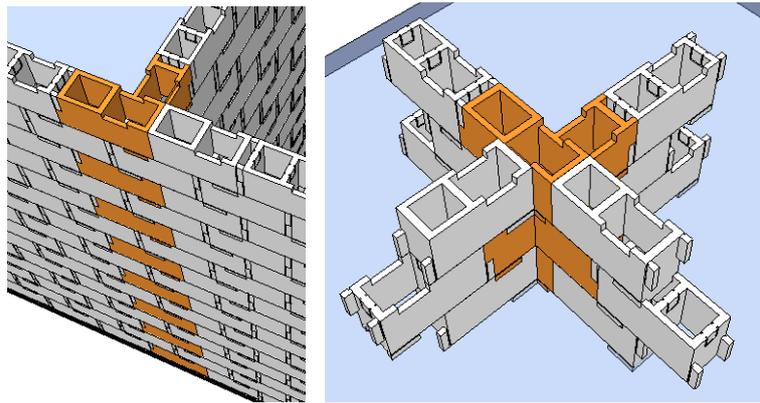


Figura 5. Interação entre blocos principais e blocos de canto 1 em encontro entre três paredes (esq.); Blocos de canto 2 em encontro entre quatro paredes (dir.). Fonte: acervo dos autores.

Na primeira etapa de moldagem, observou-se que as fôrmas em compensado naval não foram satisfatórias e aderiram ao concreto, o que impossibilitou a desmoldagem adequada. Problemas na moldagem também foram verificados, como a presença de bolhas, o que é característico de adensamento deficiente. Essa desmoldagem mostrou, também, que as partes frágeis são, principalmente, as saliências e as reentrâncias feitas para que o bloco encaixe sem a necessidade de argamassa de assentamento. Essas partes são mais sujeitas a esforços de cisalhamento, que é um tipo de tensão não adequado em peças de concreto não armado.

Para a moldagem das fôrmas em MDF e metálica em aço (terceira e quarta etapa), foi utilizado o microconcreto autoadensável com rejeito de minério de ferro (RMF) no traço 1:0,55:0,57:1,88 (cimento:RMF:areia:brita). A fluidez do concreto, medida pela abertura no *Slump Test* ficou em 45 cm, adequada para que um concreto possa ser considerado autoadensável. Com essas características, o concreto preencheu toda a fôrma facilmente.

O RMF apresentou dimensão máxima característica (DMC) de 0,30 mm e Módulo de Finura (MF) no valor de 0,13. Esses valores permitiram que o RMF pudesse atuar como agregado e como filer, principalmente pela sua acentuada característica cristalina, com picos de quartzo (Q) como pode-se observar na Figura 6.

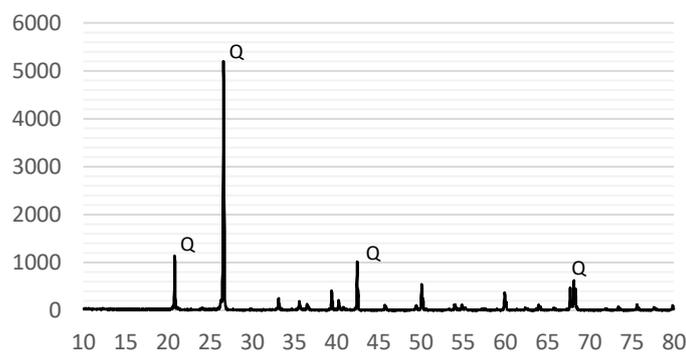


Figura 6. Difratometria de raios X. Fonte: autores

A moldagem com o microconcreto ocorreu sem problemas na fôrma de MDF. Após 48h, a desmoldagem foi iniciada, mas, novamente, o bloco ficou aderido à fôrma (Figura 7).



Figura 7. Problemas na desmoldagem dos blocos – formas em MDF. Fonte: acervo dos autores

Na quarta etapa, a fôrma metálica mostrou-se eficiente na montagem e durante a moldagem com o microconcreto. Em paralelo ao teste de viabilidade da forma, foram moldados corpos de prova (10x20 cm) com o microconcreto autoadensável para avaliação da resistência mecânica do material aos 7 dias (Figura 8).



Figura 8. Moldagem dos corpos de prova e do bloco com forma metálica. Fonte: elaborado pelo autor

Ao final do período de 7 dias foi realizada a tentativa de desmolde do bloco na fôrma metálica, o que não foi satisfatório. Como das outras vezes, os vazios internos do bloco foram as partes que aderiram à forma e não foi possível desmoldá-lo sem quebras.

A resistência à compressão média do microconcreto, aos 7 dias, ficou em 57,15 MPa, valor mais que satisfatório para o momento da desmoldagem. Tal fato demonstra que o bloco não resistiu intacto ao desmolde por conta do desenho proposto para a fôrma e não por conta de problemas na resistência do concreto.

Pelo ponto de vista pedagógico, pode-se avaliar que, ao aplicar os cinco conceitos recomendados por Leite (2014) - domínio tecnológico do arquiteto, resolução global dos problemas e complexidade evolutiva, aprendizado por problematização e estímulo à inventividade, conhecimento vivenciado em atividade pública, competência e o compromisso com o acerto – foi, em grande parte, bem-sucedida.

Durante as proposições, análises e reflexões, cada um dos alunos foi capaz de relacionar o sistema construtivo proposto com os demais sistemas presentes em edificações. Destaca-se:

- (i) O desenho proposto que visava a integração das tubulações nas vedações sem necessidade de quebra dos blocos: para se garantir condições de segurança estrutural e manutenibilidade das instalações sanitárias, detectou-se a necessidade de não considerar função estrutural para as vedações de áreas molhadas;
- (ii) Reflexões sobre execução de obra e de produtividade dos canteiros: os protótipos produzidos alcançaram pesos elevados que comprometeriam a produtividade;
- (iii) O desenho e a composição dos blocos não deixaram de lado os aspectos de desempenho térmico e acústico da envoltória; entre outros.

Além disso, para a equipe de professores orientadores, o processo também foi de grande aprendizagem.

5. Conclusões

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que, pelo ponto de vista tecnológico, constatou-se que o microconcreto desenvolvido mostrou-se adequado para a produção dos blocos de concreto sem necessidade de adensamento ou de compactação e que há necessidade de aprimoramento no desenho dos blocos e das fôrmas.

Os ajustes devem visar, num primeiro momento, a eliminação dos pontos de fragilidade detectados para que a desmoldagem seja bem-sucedida. Subsequente a isso, deve-se trabalhar na produção de um concreto mais leve para aumentar a produtividade no canteiro de obras.

Pedagogicamente, houve um ganho muito significativo para os estudantes de arquitetura que tiveram de trabalhar de maneira integrada e prática, na conceituação de uma tipologia arquitetônica a partir do desenvolvimento de um sistema construtivo, e na materialidade de cada bloco que compõe o sistema.

Referências

ABRELPE (2017). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2017**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/>>. Acesso em 21 dez. 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (2014). **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT.

_____. (2005). **NBR 15270**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT.

_____. (2005). **NBR 15270**: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT.

_____. (2005). **NBR 15270**: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT.

_____. (2010). **NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT.

_____. (2003). **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT.

BARBOZA, A. da S. R.; SILVA, M. M. P.; SILVA, L. L. da; ARAÚJO JÚNIOR, J. C. de. A técnica da coordenação modular como ferramenta direta de projeto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 97-109, abr./jun. 2011.

BARROS, J. G. B. (2011). **Sistemas estruturais em alvenaria à base de blocos de betão sem argamassa**. 106 Folhas. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CAU e DATAFOLHA. (2015). **Pesquisa CAU/BR:** Datafolha. 2015. CAU-BR. Disponível em: <<http://www.caubr.gov.br/pesquisa2015/>>.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP (2016). **Déficit habitacional no Brasil 2013-2014.** Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil: uma abordagem atualizada, 2007, 72 Folhas, **Coleção Habitare**, volume 9, Editora ANTAC, Porto Alegre.

LEITE, M. A. D. F. D. (2014). A Aprendizagem Tecnológica do Arquiteto – conceitos norteadores para inovação curricular. *In: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo*, ENANPARQ, São Paulo.

LEMOS, C. A. C (1985). **Alvenaria burguesa.** Rio de Janeiro: Nobel.

MENDES, C., VERÍSSIMO, C., BITTAR, W. (2010). **Arquitetura no Brasil:** de Cabral a Dom João VI. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio.

OLIVEIRA, M. E. D., SALES, R. J. M., OLIVEIRA, L. A. S., CABRAL, A. E. B. (2011) Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 16, n. 3, p. 219-224.

REIS FILHO, N. G. (2002). **Quadro da arquitetura no Brasil.** São Paulo: Editora Perspectiva.

TUTIKIAN, B. F. (2004). **Método para dosagem de concretos autoadensáveis.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.

Novos Materiais Sustentáveis: um olhar consciente sobre a produção de artefatos

New Sustainable Materials: a awareness look at the production of artifacts

Davi Rodrigues Chaves, graduando, UFPE

designerdavichaves@gmail.com

Deyvid Ricardo da Silva Teixeira

deyvid-teixeira@hotmail.com

Hélter Pessoa de Moura Melo, graduando, UFPE

helterpessoa.designer@gmail.com

Paulo Roberto Silva, mestrado, UFPE

pauloroberto.silva56@gmail.com

Maria Sofia Silva Borba Carvalho, graduanda, UFPE

sofiaborba07@hotmail.com

Resumo

Esse artigo é parte de uma pesquisa em andamento sobre sustentabilidade no contexto de criação de materiais alternativos aos que já são utilizados convencionalmente. Esses elementos convencionais causam sérios danos aos ecossistemas, desde sua obtenção ao processo de produção e descarte final. O objetivo desta pesquisa é explanar e detalhar materiais inovadores no contexto dos três pilares da sustentabilidade: ambientalmente correto, economicamente viável e socialmente justo. A metodologia aplicada foi uma revisão bibliográfica sobre sustentabilidade, novos materiais lançados no mercado ou os que ainda estão em desenvolvimento, com uma nova aplicação no design de produtos. No final da pesquisa, ainda em andamento, procura-se evidenciar a importância destes novos materiais, substituindo os convencionais, dando uma nova aplicação e diminuindo o impacto social e ambiental na geração de resíduos sólidos.

Palavras-chave: Materiais; Sustentabilidade; Design

Abstract

This article is part of a survey, still in process, about sustainability in the context of creating alternative materials to replace conventional ones, which cause great damage to the ecosystem, since its acquisition, production process and disposal. The aim of this survey is to explain and detail new materials in the context of three features of sustainability: environmentally correct, economically viable and socially fair. The method used in this study was a bibliography review related to sustainability, the launch of new materials in the market or those which are still being developed, with a new application on design of products. In the end of this survey we hope to conclude the importance of these new materials, replacing the mainstream ones and giving a new application to them, decreasing the social and environmental impact on the production of solid residue.

Keywords: *Materials; Sustainability; Design*

1. Introdução

O mundo como se conhece está passando por grandes mudanças de âmbitos social e natural, o que abre caminho para novos contextos nos quais a sociedade ruma. O aumento da temperatura média dos oceanos e da camada de ar próxima à superfície da Terra, que vem causando cataclismos como antes nunca vistos, é consequência de causas naturais e principalmente das atividades humanas. Esse modelo de vida de séculos passados no qual o ser humano exerce uma função predatória sem equilíbrio está se tornando intolerável, e a sustentabilidade vem se convertendo em uma palavra-chave nesse contexto, o conceito que resume bem os objetivos para a mudança do comportamento humano, propiciando melhor qualidade de vida no planeta. O design, por sua vez, é a ponte que liga as duas partes no objetivo de encontrar novos meios, materiais e processamentos para as aplicações no dia-a-dia.

O conceito de sustentabilidade foi introduzido inicialmente na década de oitenta, pela *World Commission on Environment and Development*, uma comissão formada pela Organização das Nações Unidas (ONU), com o intuito de unir países em torno do desenvolvimento sustentável (ONU, 1987). Segundo a mesma conferência, a sustentabilidade foi definida como aquilo que atende às necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem a suas necessidades e aspirações, o que atinge hodiernamente todos os patamares e setores da sociedade.

O design, como agente transformador, surge e se insere para facilitar essa abordagem nos âmbitos sociais, especialmente no desenvolvimento de novos materiais e processos. Segundo Thompson (2015, p.9), o design para sustentabilidade trata da consideração do impacto de um produto ou serviço sobre as pessoas e o ambiente durante sua produção, uso e descarte. Em complemento, Lewis *et al.* (2001) ainda afirmam que “O impacto ambiental de um produto ocorre em todas as fases da sua vida. (...) mas ele fica programado para acontecer desde a fase do design”.

Segundo Ferrolli *et al.* (2013), a concepção de novos produtos exige a união de fatores técnicos, estéticos, econômicos e ambientais. Neste contexto, a escolha e

especificações dos materiais e dos processos construtivos passa a ser de forma integrada ao projeto. Portanto, a inclusão da sustentabilidade traz mais uma variável na já complexa equação, de modo que o designer necessita ter disponível um *background* de conhecimento dos diversos materiais existentes.

Empresas e indústrias vêm encontrando a sustentabilidade como estratégia de atingir novos e mais amplos nichos de trabalho e público-alvo. O reposicionamento para causas ambientais passou a ser tido como um investimento para a geração de novas tecnologias e lucratividade (RECH; SOUZA, 2009). Do outro lado, a pressão de ONGs e a formação de uma nova geração cada vez mais consciente e exigente quanto ao aspecto sustentável formam *stakeholders*, corroborando para o aumento de negócios que reduzem seu impacto no meio ambiente e aumentam os lucros ao atender ou superar as demandas ambientais do consumidor (THOMPSON, 2015). E sendo o designer um agente ativo de mudança da realidade, trazendo soluções criativas, ele também é um profissional de extrema importância para o cumprimento desses novos objetivos sustentáveis.

Dessa forma, objetiva-se fomentar o conhecimento, a discussão e o surgimento de ideias acerca da criação de novos materiais ou processos de produção sustentáveis, em surgimento no mercado e em fases desenvolvimento e pesquisa. Para que assim, o designer, junto às empresas e à sociedade, possa projetar com a disponibilidade de novos recursos e deixando uma pegada mais leve sobre o Planeta.

2. Metodologia

Este estudo constitui uma revisão bibliográfica de caráter analítico a respeito do surgimento de novos materiais, técnicas e procedimentos, no âmbito do design, utilizando a sustentabilidade em seus contextos e com o intuito de mudar positivamente o cenário de modo de vida na Terra .

A coleta dos dados necessários foi realizada no período de 17 de outubro a 12 de novembro de 2018, e utilizou-se como plataforma principal de base de dados o Google Acadêmico. As principais palavras-chave utilizadas foram “sustentabilidade”, “materiais”, “design”, “inovação”, “consciência ambiental” e “processos de produção”. Como critérios de inclusão foram definidos que seriam selecionados artigos nos idiomas inglês e português e que focassem nas características de novos materiais e/ou processos, imbuídos sob o viés sustentável.

Também foram realizadas buscas online a respeito de sites institucionais e de pesquisa confiáveis referentes aos produtos em foco nesta pesquisa, de forma a complementar e melhor detalhar as informações aqui contidas, já que alguns dos materiais apresentados têm criação recente e seus dados com maiores explicações ainda não foram muito documentados. Dessa maneira, a soma do conhecimento contido nos *papers* com as informações de busca online objetiva um melhor detalhamento teórico, o qual será abordado a seguir.

3. Novos Materiais Sustentáveis

3.1 Embalagens Cartonadas

As embalagens cartonadas, conhecidas no Brasil pela Tetra Pak ou pela nomeação “Longa Vida”, são amplamente comercializadas para comportar diversos produtos alimentícios, devido a sua comodidade e segurança higiênica, e o seu uso torna-se cada vez mais dinâmico e frequente entre os consumidores brasileiros. Esse tipo de embalagem possui em sua composição seis camadas de distintos materiais, cada um possuindo funções específicas que protegem o produto de agentes externos. São 2 camadas de polietileno (plástico) e papel alternadas, com uma camada central de alumínio (TETRA PAK, 2018). Por ano são produzidos aproximadamente 12 bilhões de embalagens de longa vida no Brasil. No entanto, apenas 30% dessas são recicladas (MOMENTO AMBIENTAL, 2014).

Já que a sua composição é uma mistura de materiais, para que o Tetra Pak seja reciclado é necessário que haja a separação das camadas que o compõem, de modo eficiente. Esse processo de reciclagem envolve o consumidor, empresas e cooperativas que atuam na logística reversa da embalagem. Segundo a Lei 12.305, art. 3º, parágrafo XVII, de 02 de agosto de 2010, a logística reversa consiste em um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

O aproveitamento desses resíduos, quando usados com criatividade, geram oportunidades para a criação de novos produtos. As telhas de Tetra Pak são os principais artefatos hoje feitos a partir das embalagens cartonadas. O processo de produção das telhas ainda não é muito difundido, mas muitas empresas e cooperativas que já produzem estão vendo que as telhas são um produto cada vez mais lucrativo (nos lados financeiro, social e ambiental) e existe cada vez mais procura no mercado.

O processo de produção das telhas de embalagem longa vida inicia-se com a separação dos materiais da embalagem (plástico, alumínio e papel) das impurezas que podem vir agregadas ao material. Esse processo é feito inicialmente de forma manual e logo após o resíduo é enviado para uma máquina que retira o papel e outros resíduos que possam ser indesejáveis. Depois dessa triagem, o material é espalhado em uma mesa e forma-se uma espécie de colchão; o “colchão” é inserido em uma prensa eletrotérmica, que chega a uma temperatura aproximada de 150° C, passando cerca de 40 minutos, com a finalidade de vulcanizar o material e garantir que toda a umidade seja retirada, já dando a forma final ao produto. A última etapa da produção consiste em cortar as telhas no tamanho de 2,20 m por 90 cm (MOMENTO AMBIENTAL, 2014).

Para que sejam fabricadas as telhas, são necessárias aproximadamente 1900 caixas de longa vida, ou seja, por mês são aproximadamente dois (2) milhões de embalagens longa vida retiradas de aterros e lixões. As telhas de Tetra Pak são praticamente inquebráveis e por isso possuem trinta (30) anos de garantia dados pelas empresas

produtoras. Outro ponto é que ela pode ser reciclada novamente, já que o processo de vulcanização não retira as propriedades do plástico e do alumínio (MOMENTO AMBIENTAL, 2014). Por essa mesma composição de alumínio, que atua na reflexão de aproximadamente 95% dos raios de sol, as telhas deixam eficiência térmica para os ambientes aos quais cobre, diminuindo a temperatura interna desses (BORGES, 2017).

Além de todas as propriedades positivas explicitadas, as telhas de Tetra Pak podem ser utilizadas em ambientes distintos e com utilidades diversas. Puderam ser analisados exemplos do uso das telhas para utilização em telhados verdes e instalações de zootecnia em áreas rurais, com o benefício de ambientes internos com menor temperatura e propriedade acústica de maior impedimento de sons e ruídos (FENSTERSEIFER, 2017), aplicações na construção de casas populares em grandes áreas urbanas (ROSSI et al., 2015), e também no desenvolvimento de joias a partir do compósito das telhas, agregando brilho, novas texturas, e um valor de moda e utilidade econômica e social para as comunidades que se beneficiam dessa atividade (GARCIA, 2016).

Ainda podem ser desenvolvidos produtos cotidianos com as embalagens longa vida. É possível encontrar no mercado canetas, vassouras e pisos desenvolvidos com a matéria-prima base a partir do Tetra Pak (TETRA PAK, 2018). Dessa forma, toda essa gama de possibilidades abre caminho para a inovação, em busca de novas aplicações e técnicas que atuem nesses processos de reciclagem.

3.2 Cerâmica

A cerâmica é um material usual quem vem perpassando pela humanidade há séculos. Entretanto, a sua reciclabilidade, mesmo que possível, é de incerta garantia. Nesse contexto de inviabilidades, é necessário pensar em novas formas e conceitos de lidar com a cerâmica para garantir seu uso eficiente e durável. Uma dessas ideias é um produto novo que vem sendo desenvolvido pelo *Institute of Advanced Architecture of Catalunya* (IAAC), que une a cerâmica a uma solução interessante para lugares que são muito quentes ou muito frios.

O produto é chamado de Hidrocerâmica e é composto por um hidrogel que expande seu próprio tamanho cerca de quinhentas (500) vezes em contato com água. O hidrogel, que é um polímero, beneficia uma lenta evaporação da água. Dessa forma, em dias quentes, a água evapora dos hidrogéis e a temperatura do ambiente a qual ele está presente diminui, e como se vai perdendo água, o hidrogel também diminui de tamanho e volta ao seu estado original sólido. Quando integrado à cerâmica e acontece a evaporação, a própria cerâmica absorve a água e transmite o “frio” para o exterior (parte interna do ambiente). De forma inversa, quando está frio e chovendo, o hidrogel cresce e atua como um isolante térmico (HOMETEKA, 2018).



Figura 1. Hidrocerâmica. Fonte: Hometeka (2018)

No calor, a temperatura pode variar de 5 a 6°C a menos com o uso da hidrocerâmica. O produto ainda está em fase de testes, mas já é um avanço em direção a novos projetos de arquitetura, design e construção responsivos, que entendam as dinâmicas de temperatura de um edifício e se adaptem a elas sem utilizar sistemas artificiais. Além disso, sabe-se que o material é de baixo custo e que economiza cerca de 28 % de eletricidade, já que as placas dispensam sistemas de ventilação, contribuindo à várias dimensões da sustentabilidade (HOMETEKA, 2018).

3.3 Fungos

O uso dos fungos como base de matéria-prima para projetos vêm em uma crescente importante dentro do mercado global. A facilidade no manejo, o crescimento de um público mais consciente e os benefícios ambientais e econômicos são fatores que colaboram para que este material ganhe cada vez mais espaço. Segundo o Dr. Drew Endy, professor de Bioengenharia da Universidade de Stanford, "fungos de madeira caminham para ser um dos maiores motores para a manufatura no século 21" (LIU, 2017). Nesse cenário de prosperidade e inovação, duas empresas têm se destacado por trabalhos de desenvolvimento de materiais a partir dos fungos.

A primeira delas é a *startup* italiana *GradoZero Espace*, que desenvolveu um material vegano parecido com camurça, o *MuSkin*. O nome vem da junção de *mushroom* e *skin* e o produto é 100% natural, flexível, tendo um lado resistente e outro mais suave. Além disso ele é impermeável, fácil de costurar, tem propriedades higiênicas, não causa alergia e ainda seu tingimento é fácil e obtido em um processo natural sem produtos químicos. (ŠČERBAKA ; ANDRA, 2016).

Os *Mycelium* são uma espécie característica de cogumelos de que são feitos esse tipo "couro". Eles existem em grande quantidade na natureza e crescem rápido, fazendo

com que sejam economicamente viáveis. O material é extraído da parte superior dos cogumelos, é processado e curtido de maneira 100% natural (CICLO VIVO, 2016).

Ao ser comparado com o couro de animal, o *Muskin* possui algumas características ideais, por ser um material natural e sem a adição de produtos químicos. Embora este novo material possa ser encontrado on-line, as informações mais precisas sobre os passos da produção dele não são reveladas pela empresa. O couro ainda possui estoque limitado, mas já vem sendo comercializado em tamanhos médios de 40 x 20 cm dos quais podem ser feitos bolsas, chapéus, calçados, malas, cintos, carteiras, dentre outros artefatos (CICLO VIVO, 2016).



Figura 2. Chapéus e Bolsas feitos com o Muskin. Fonte:
<<https://www.lifegate.com/people/lifestyle/muskin-leather-mushrooms>> Acesso em:05/09/2018.

A outra empresa dentro desse nicho de mercado é a norte americana *MycoWorks*, que também desenvolve um substituto de couro usando cogumelos e recortes de jardim. A tecnologia desenvolvida por eles é uma nanotecnologia natural, auto-organizável e funcional. O material é semelhante à pele do micélio, que é uma estrutura microscópica semelhante à raiz de cogumelos *Reich* e pode ser cultivada através da manipulação de textura e forma (LIU, 2017).

Dentro de duas semanas, o couro de cogumelos pode atingir o tamanho da pele bovina. Um fator importante do processo (que também não é divulgado por inteiro pela empresa) é que quando o material necessário é cultivado, ele é depois aquecido para matar organismos vivos. Isso evita a possibilidade de que, quando o couro permanece úmido, o fungo retome seu processo de crescimento (ŠČERBAKA e ANDRA, 2016).

Tais exemplos levam à análise comparativa de que os couros não animais possuem mais vantagens em relação ao de origem animal. Os materiais podem ser produzidos muito mais rapidamente sem desperdiçar energia, possuem baixo custo de produção e são ecologicamente corretos. Além disso têm o fato de não submeterem animais no processo de produção, o que atende às demandas de públicos alvo que seguem alguns segmentos, a exemplo do veganismo.

3.4 Plástico

O plástico é um material que vem cada vez mais sendo um empecilho ao desenvolvimento humano como ser sustentável. A vida marinha, em especial, é um ecossistema duramente penalizado pela irresponsabilidade e falta de consciência da população mundial.

Tendo essa problemática em mãos e vida, o engenheiro neozelandês Peter Lewis desenvolveu com a startup americana *ByFusion* o que eles chamam de *Replast*: um tijolo ecológico que tem como matéria-prima o plástico descartado em oceanos e mares. A ideia consiste em uma plataforma modular que comprime os plásticos, transformando-os em “tijolos” ecológicos de vários tamanhos, formatos e cores. O processo de produção do tijolo ecológico é considerado simples: uma plataforma modular irá comprimir os restos de plástico em blocos com formatos diversos, esses blocos possuem encaixes, não necessitando assim de nenhum tipo de cola. O produto final pode ser utilizado tanto em construções de barreiras, quanto em casas e prédios (CUNHA, 2016).



Figura 3. Bloco Replast . Fonte: Cunha (2016)

O sistema que ele criou além de extremamente eficaz é portátil, de fácil transporte, além de funcionar tanto com gás quanto com energia elétrica. Outro ponto positivo da invenção está no fato de que os plásticos não precisam ser lavados nem classificados para a obtenção do produto final, de outra forma o Replast possui uma produção que emite 95% menos gás carbônico do que o tijolo tradicional.(CUNHA, 2016).

3.5 PET e Madeira

A madeira e o polietileno tereftalato, também conhecido como PET, são materiais bastante conhecidos pela humanidade, já que estão sempre presentes no cotidiano. No entanto, o fato de o PET não ser biodegradável e os problemas tidos com o desmatamento

em contraponto à preservação ambiental serem persistentes, a necessidade de criar meios alternativos para esses materiais torna-se latente.

Uma das maneiras encontradas para dar um novo uso ao PET é transformando-o em tecido, já que ele possui características que fazem com que seja uma peça desejada nas mais diversas áreas e pelos mais diversos profissionais. O PET é um produto leve, resistente, versátil, seguro, possui alto brilho e pode ser transparente.

O processo que transforma o PET em tecido ocorre da seguinte maneira: as garrafas PET são recolhidas por catadores e passam por um processo de seleção, lavagem, moagem e secagem, resultando num produto chamado *Flake*. O *Flake*, então, é fundido, filtrado, resfriado e granulado em chips. Os chips passam por um processo de extrusão à 300°C, transformando-se em pasta, que é enviada para uma bomba, passando por micro furos, onde são lubrificados e reunidos em tambores. Os micro furos determinam os títulos (espessura da fibra). Saindo dos tambores, passa-se por um processo de estiragem e termofixação. Depois da termofixação, as fibras são secadas e passam pelo processo de carda, chegando ao resultado final (RICCHINI, 2015).

O produto do PET é macio, resistente, confortável e possui uma durabilidade de até 20% maior do que o tecido de algodão. Essa reciclagem acarreta em uma redução de aproximadamente 70% na emissão de CO₂ quando comparado à matéria prima natural (RICCHINI, 2015). Esse produto tem mostrado ser muito bom para a fabricação de moda íntima, camisetas, bolsas e sapatos e ainda pode ser usado como tecido para sublimação.

Já para as questões relativas à madeira, uma alternativa que vem sendo cada vez mais requisitada é a madeira plástica, que pode ser obtida através da reciclagem de alguns tipos de plástico. Além de ser um grande benefício para o meio ambiente, a madeira plástica pode ser mais conveniente, já que não solta farpa, não absorve umidade, não retêm fungos nem cupins, é prática e fácil de limpar e é mais resistente à ação do tempo (IN BRASIL, 2018).

Para que o plástico seja transformado em madeira é necessário que ele passe por um processo de transformação da matéria prima. A primeira etapa da produção consiste no recolhimento da matéria-prima, em que pode ser utilizado qualquer tipo de plástico, contudo os mais utilizados são polietileno de baixa densidade e polietileno de alta densidade. Depois de recolhido, ele é separado por gênero e então vai ser processado. Em seguida o plástico é lavado e moído, formando granulados. Os materiais necessários (material plástico na forma de grânulos, flocos, fibras ou pó e a fibra natural) são misturados de maneira homogênea na máquina injetora. O atrito, calor e pressão do sistema fazem os materiais se aglomerarem formando placas. Essas, já então resfriadas, são levadas para uma área de acabamento onde receberão a finalização de acordo com o pedido do cliente. Por ser um produto extremamente resistente e versátil, ele pode ter diversas aplicações no design, das quais podem ser citadas bancos, rodapés, fachadas, playgrounds, pisos, dentre outras (IN BRASIL, 2018).



Figura 5. Banco de Madeira Plástica. Fonte: <<http://www.temsustentavel.com.br/a-madeira-plastica-e-seus-efeitos-e-vantagens-para-a-arquitetura-sustentavel>>. Acesso em: 05/09/2018

Embora a criação do tecido PET e da madeira plástica não datem tão recentes quanto aos outros materiais aqui citados, eles estiverem entre os primeiros a se destacar em rever o modo de pensar a produção com seus fins sustentáveis e ganhar grande ascensão no início do presente século. Outro aspecto é que mesmo que as inovações surjam, novas tecnologias estão sendo criadas a todo momento, e o modo de produção desses materiais vai também se alterando ao longo do tempo.

4. Conclusão

A busca pela inovação é uma ação chave para encontrar novas alternativas para aprimoramentos, processos e técnicas na criação de materiais que assistam às necessidades atuais. O atendimento às dimensões da sustentabilidade torna-se, dessa maneira, um fator alvo posto cada vez mais em prática por empresas, assim como também exigido pelos próprios usuários.

Os exemplos que aqui foram explicitados, resultantes da revisão bibliográfica, são uma parte de muitos projetos em desenvolvimento no mundo e que almejam um olhar alternativo junto ao design nesse contexto. Esses novos materiais começam a fazer parte da dinâmica social, auxiliam na geração de renda e emprego para as famílias locais (como em casos de cooperativas ou empresas produtoras) e ainda geram lucratividade aos empreendimentos ao mesmo tempo que possuem a consciência ambiental, apoiados nas sustentabilidades ecológica e econômicas, como bases norteadoras.

Assim sendo, agir nesse contexto é garantir um dinâmica multi relacional das pessoas que produzem os materiais e conseqüentemente os produtos que deles são feitos. Da mesma forma, as demonstrações de sucesso empírico com os novos materiais são instigadoras da continuidade do pensamento criativo nesse cenário, para que a cada novidade e oportunidades aparentes, novas ações gerem novos materiais, processos e métodos ainda mais sustentáveis, em todos os seus âmbitos.

Referências

ARRUDA, Amilton J.V.; FERROLI, Paulo Cesar Machado; LIBERLOTTO, Lisiane Ilha. **Design, Artefatos e Sistema Sustentável** São Paulo: Blucher, 2018. 264 p. ISBN 978-85-8039-298-2 (e-book) 360 p.

BLOG POLICOG. **Processo de fabricação da madeira plástica**. Disponível em: <<http://blog.policog.com.br/processo-de-fabricacao-da-madeira-plastica/>> Acesso em: 13/10/2018

BORGES, L. **Telhas recicladas de embalagens Tetra Pak**. Disponível em: <<http://autossustentavel.com/2017/11/telhas-tetra-pak.html>> Acesso em: 08/10/2018

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Lei 12.305. Art. 3, parágrafo XII. 2010.

CICLO VIVO. **Tecido feito de cogumelos pode substituir couro e camurça**. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/arq-urb/arquitetura/tecido-feito-de-cogumelos-pode-substituir-couro-e-camurca/>> Acesso em: 13/11/2018

CUNHA, R. **REPLAST o tijolo ecológico feito de resíduos plásticos retirados do oceano**. Disponível em: < <http://www.stylourbano.com.br/replast-o-tijolo-ecologico-feito-de-residuos-plasticos-retirados-do-oceano/>> Acesso em: 03/10/2018

FENSTERSEIFER, Paula et al. **Reaproveitamento de Embalagens Tetra como Suporte de Telhados Verdes**. Pak 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, Paraná, 2017

FERROLI, P.C. Machado; LIBERLOTTO, Lisiane Ilha. **Materioteca com enfoque sustentabilidade no design de produtos**. Arcos Design. Rio de Janeiro, V. 7N. 1, Julho 2013, pp. 57-8

GARCIA, Danuse C. ; TABARELLI, Taiane R. G. **Coleção de Joias Elaborada a partir da Reciclagem do Tetra Pak**. Disciplinaryum Scientia, Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v.17, n.1, p. 193-204, 2010.

HOMETEKA. **Hidrocerâmica: novo material dá adeus ao ar-condicionado e ventiladores**. Disponível em: < <https://www.hometeka.com.br/produto/hidroceramica-novo-material-da-adeus-ao-ar-condicionado-e-ventiladores>> Acesso em: 01/11/2018

LEWIS, Helen; GERTSAKIS, John; GRANT, Tim; MORELLI, Nicola; SWEATMAN, Andrew (2001) - **Design + Environment, a global guide to designing greener goods**, A.A.V.V., Greenleaf Publishing Limited, London, p.9.

LIU, Cindy. **The Future of Bioengineering: An Interview with Professor Drew Endy**. Intersect, Vol 11, No 1. Stanford University. 2017

IN BRASIL. **Madeira Plástica**. Disponível em: < <http://www.inbrasil.ind.br/madeira-plastica/> > Acesso em: 13/10/2018

MOMENTO AMBIENTAL. **Reciclagem de Tetra Pak - Momento Ambiental**. 2014. 7 min, son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IZHJ-oGOeaw>> Acesso em: 28 /09/2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Report of the World Comission on Enviroment and Development: Our Common Future**. Oslo. 1987. 300p.

QUARTIM, Elisa. **Tetra Pak e o pós-consumo**. Disponível em: <<http://embalagensustentavel.com.br/2011/06/21/tetra-pak-e-o-pos-consumo/> > Acesso em: 27/09/2018

RECH, Sandra R. ; SOUZA, Renata K. R. **Ecoluxo e Sustentabilidade: um novo comportamento do consumidor**. DA Pesquisa, Florianópolis, v.4 n.6, p. 602-608, 2009.

RICHINNI, R. **Processo industrial – PET vira tecido**. Disponível em: < <http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-plastico/processo-industrial-pet-vira-tecido/> > Acesso em: 02/10/2018

ROSSI, Jamile G. et al. **Avaliação de Propriedades Acústicas da “Casa Popular Eficiente”**. EuroElecs, Portugal, 2015.

ŠČERBAKA, Anda; ANDRA, Ulme. **Materiais de couro inovadores na indústria têxtil**. Materials Science. Textile and Clothing Technology. doi: 10.7250/mstct.2016.003. Universidade Técnica de Riga. 2016

SILVA, Karin C. P. et al. **Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak em coberturas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.1, p58-63, 2015.

TETRA PAK. **Material de Embalagens das Embalagens Cartonadas Tetra Pak**. Disponível em: <<https://www.tetrapak.com/br/packaging/materials>>. Acesso em: 03/10/2018

THOMPSON, Rob. **Materiais Sustentáveis, Processos e Produção**. São Paulo: Editora Senac, 2015

Resíduo da lapidação do vidro: Caracterização do resíduo e efeito da incorporação do resíduo sobre a resistência mecânica de uma argamassa.

Glass lapping residue: Characterization of the residue and effect of the incorporation of the residue on the mortar's mechanical strength.

Heloisa Regina Turatti Silva, Dr, UNISUL.
helofloripa2004@yahoo.com.br

William Rafael Stegall dos Santos, UNISUL
williamstegall@hotmail.com

Adrielli Aparecida Westerlon, UNISUL
adrielliwesterlon@hotmail.com

Paola Egert, Dr, UNISUL.
paola.egert.ortiz@gmail.com

Jasper José Zanco, Dr, UNISUL
jjzanco@gmail.com

Resumo

O vidro é um material considerado 100% reciclável, pois este material pode voltar ao processo de produção de vidro. Entretanto, em relação ao uso de cacos externos de origens diversas, em função da logística na coleta e limpeza dos resíduos, em torno de 60% do resíduo de vidro é descartado em aterros. Este índice é ainda mais grave quando se fala em resíduos gerados na furação e lapidação de vidro, pois em função da contaminação por lubrificantes, flocculantes e poeira, acaba não podendo ser reutilizada no processo de reciclagem do vidro, sendo destinada integralmente à aterros sanitários. Esta pesquisa tem como foco a reutilização deste resíduo, incorporada a uma argamassa, avaliando o comportamento mecânico do novo material. Os resultados indicaram que o uso do resíduo de vidro, apesar da presença de contaminantes, têm se mostrado positivos quanto a conferir propriedades mecânicas interessantes a argamassa, indicando potencial destinação sustentável às argamassas.

Palavras-chave: Vidro; argamassa; reaproveitamento

Abstract

Glass is a 100% recyclable material, because it can back to its production process. However in relation to the use of broken glass of diverse origins, due to the logistics in the collection and cleaning of the residues, about 60% of then it's discarded in landfills. This index is still more serious when talking about residues generated by the drilling and lapping, because of the contamination of lubricants, flocculants and dust, can't be reused in the process of recycling of the glass, being destined fully to landfills. This research focus at the reuse of the residue incorporated to a mortar, valuing the mechanic behavior of the new material. The results indicated that the use of the residue, even tough the existence of contaminants, being shown positive about conferring interesting mechanical properties to the mortar, indicating a potencial sustentable destination to mortars.

Keywords: *Glass; mortar; reuse*

1. Introdução

Um dos principais problemas que afeta a qualidade de vida, nos grandes centros urbanos, é o volume de resíduos gerado diariamente. Aspectos técnicos e operacionais envolvidos nessa questão são bastante conhecidos e estão relacionados à quantidade e à diversidade dos materiais descartados pela sociedade. Atualmente, os resíduos sólidos constituem um dos maiores problemas para as empresas e administrações públicas, visto que seu gerenciamento adequado acarreta custos elevados. Nas grandes cidades, o problema é ainda mais grave devido à quantidade de resíduos gerados e à falta de áreas adequadas, próximas e disponíveis para deposição desses materiais (CASSA *et al.*; 2001).

Os setores industriais têm se tornado uma grande preocupação social por conta tanto do aumento significativo da geração desses resíduos, como também pela falta de um destino adequado para esses materiais. É preciso, portanto, buscar soluções ambiental e economicamente viáveis para o reaproveitamento desses resíduos. Neste sentido, a construção civil é um setor produtivo que contribui bastante através de ações que alteram o meio ambiente. Pela diversidade dos produtos por ela consumidos em seus diferentes setores de processos, torna-se fácil o setor atuar como receptor, através da reutilização e da reciclagem, não só de seus resíduos, como também de outras indústrias (CASSA *et al.*, 2001). Neste sentido, resíduos gerados na indústria de vidros têm mostrado resultados interessantes e vem se tornando cada vez mais uma alternativa para a redução do impacto ambiental ao incorporar estes resíduos na produção de argamassas para construção civil.

Os resíduos de vidro podem ser originados no cotidiano de todos, quando se engloba o descarte de vasilhames, copos, vidraças entre outros (FÁVERO, 2009) ou no processo de produção, utilização e descarte do mesmo (SALES, 2014). O vidro é um material inerte não perigoso, classe IIA (NBR 10.004, 2004), não biodegradável que corresponde a 3% dos resíduos sólidos urbanos, sendo a maior parte deste índice proveniente de quebras durante o processo de fabricação, tratamento, furação, corte e manuseio de peças de vidro (Sales, 2014). Este resíduo segundo Fávero (2009) é considerado 100% reciclável, pois este material pode voltar ao processo de produção de vidro. Entretanto, somente cerca de 45% de matéria prima é reciclada (CEMPRE, 2013), isto acontece porque o reaproveitamento requer cuidados especiais, ou seja, exige separação seletiva, retirada de contaminantes/impurezas, limpeza e quebra em tamanhos homogêneos antes do reaproveitamento. Consequentemente este material acaba em aterro sanitários e lixões.

Sales (2014) comenta que a relativa facilidade de aquisição e seu baixo custo fazem deste resíduo um material atraente na aplicação em diferentes setores e produtos da construção civil. Além disso, sua constituição de mais de 70% de sílica (SiO₂) conferem a este material uma característica potencialmente positiva para uso em concretos e argamassas. Vários trabalhos mostram estudos com a utilização de resíduo de vidro, não reciclado na própria indústria, como substituição de agregado miúdo ou como substituição ao cimento (TOPÇU *et al.*, 2004; PARK *et al.*, 2004; AFSHINNIA *et al.*, 2016; CORINALDESI *et al.*, 2016). Os resultados têm se mostrado promissores. Mas outro problema e, foco deste trabalho, são as micropartículas de vidro geradas nos processos de furação e lapidação de artefatos de vidro (SALES, 2014). Estas etapas do processo de preparação de vidro empregam grande volume de água para o resfriamento de ferramentas de corte. Sales (2014) comenta ainda que para reaproveitar a água do resíduo de vidro, eles recebem adição de floculante, o que facilita a

decantação das micropartículas de vidro. O resíduo gera então um aglomerado de micropartículas de vidro impregnado por flocculante (neste trabalho $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$). Sales (2004) comenta que uma indústria pequena pode gerar até 100 kg deste resíduo por mês. Um valor pequeno quando comparado com os outros tipos de resíduo de vidro, mas este material não é biodegradável e diminui a vida útil dos aterros, logo precisa ser levado em consideração. Sales, 2014 comenta ainda que este material tem recebido atenção na indústria cerâmica na forma de lubrificantes e abrasivos, mas nada se encontra sobre estudo como incorporação de agregados ou aglomerantes em argamassas.

Portanto, neste projeto o intuito é estudar a viabilidade de incorporação dos resíduos provenientes do efluente do processo de furação e lapidação das indústrias de vidro, em argamassa, e verificar as suas propriedades mecânicas, criando desta forma uma alternativa para reutilização deste resíduo que tantos malefícios pode trazer ao meio ambiente.

2. Metodologia

O objeto da pesquisa consiste em produzir amostras de argamassa com a incorporação do resíduo de vidro. Haverá também a produção de amostras sem incorporação do vidro (piloto) para realizar a comparação com um padrão.

O resíduo de vidro utilizado nesta pesquisa foi fornecido por uma empresa da região de Palhoça/SC, proveniente da lapidação, cortes, furação e acabamentos do vidro antes do processo de beneficiamento do mesmo.

O resíduo recebido passa por uma secagem ao ar e em seguida passa por peneiramento e a porção selecionada foi a parte passante em malha 300 μm . Esta granulometria foi escolhida pois o intuito do trabalho é a substituição de parte do cimento, logo o pó de resíduo deve ser bem fino. A figura 1 ilustra o resíduo de vidro em forma de lodo como recebido e após secagem e passagem na peneira.



Figura 1 - Resíduo da lapidação de vidro (a) em forma de lodo e (b) em forma de pó. Fonte: elaborado pelos autores.

A metodologia do trabalho consiste nas seguintes etapas:

A) CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO

Os métodos de ensaios seguidos nesta etapa foram realizados seguindo as normas técnicas da ABNT posteriormente citadas. Os ensaios citados abaixo foram executados no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina (LEC-UNISUL).

Análise Granulométrica. Esta etapa consiste em determinar a quantidade de cada fração do material de acordo com sua dimensão, segundo a NBR NM 7211:2009.

Índice de Matéria Orgânica. A análise é realizada segundo a NBR NM 49:2001. Os resultados são obtidos através da comparação da coloração obtida com um referencial graduado.

Massa Específica. O método do picnômetro sugerido pela Norma NBR NM 52:2009, foi o escolhido para determinação desta variável.

Os ensaios abaixo foram realizados fora da instituição de estudo.

Análise de Imagem por Microscopia Estereoscópica. O resíduo possui uma granulometria muito fina, então a fração passante na peneira 300 μ m foi analisada e tratada estatisticamente através do software ImageJ Version 1,51h.

Ensaio de Fluorescência de Raios-X e Espectrometria de Absorção Atômica. O material foi separado e enviado para o Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais - LDCM de Criciúma, onde foi submetido a ensaios de fluorescência de Raios-X e espectrometria de absorção atômica para determinação de elementos presentes no resíduo.

Difratometria de Raios-X. Esta foi a técnica utilizada para identificar as fases presentes no resíduo estudado. O ensaio foi realizado no laboratório de materiais da Universidade Federal de Santa Catarina (LabMat/UFSC) e o equipamento utilizado foi o difratômetro X'Pert.

B) ENSAIO DE RESISTENCIA MECÂNICA.

Resistência a compressão: Para o ensaio de resistência a compressão foram preparados 6 corpos de prova cilíndricos de dimensões 50x100mm para cada idade de cura (repetições). A argamassa estudada teve traço de 1:2,25 (cimento: agregado) e utilizou-se cimentos IV e V. O teor de água base utilizado no estudo foi de 0,55, indicado para regiões de agressividade classe III-marinha (ABNT 12655:2006), mas variou-se este teor nos diferentes ensaios realizados.

O equipamento para prova de carga de tensão é da marca EMIC e o procedimento é aquele estabelecido pela Norma NBR 7215/1996 Versão Corrigida:1997. Os corpos de provas foram rompidos nas idades de 7, 14, 28, 63 e 91 dias, conforme orienta a norma citada, período onde foram mantidos submersos para uma cura completa.

Foi necessário ainda um ensaio de pozolanicidade, este foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina (LEC-UNISUL):

Pozolanicidade. Para analisar se o resíduo apresenta características pozolânicas foi realizado o ensaio de índice de atividade pozolânica proposto pela norma ABNT NBR 5752/2014.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A) CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO

Os resultados obtidos pelo ensaio de massa específica, matéria orgânica e granulometria pode ser encontrado na tabela 1.

Características	Dados	Indicadores
Massa específica	2,195 kg/m ³	NBR NM 52:2009
Umidade pó de vidro após secagem	3,6%	NBR 9775: 2011
Matéria Orgânica	Mais clara do que a solução-padrão	ABNT NBR NM 49:2001 Versão Corrigida:2001

Composição granulométrica

Peneiras mm	4,80	2,40	1,20	0,60	0,30	0,15	Fundo
% retido	4,17	6,71	13,19	17,19	29,15	9,68	19,88

Tabela 1 - Caracterização física do pó de vidro. Fonte: elaborado pelos autores.

O material apresenta um alto teor de finos (quase 20%). Logo é realizado o tratamento estatístico da amostra através do software ImageJ Version 1,51h para determinar os diâmetros médios abaixo de 0,15 mm.

A figura 1a mostra um histograma apresentando a frequência de aparecimento dos diferentes diâmetros das partículas abaixo de 0,15 mm. A figura 1b apresenta a imagem tratada da amostra.

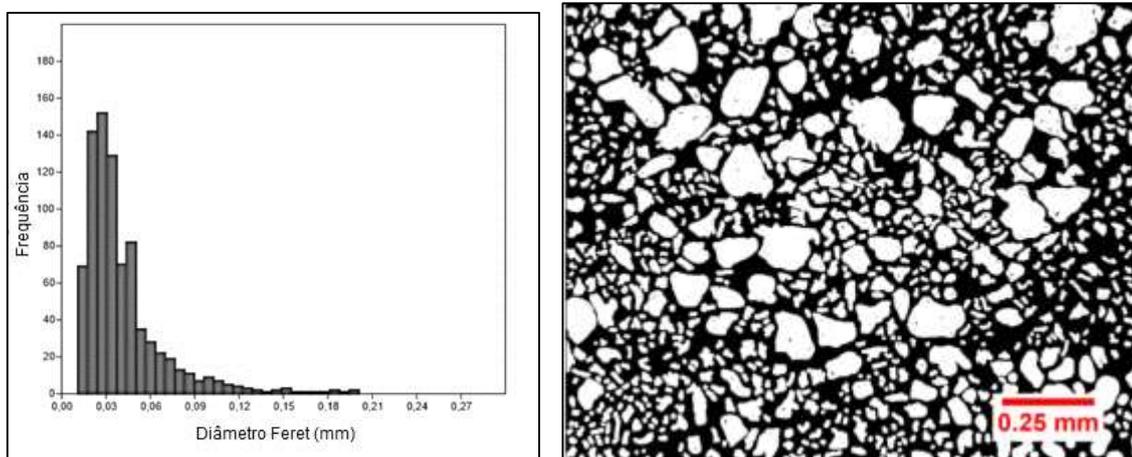


Figura 2. (a) Histograma de frequência do tamanho de partículas. (b) Imagem tratada da amostra. Fonte: Fonte: elaborado pelos autores.

A análise de imagem mostra que maior frequência de diâmetros da amostra se encontra em torno de 0,03mm. Quando se pensa em incorporar este resíduo em uma argamassa, este alto teor de finos pode trazer prejuízos a trabalhabilidade da mesma. Tendo-se que analisar a necessidade de controlar a granulometria em uma incorporação.

A tabela 2 traz os resultados de análise química do resíduo.

Elementos	Teor (%)
Al ₂ O ₃	3,38
CaO	8,10
Fe ₂ O ₃	0,31
Na ₂ O	12,28
K ₂ O	0,07
SiO ₂	64,75
MgO	3,14
Perda ao fogo	7,64

Tabela 2 - Resultado de fluorescência de Raios-X e espectrometria de absorção atômica sobre o resíduo de vidro. Fonte: LDCM, 2017.

Observa-se que o resíduo de vidro apresenta predominantemente óxido de silício (65% de SiO₂) que é o responsável por formar a rede vítrea (GALVÃO, 2013). Pode-se observar, também, neste resultado a presença de álcalis (óxidos de sódio, cálcio e potássio), utilizados no processo industrial de vidro, segundo Galvão (2013), como modificadores de rede, sendo responsáveis por romper a estrutura vítrea, diminuindo assim a viscosidade do vidro.

Nota-se que os álcalis (Na₂O e K₂O) encontram-se em teores bastante altos, quando se analisa o Na₂O_{equivalente} (Na₂O+0,658K₂O) este chega a 12,33%. Petrucci (1983) comenta que teores máximos de Na₂O_{equ} para o cimento não devem exceder 0,6%. Este resultado pode indicar a presença de reatividade Álcali-Agregado (RAA). Este resultado indica a necessidade de realizar um ensaio de expansão acelerada proposta na norma 15577-1a6/2008 para prever a potencialidade desta patologia. Como este não é o foco deste trabalho, este resultado será apresentado em trabalhos futuros para garantir a estabilidade do produto gerado.

Observa-se que o teor de Fe₂O₃ é baixo, isto porque este é adicionado ao processo para dar coloração ao vidro. Como o vidro de estudo é transparente não era esperado um alto teor.

Observa-se, também, a presença de 3,38% de Al₂O₃, podendo vir do próprio processo de produção do vidro, Galvão (2013) comenta que este é adicionado no processo para conferir resistência mecânica ao material. Este autor encontrou em suas investigações um teor em torno de 1,156 %. Outra fonte de alumínio pode ser o floculante (nitrato de alumínio) adicionado no lodo do processo de lapidação do vidro para decantação, esta hipótese é corroborada também em observações apresentados por Filogônio *et al.* (2014).

A identificação da fase foi complementada pelo difratograma de Raios-X apresentado na figura 3 e pela análise das possíveis fases mineralógicas presentes no lodo de vidro, acompanhadas das respectivas fórmulas químicas e códigos do banco de dados JCPDS – “Joint Committee for Powder Diffraction Standards” apresentado na tabela 1.

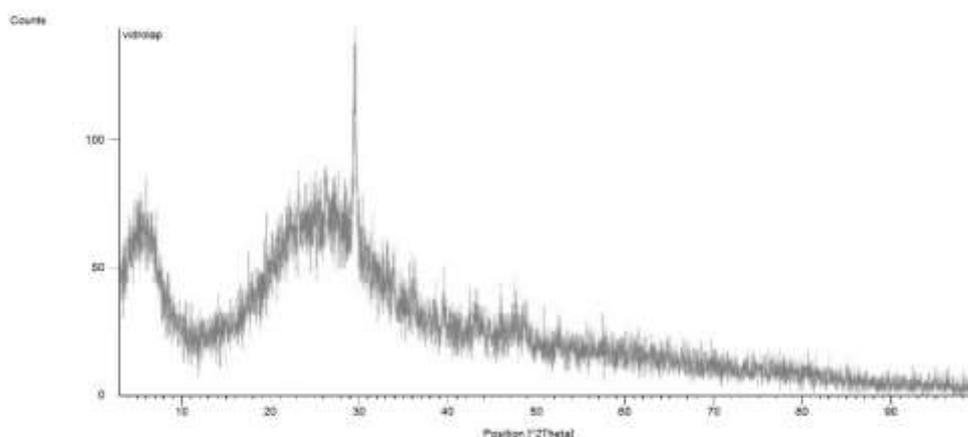


Figura 3- Difractometria de raios-X de amostras de resíduo de Vidro. Fonte: LabMat/UFSC, 2017

Formula Química	Nome do Composto	JCPDS
CaSi ₂ O ₅	Silicato de cálcio	00-051-0092
Na ₂ SiO ₃	Metassilicato de Sódio	00-001-0836
SiO ₂	Coesita	01-083-1832
SiO ₂	Cristobalita	00-004-0379

Tabela 1 – Fases presentes no lodo de alumínio. Fonte: JCPDS, 2017

O difratograma apresenta uma banda larga característica de materiais vítreos e amorfos. O halo formado entre 15 e 40° (2θ) é uma particularidade dos vidros a base de sílica (ALEIXO *et al*, 2016; FILOGÔNIO *et al*, 2014). Se percebe, ainda, indícios de formação de uma fase cristalina CaSi₂O₅. Isto é evidenciado no pico presente em 30° (2θ), outros picos seriam em 33° e 36-60° mas estes podem estar sendo encobertos pela larga banda característica da fase vítrea (amorfa) (SANTOS, 2016).

Matos (2010), em sua publicação comenta que o vidro pode apresentar uma composição favorável ao desenvolvimento da reação pozolânica. Para tanto, este autor comenta que algumas características podem ser observadas, tais como conter elevado conteúdo de sílica no estado amorfo, e ter uma elevada superfície específica. Estas características levam a uma observação da resistência mecânica em até 91 dias, e de se realizar testes de pozolanicidade do resíduo.

RESISTENCIA MECÂNICA

Os resultados de compressão de argamassas com incorporações de 10, 20 e 30% sobre a massa de cimento CP-V, além da argamassa Piloto, podem ser visualizados no gráfico 1.

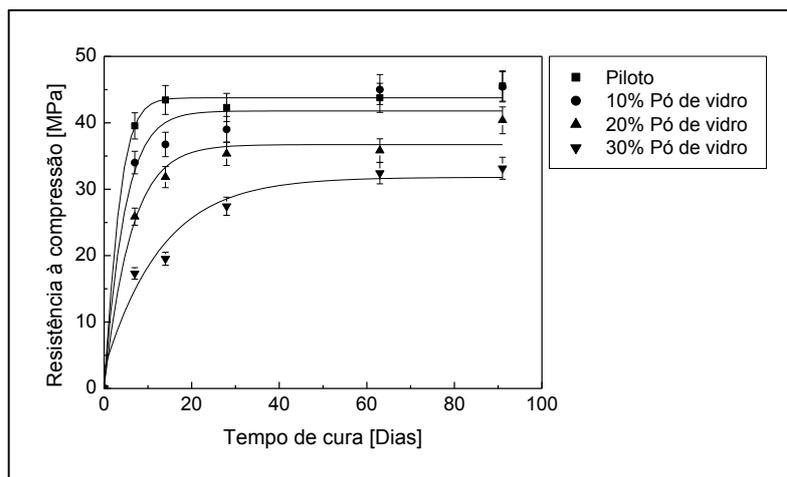


Gráfico 1 – Resultados de resistência a compressão em diferentes dias de cura de amostras com incorporação de vidro. Fonte: elaborado pelos autores.

Neste ensaio não houve correção de água na mistura, o objetivo de não corrigir o valor de água estava em tentar identificar o efeito do pó de vidro na mistura. Logo constatou-se que a trabalhabilidade da mistura ficou comprometida.

Quanto aos resultados pode-se observar que a amostra que recebeu 10% de incorporação de vidro foi a que se aproximou da resistência da argamassa padrão aos 91 dias de cura, ficando acima da resistência de 40 MPa estabelecida para o traço.

As outras incorporações mostraram resistências muito inferiores a mostra piloto nas primeiras idades, diminuindo esta diferença aos 91 dias. Na literatura é possível encontrar diversos autores [MATOS, 2010; SANTOS, 2016; ANTONIO, 2012; SALES, 2014] que também observaram o mesmo comportamento e justificam este comportamento ao efeito pozolânico do pó de vidro sobre o material.

Logo, para verificar o efeito pozolânico do resíduo, foram realizados os ensaios sugeridos pela norma NBR 5752/2014. O procedimento apresentou um índice de desempenho de 79,95%, resultado superior aos 75% (indicado em norma) que comprovam a pozolanicidade do resíduo de lapidação do vidro. Portanto, um atraso nas reações de resistência era esperado. Voltando ao gráfico 1, para as misturas com 20 e 30% observou-se que a resistência mecânica mesmo ao final do tempo de ensaio (91 dias) não chegou ao valor observado para o piloto. Ficando em torno de 25% (para 30% de vidro) abaixo do valor obtido com o piloto. Mas vale comentar que a mistura ficou bem seca, ficando muito difícil para trabalhar, em função disto abandonou-se os ensaios com 30% de vidro nos outros ensaios. Uma hipótese para este comportamento de diminuição da resistência mecânica observado deve ser em função desta redução na quantidade de água disponível para as reações químicas de endurecimento da argamassa.

Conforme observado na caracterização do material o pó do resíduo apresenta uma porcentagem de finos significativa. Então, a pergunta a ser respondida é se não seria interessante usar uma granulometria controlada nos ensaios, para evitar a perda da trabalhabilidade. Logo, realizou-se um teste com duas diferentes granulometrias. Como o objetivo era substituir parte do cimento, usou-se granulometria abaixo de 300 μm (todos os finos) e outra separando finos do resíduo com granulometria entre 300 e 150 μm (descartando os maiores e menores). O gráfico 2 apresenta o valor de resistência mecânica aos 28 dias com substituição de 20% de cimento, sem alteração no teor de água.

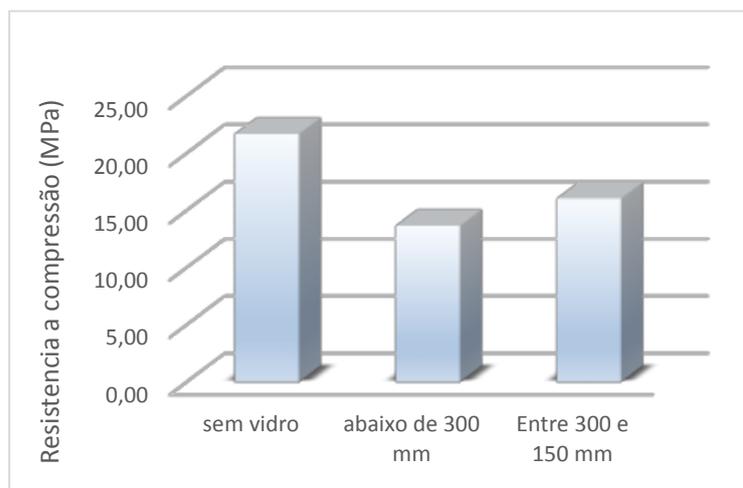


Gráfico 2 – Ensaio de resistência mecânica aos 28 dias de cura de corpos de prova com 20% de resíduo com diferentes granulometrias. Fonte: elaborado pelos autores.

Percebe-se uma redução de resistência mecânica de 25% para corpos de prova que receberam incorporação de pó de vidro com granulometria entre 300 e 150 μm em relação a amostra piloto. Para aqueles corpos de prova com pó do resíduo abaixo de 300 μm observou-se uma queda de 36,9%. Apesar do resultado com granulometria entre 300 e 150 μm ter sido mais interessante vale comentar que o rendimento no peneiramento foi significativamente menor. Implicando, ainda, na necessidade de uma etapa extra para preparar o resíduo para a incorporação na argamassa. Esta nova etapa gera um novo passivo pois a cada 10 kg peneirados, obtém-se em torno de 500 g de pó do resíduo útil. Portanto, decidiu-se buscar a melhor formulação do material utilizando os finos sem nenhuma separação.

O próximo ensaio de resistência mecânica foi realizado com incorporação de pó de vidro com granulometria abaixo de 300 μm (exatamente como no gráfico 1) mas agora realizando o ajuste de água, tendo-se o cuidado de manter a mesma consistência em todas as misturas. Para tanto, foi realizado o ensaio de escorregamento - FLOW TEST prescrito pela NBR 13276 (2005), mantendo o diâmetro em 19 cm, espalhamento da argamassa piloto. Neste ensaio o cimento utilizado foi o CP-IV.

O gráfico 2 mostra os resultados dos ensaios de resistência mecânica nesta nova configuração de mistura.

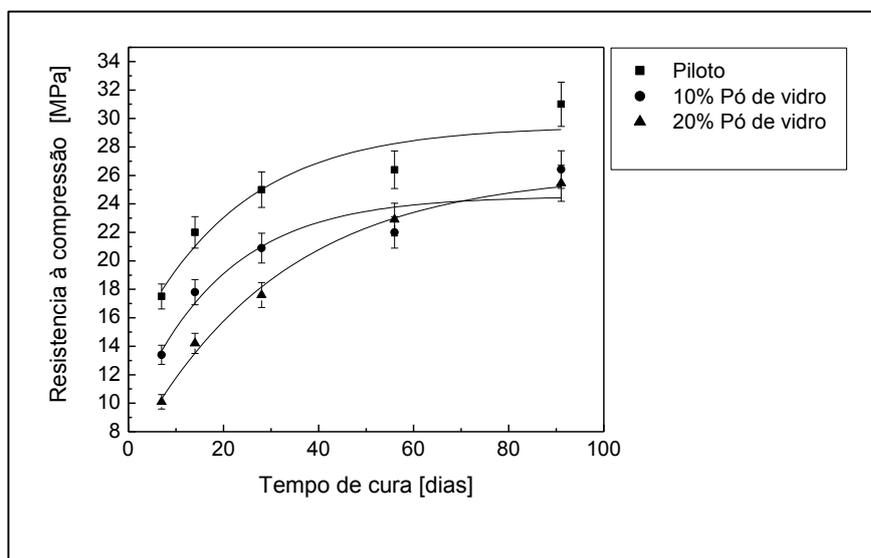


Gráfico 3 – Resultados de resistência a compressão em diferentes dias de cura de amostras com incorporação de vidro, com ajuste de água na preparação do concreto. Fonte: elaborado pelos autores.

Neste novo resultado percebe-se ainda uma redução aos 91 dias em relação ao piloto. Mas vale salientar que, nos dois casos (10 e 20% de vidro), os resultados de resistência ficaram no valor de resistência de 25 MPa estabelecida para este traço. O ajuste na água melhorou o resultado, corroborando a hipótese proposta. O uso de aditivos plastificantes deve melhorar os resultados de resistência mecânica, mas este ensaio ficará para trabalhos futuros.

CONCLUSÕES:

Este estudo se concentrou em duas etapas, a primeira sendo a caracterização do resíduo de pó de lapidação de vidro, e a segunda sendo o estudo de resistência mecânica de argamassas com incorporação deste material.

Na caracterização do vidro percebe-se uma fração alta de finos que pode interferir na mistura de um concreto/argamassa desde que uma alta quantidade de finos em função da sua alta área superficial pode absorver mais água. Na análise química, o alto teor de Na_2O sugere que o concreto/argamassa incorporada deve passar por análise de reação álcali agregado. E a presença de sílica no estado amorfo, leva a investigação sobre efeito pozolânico do resíduo. Os ensaios de resistência mecânica mostram que mesmo sem aditivos os resultados são positivos para uma possível substituição de cimento pelo resíduo de vidro.

REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Determinação da composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 49: Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5752: Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9775: Agregado miúdo – Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 49: Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996, versão corrigida 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação; Rio de Janeiro, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577: Agregados – Reatividade Álcali-agregado (partes 1 – 6); Rio de Janeiro, 2008.

ANTONIO, A.P.; Potencialidades do aproveitamento do resíduo de estação de tratamento de efluentes do processo de lapidação do vidro sodo – cálcico na produção de concretos. Dissertação. Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2012

AFSHINNIA, K.; RANGARAJU, P.R. Impact of combined use of ground glass powder and crushed glass aggregate on selected properties of Portland cement concrete. *Construction and Building Materials* 117 (2016), p263 – 272

ALEIXO, F.C.; BALLMANN, T.J.S.; FOLGUERAS, M.V.; JUNKES, J.A.; DELLA, V.P.; Preparação de vidros sodo-cálcicos utilizando resíduo de lã de rocha; *Cerâmica*, 62; 358-364, 2016

CEMPRE, compromisso empresarial para reciclagem. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>> Acesso em: 11/10/2015

CORINALDESI, V.; NARDINOCCHI, A.; DONNINI, J. Reuse of recycled glass in mortar manufacturing. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 2016, DOI: 10.1080/19648189.2016.1246695

CASSA; J. C. S.; CARNEIRO; A. P., DE BRUM, I. A. S.; Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção - Projeto Entulho Bom; Editora da UFBA; Caixa Econômica Federal, Salvador, 2001.

FÁVERO, R.B.; Avaliação da Utilização de sucata de vidro como adição mineral frente à sílica ativa e como agregado miúdo artificial na produção de materiais á base de cimento; Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FILOGÔNIO, P.H.C.; REIS, A.S.; LOUZADA, D.M.; DELLA, V.P.; Caracterização da lama da lapidação de vidros sodo-cálcicos para a formulação de produtos de cerâmica vermelha; 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, Brasil, 09 a 13 de Novembro de 2014.

SALES, F.A.; Estudo da atividade pozolânica de micropartículas de vidro soda-cal, incolor e âmbar, e sua influência no desempenho de compostos de cimento Portland; Tese de

doutorado em Engenharia das estruturas; Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG; 2014

GALVÃO, Á. C. P.; FARIAS, A. C. M.; SOUZA, L. G. M.; Viabilização de rejeitos de vidro para produção de tijolos cerâmicos; HOLOS, Ano 29, Vol. 4; 2013

PARK, S.B.; LEE, B.C.; KIM, J.H. Studies on mechanical properties of concrete containing waste glass aggregate. Cement and Concrete Research 34 (2004), p2181 – 2189.

PETRUCCI, Eládio Geraldo Requião. Concreto de cimento portland – 7ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1980.

MATOS, A.M.; Estudo de argamassas com substituição parcial de cimento por resíduos de vidro moídos; Dissertação. Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Materiais e Processos de Construção; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; Portugal, 2010

SANTOS, D. P.; Influência do resíduo de vidro nas propriedades de uma argamassa colante; Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil. Campos dos Goytacazes, 2016.

TOPÇU, I.B.; CAMBAZ, M. Properties of concrete containing waste glass. Cement and Concrete Research 34, p267 – 274, 2004

A sustentabilidade econômica da edificação através da compatibilização de modelos BIM

The economic sustainability of building through the compatibility of BIM models

Leticia Mattana

leticia.mattana@ufsc.br

Lisiane Ilha Librelotto

lisiane.librelotto@gmail.com

Verônica Martins Gnecco

veronicamgnecco@gmail.com

Resumo

A gestão de projetos é fundamental para a construção civil, onde pode-se incluir a coordenação e compatibilização de projetos. A partir da compatibilização, as interferências entre diferentes disciplinas são identificadas e solucionadas em etapas prévias à obra. Atualmente, ferramentas BIM têm sido incorporadas nessa etapa, facilitando a visualização e correção dos conflitos. Este artigo tem como objetivo investigar a contribuição da compatibilização BIM para a sustentabilidade econômica de uma edificação. O método adotado compreende um estudo de caso de uma Habitação de Interesse Social, através da realização da modelagem BIM e, após a compatibilização, verificaram-se os custos parciais de materiais. Como resultados, foram obtidos os conflitos entre os diferentes modelos BIM mostrando a importância desta etapa anterior à execução da obra e os custos relativos aos materiais para correção de um dos conflitos. Com isso, a compatibilização mostra-se essencial para a garantia da sustentabilidade econômica da edificação, principalmente para o melhor controle de custos de construção nas etapas prévias à obra.

Palavras-chave: Compatibilização de Projeto; BIM; Sustentabilidade Econômica.

Abstract

Project management is fundamental for civil construction, where coordination and compatibility can be included. The compatibility allows identifying many conflicts between different disciplines that can be solved in previous stages of the construction. Currently, BIM tools have been incorporated into the compatibility phase, facilitating the visualization and correction of conflicts. This article aims to investigate the contribution of BIM compatibility to the economic sustainability of a building. The adopted methodology includes a case study of a public building, through the BIM modeling, compatibility and verification of partial costs of materials. As results, the conflicts between different BIM models were obtained, showing the importance of these previous stages for the construction site, and the costs of materials for this conflict correction at construction site. Furthermore, the compatibility is essential for guaranteeing the economic sustainability of the building, mainly for the better control of construction costs in the previous phase of the process.

Keywords: Project Compatibility; BIM; Economic Sustainability.

1. Introdução

Um dos objetivos do setor da construção civil é garantir a viabilidade econômica de seus empreendimentos. Hoje, a questão da sustentabilidade nas edificações também é considerada importante para o setor (MARCOS, 2015), pois assim é possível garantir a qualidade do produto, a eficiência no processo de produção, a minimização dos resíduos e outros fatores, que ajudam a reduzir custos do processo produtivo. Além disso, esses fatores contribuem com um empreendimento mais sustentável economicamente e para um futuro mais equilibrado para o planeta.

A integração da sustentabilidade com as inovações tecnológicas mais recentes do setor, a exemplo do uso de BIM (Building Information Modelling ou Modelagem da Informação da Construção), na etapa de projetos, pode trazer resultados benéficos à edificação. Uma das contribuições desta inovação tecnológica é a facilidade de realizar a compatibilização de projetos ou modelos BIM (CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUCAO, 2016).

Este artigo tem como objetivo investigar a contribuição da compatibilização BIM para a sustentabilidade no seu pilar econômico, a partir de um estudo de caso em uma Habitação de Interesse Social, desenvolvida através de um programa social operado pela Caixa Econômica Federal (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2007). Não faz parte do escopo deste trabalho a análise de outras dimensões da sustentabilidade.

2. Referencial teórico

A busca por construções sustentáveis, que tragam resultados positivos para o setor da construção civil tais como o uso racional dos recursos e a minimização de custos e gastos extras, pode ocorrer com o advento de inovações tecnológicas como o processo BIM. Este capítulo tem como objetivo conceituar os dois principais temas deste trabalho: (1) a sustentabilidade econômica no setor da construção civil e (2) a inovação tecnológica do setor, chamada de BIM, ou Modelagem da Informação da Construção.

2.1.A Sustentabilidade Econômica de Edificações

A sustentabilidade é definida como um “princípio que assegura que nossas ações hoje não limitem o alcance das dimensões econômica, social e ambiental no futuro” (ELKINTON, 1998 *apud* LIBRELOTTO, 2005, p. 3). A partir desta definição, diversas pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de avaliar a sustentabilidade em suas diferentes dimensões, inclusive no âmbito da construção civil (LIBRELOTTO, 2005; CARVALHO, 2009; HOFFMANN, 2014).

A dimensão econômica da sustentabilidade pode ser entendida como a associação da estrutura-conduta-desempenho com a garantia de retorno financeiro aos *stakeholders* de um empreendimento (LIBRELOTTO, 2005). Muitas vezes, esta dimensão é tratada prioritariamente em relação às demais dimensões da sustentabilidade (HOFFMANN, 2014), como a social e a ambiental, por exemplo. Esta visão pode representar um equívoco, visto que a gestão da sustentabilidade busca o equilíbrio nos pilares, cujas ações estratégicas implicam em uma dinamicidade onde os resultados geram constantes desequilíbrios e necessidade de ações que possam novamente harmonizar as medidas.

Carvalho (2009) desenvolveu uma metodologia chamada MASP-HIS, voltada para projetos de habitação de interesse social, que auxilia na especificação de materiais e componentes da habitação, levando em conta aspectos da sustentabilidade em suas diferentes dimensões, dentre elas a econômica. Na etapa 5 desta metodologia, Carvalho (2009) considera alguns indicadores quantitativos para a avaliação da sustentabilidade na categoria econômica, que são: (1) o fortalecimento da economia local, (2) a viabilidade econômica, (3) o custo de construção, manutenção e operação da edificação e (4) os critérios econômicos das empresas de projetos (Figura 1).

Dentro desta etapa, destaca-se a subcategoria “Custo de Construção, Operação e Manutenção”, que será abordada neste trabalho. Carvalho (2009) explica que a existência de soluções que diminuam o custo de construção, manutenção e operação da edificação, e a economia de água e energia são pontos positivos para a sustentabilidade econômica.

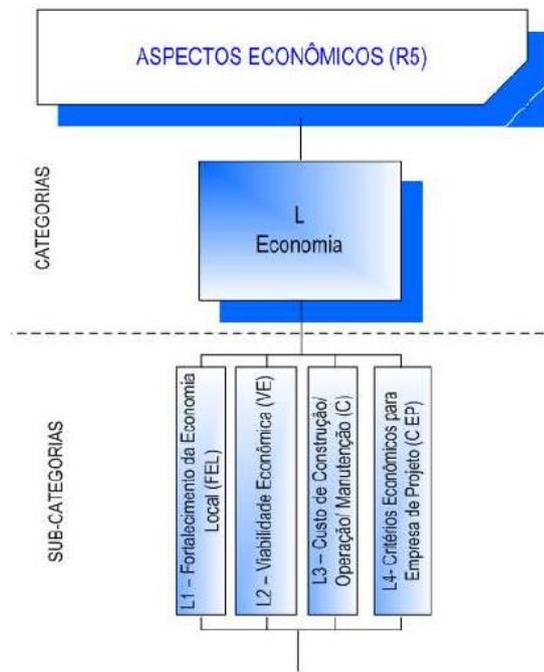


Figura 1 - Aspectos econômicos da sustentabilidade. Fonte: Carvalho (2009)

Costa (2010, p.40) complementa que uma das soluções para diminuir o custo de construção e melhorar a sustentabilidade econômica é a compatibilização de projetos nas etapas iniciais do processo. Embora represente um custo baixo no ciclo de vida da edificação, a etapa de projeto é a que apresenta um maior potencial econômico e o menor custo para alterações quando comparada com as demais etapas. Com isso, é possível dar subsídios para uma execução mais racionalizada no canteiro de obras, reduzindo custos e retrabalho na construção: “Do ponto de vista econômico a compatibilização tem papel fundamental. Mudanças ainda em fase de projeto possuem menor custo e são muito mais seguras”.

Os projetos compatibilizados são considerados como um dos princípios para a sustentabilidade econômica pelos autores Azevedo, Silva e Silva (2007) apud Carvalho (2009).

2.2.BIM

BIM tem sido considerada uma inovação no setor da engenharia, arquitetura e construção, na qual todo o ciclo de vida das edificações passará por mudanças em seus processos. Essas modificações são perceptíveis no ciclo de vida da edificação, que envolve a concepção, compatibilização e detalhamento dos projetos, o planejamento e o orçamento da obra, a execução da obra, a ocupação, manutenção e a operação, bem como a demolição de determinada edificação (MATTANA e LIBRELOTTO, 2017).

Eastman *et al.* (2014) afirmam que os modelos de construção BIM se caracterizam pela existência de componentes de construção digitais associados à atributos, além de componentes de dados consistentes, não redundantes e coordenados, e são conhecidos como modelos paramétricos, ou seja, possuem informação incorporada à geometria.

BIM surge então como uma inovação para o setor da construção civil e visa contribuir com todas as fases do processo de projeto. Em relação à compatibilização, usar BIM facilita a visualização e checagem de interferências entre as diferentes disciplinas, melhora o controle e a integração dos projetos antes da execução, diminuindo assim gastos extras com correções no canteiro de obras.

Outra questão importante quando se trata de BIM, é a interoperabilidade entre as diferentes ferramentas, projetos/modelos e projetistas. Ser interoperável é possibilitar que exista a troca de informações entre os envolvidos em um processo de projeto, e em BIM normalmente ocorre via formato de arquivos IFC (*Industry Foundation Classes*) ou outros formatos. O IFC pode ser importado e exportado pelas ferramentas BIM, permitindo maior colaboração entre os projetistas envolvidos no processo de projeto.

3. Método, ferramentas e técnicas

O projeto analisado neste estudo é um projeto-padrão de unidade de Habitação de Interesse Popular, desenvolvido através de um programa operado pela Caixa Econômica Federal. Ele é apresentado através de um Caderno de Projetos da Caixa, que contém o projeto arquitetônico e os complementares de acesso público (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007).

A modelagem BIM do projeto Arquitetônico e do projeto Elétrico existentes no Caderno ocorreu na ferramenta AUTODESK REVIT 2015 STUDENT[®], enquanto que a modelagem do Hidrossanitário ocorreu no software GRAPHISOFT ARCHICAD 19 STUDENT[®]. Após, houve a geração e exportação dos 3 arquivos IFC oriundos dos modelos BIM das ferramentas adotadas.

Foi realizada a compatibilização dos projetos através do TEKLA BIM SIGHT[®] que é um software gratuito e foi realizada a análise das interferências (*clash detection*) para os seguintes casos: (1) Arquitetônico x Elétrico; (2) Arquitetônico x Hidrossanitário; (3) Elétrico x Hidrossanitário, em 3 Etapas. Após cada uma das Etapas, foi realizada a correção das incompatibilidades identificadas para todos os casos mencionados.

Na sequência, optou-se por analisar uma das incompatibilidades encontradas durante a checagem das interferências no TEKLA BIM SIGHT[®], com o objetivo de verificar custos de materiais relacionados a essa inconformidade, na hipótese da não correção do conflito em etapa prévia à execução da obra. As diferenças foram verificadas em termos de área de telhado, quantidade de alvenaria e pintura (o Caderno de Projetos não prevê reboco e outros revestimentos para a edificação escolhida para este estudo de caso) com medidas extraídas diretamente da ferramenta TEKLA BIM SIGHT[®].

Os custos utilizaram os preços de MATTANA (2017) e composições da TCPO (2010). Por fim, são realizadas as considerações finais do trabalho. A Figura 2 apresenta o fluxograma que representa o método adotado nesta pesquisa.

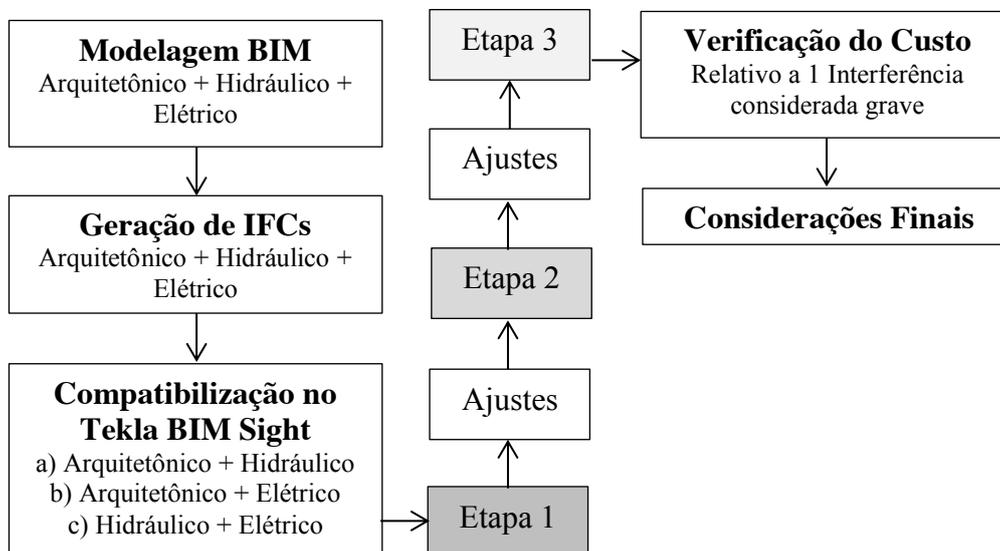


Figura 2 - Fluxograma do método. Fonte: elaboração própria

4. Resultados

Conforme mencionado no método, em relação à compatibilização dos modelos BIM no formato IFC ((1) Arquitetônico x Elétrico; (2) Arquitetônico x Hidrossanitário; (3) Elétrico x Hidrossanitário), foram efetuadas 3 Etapas de análises de conflitos e interferências, conforme seguem:

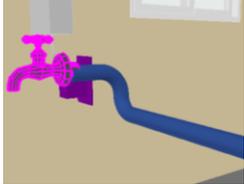
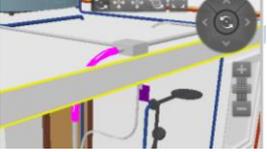
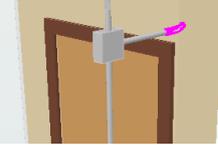
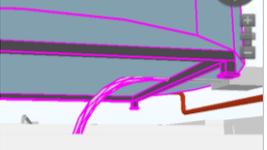
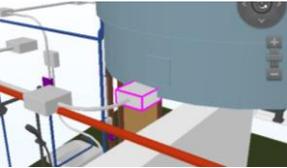
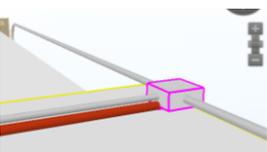
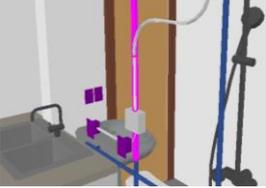
Etapa 1

Na primeira análise, foram encontradas 158 incompatibilidades, sendo 9 conflitos entre o modelo elétrico e o hidrossanitário, 72 entre o arquitetônico e o elétrico, e 77 entre o arquitetônico e o hidrossanitário. Em relação à compatibilização entre os projetos hidrossanitário e elétrico, todas as 9 interferências encontradas na primeira etapa foram consideradas críticas e foram marcadas para revisão na ferramenta de autoria BIM.

A análise entre o modelo arquitetônico e o hidrossanitário apresentou 77 conflitos, dentre eles o balcão da pia da cozinha e o vaso sanitário que estavam dentro da parede. Além disso, a torneira do tanque estava desencaixada da tubulação de água fria, e precisou ser ajustada. Outra consideração é que a caixa d'água estava com os apoios dentro da laje e conflitava com o telhado da residência. A caixa d'água foi modelada com medidas de um produto existente no mercado e foi colocada no local indicado pelo Caderno de Projeto. O telhado foi modelado com a inclinação solicitada no projeto, e apesar de respeitar estes detalhes, houve conflitos entre estas disciplinas.

Por fim, foi feita a análise entre os projetos arquitetônico e elétrico, no qual ocorreram 72 interferências, dentre elas as tubulações que conflitavam com a laje e paredes. Grande parte dos conflitos encontrados resulta da ausência de furação nos elementos construtivos para passagem de tubulações nas paredes, forros e lajes, o que ocasiona sobreposição

destes elementos com as instalações no modelo BIM. Outra questão que ocorre é que o TEKLA BIM SIGHT[®], quando utilizado sem filtros, considera conflito a existência de tubulações dentro de paredes. O Quadro 1 mostra os conflitos encontrados.

CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT	ETAPA 1	
Projeto arquitetônico x Projeto hidráulico	 “Ambiente” do REVIT desconfigurado no IFC	 Tubulação água fria não encaixa na torneira
	 Caixa d’água interfere com telhado	 Tubulação interfere com a laje
Projeto arquitetônico x Projeto elétrico	 Conduíte corta a laje	 Conduíte corta a parede
Projeto hidráulico x Projeto elétrico	 Conduíte da elétrica passando dentro da caixa d’água	 Caixa elétrica passando dentro da caixa d’água
	 Caixa elétrica em conflito com tubulação hidráulica	 Tubulação hidráulica e elétrica em conflito dentro da parede

Quadro 1 - Exemplos de conflitos indicados na Etapa 1. Fonte: elaboração própria

Etapa 2

Após as correções indicadas pela primeira etapa, foi iniciada a segunda etapa de análise. Foram encontradas 99 incompatibilidades, dentre elas, 39 entre os modelos arquitetônico e elétrico e 60 entre os modelos arquitetônico e hidrossanitário. Não houve interferência entre os modelos hidrossanitário e elétrico, pois todas as interferências foram resolvidas na etapa anterior.

Em relação às 39 interferências encontradas entre o modelo arquitetônico e o elétrico, todas foram ignoradas na classificação do TEKLA BIM SIGHT[®], pois indicavam os conduítes, as tubulações e as caixas elétricas que estavam dentro de paredes ou das lajes e também indicavam a falta de furação nos elementos estruturais.

Sobre as interferências entre o modelo arquitetônico e o modelo hidrossanitário, houve 60 conflitos, sendo que apenas 7 foram reconsiderados para análise e os outros 53 foram ignorados pelo mesmo motivo explicado no caso anterior: o software TEKLA BIM SIGHT[®] considera um conflito quando uma tubulação está dentro de paredes ou pela inexistência de furação na laje do projeto.

Os sete casos que ficaram em pendência da Etapa 2 compreendem o tanque, a pia da cozinha e a pia do banheiro que estavam conflitando com a parede, sendo que o software indicou duas vezes o conflito da pia da cozinha com a parede. Além disso, a caixa d'água, o vaso sanitário e a pia da cozinha estavam conflitando com a laje. O Quadro 2 mostra os conflitos encontrados.

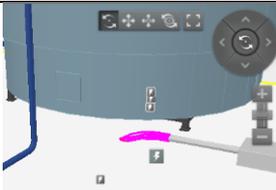
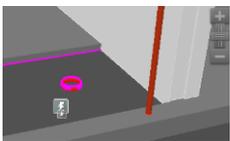
CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT	ETAPA 2	
Projeto arquitetônico x Projeto hidráulico	 Pés da caixa d'água dentro da laje	 Pia está dentro da parede
	 Balcão da cozinha dentro da parede	 Vaso dentro da laje
	 Tanque enterrado na calçada	

Quadro 2 - Conflitos indicados pelo TEKLA BIM SIGHT[®] na Etapa 2. Fonte: elaboração própria

Etapa 3

Foi realizada uma última análise no TEKLA BIM SIGHT[®], compreendendo a Etapa 3, na qual foram realizados ajustes nos modelos para eliminar os sete casos críticos encontrados na Etapa 2. Com isso, todas as interferências consideradas críticas foram resolvidas nesta Etapa 3 e as interferências consideradas leves foram ignoradas nas análises.

No final da Etapa 3, restaram 92 interferências que foram ignoradas por se tratar de elementos que estavam dentro das paredes, como as tubulações hidráulicas, de esgoto, os conduítes elétricos e demais elementos dos projetos de instalações que são embutidos na alvenaria. O Quadro 3 apresenta os conflitos encontrados nesta etapa de verificação.

CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT [®]	ETAPA 3	
Projeto arquitetônico x Projeto elétrico	 Conduíte cortando a laje	 Pontos indicativos dos conflitos (cinza)
Projeto arquitetônico x Projeto hidráulico	 Tubulação do ralo conflita com laje	 Tubulação conflita com laje

Quadro 3 - Conflitos indicados pelo TEKLA BIM SIGHT[®] na Etapa 3. Fonte: elaboração própria

Síntese da Compatibilização e Análise de Custos

Após a realização das compatibilizações nas três Etapas apresentadas, obteve-se como resultado a Tabela 1. Conflitos considerados irrelevantes foram ignorados na análise, a exemplo das interferências entre tubulações elétricas/hidrossanitárias e elementos de estrutura, visto que não houve modelagem de projeto de furação para este caso de estudo.

CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT	Análise Etapa 1	Análise Etapa 2	Análise Etapa 3
Projeto arquitetônico x elétrico	72	39	39
Projeto arquitetônico x hidráulico	77	60	53
Projeto elétrico x hidráulico	9	0	0

Tabela 1 - Compatibilização entre as 3 disciplinas. Fonte: Mattana, 2017

Legenda: Etapa 1 = Primeira etapa de checagem; Etapa 2 = Segunda parte, alguns conflitos da Etapa A resolvidos; Etapa 3 = Conflitos restantes foram ignorados.

Complementando esta pesquisa, efetuou-se a análise dos impactos financeiros parciais da falta de compatibilização para um dos itens das interferências encontradas durante a realização da compatibilização através do TEKLA BIM SIGHT®. Foi escolhido o conflito entre a caixa d'água e a cobertura da residência para análise de quantidades de: (1) área de telhado e o custo do principal material envolvido nesta alteração, bem como (2) área da parede e o custo de alguns materiais que envolvem a execução da parede, como o bloco cerâmico e a tinta látex para pintura externa. As medições foram realizadas diretamente na ferramenta TEKLA BIM SIGHT® (Figuras 3 e 4).



Figura 3: Medições realizadas na Etapa 1. Fonte: elaboração própria



Figura 4: Medições realizadas na Etapa 3, após as correções no modelo. Fonte: elaboração própria

O Quadro 4 apresenta um comparativo entre a área do telhado (efetiva e projeção) obtidas nas Etapas 1 e 3 da compatibilização. A área obtida na Etapa 3 é maior porque houve a correção na inclinação do telhado, uma vez que a caixa d'água estava conflitando com a cobertura.

Com a elevação do telhado devido à interferência da caixa d'água na cobertura, houve alteração na inclinação do telhado que passou de $19,6^\circ$ para $23,7^\circ$. Com essa mudança, a área efetiva do telhado sofreu um ajuste de $1,5\text{m}^2$ em relação à Etapa 1. Usando como base consumos de materiais de composições da TCPO13 (PINI, 2010), e preços unitários utilizados na dissertação de Mattana (2017), houve uma adição de R\$31,98 no custo do material para uma cobertura com telha de fibrocimento, duas águas, com perfil ondulado, considerando sua área efetiva alterada (Quadro 5).

ÁREA DA COBERTURA - TELHA DE FIBROCIMENTO						
Etapa	Área de projeção horizontal do telhado (m²)	Largura projeção horizontal (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Área efetiva do telhado (m²)	Inclinação do telhado (°)
1	59,81 m ²	7,25m	8,25m	1,07m	63,40m ²	19,6
3	59,81 m ²	7,25m	8,25m	1,33m	64,90 m ²	23,7

Quadro 4 – Área da cobertura. Fonte: elaboração própria

Etapa	Componentes	Consumo médio /m² (TCPO13)	Unidade	Quantidade Total	Custo Unitário (R\$)	Custo Total de Materiais
1	Telha de fibrocimento ondulada	1,15	m ²	63,40m ²	18,54	1351,75
3	Telha de fibrocimento ondulada	1,15	m ²	64,90 m ²	18,54	1383,70
					Diferença	31,98

Quadro 5 – Impactos no custo da “Telha de Fibrocimento”. Fonte: elaboração própria

Essa alteração na altura do telhado provocou também alteração nos quantitativos de paredes e tesouras que suportam estas telhas. No caso da alvenaria, a área aumentou 0,77m² em cada lado da residência, ou seja, um total de 1,54m² a mais de alvenaria e revestimentos de parede (Quadro 6).

ÁREA DA ALVENARIA / TESOURA				
Etapa	Área da parede (m²)	Comprimento horizontal (m)	Comprimento inclinação (m)	Altura (m)
1	3,25 m ²	6,051m	3,13m	1,076m
3	4,02 m ²	6,051m	3,277m	1,33m

Quadro 6 – Área da Parede devido alterações na altura entre Etapas 1 e 3. Fonte: elaboração própria

O impacto no custo do material para os blocos cerâmicos de vedação e tinta látex acrílica, considerando o consumo médio para 1m² estão dispostos no Quadro 7. Percebe-se que o impacto no custo não é alto para esses materiais analisados isoladamente, totalizando em R\$4,47 para cada um dos lados da residência.

Deve-se lembrar de algumas limitações deste trabalho: (1) que muitos outros materiais tiveram suas quantidades alteradas devido a esta modificação do projeto e não foram contemplados nesta pesquisa, tais como a argamassa para reboco, chapisco, massa corrida, madeiramento do telhado para as tesouras, dentre outros; (2) Não foram contemplados custos relacionados a mão-de-obra, envolvidos na composição de custos de serviços analisados; (3) Esta pesquisa está focada em uma análise isolada de apenas um dos

problemas encontrados na Etapa de compatibilização BIM, que é a interferência da altura da caixa d'água.

Etapa	Componentes	Consumo médio	Un.	Quantidade Total (m ²)	Custo Unitário (R\$)	Custo Materiais (R\$)
1	Bloco cerâmico Altura 190mm / comp. 390mm / larg. 140mm	12,875	un	3,25 m ²	0,35/un	14,64
3	Bloco cerâmico Altura 190mm / comp. 390mm / larg. 140mm	12,875	un	4,02 m ²	0,35/un	18,11
					Diferença	3,48
1	Tinta látex acrílica	0,17	L	3,25 m ²	7,52/L	4,15
3	Tinta látex acrílica	0,17	L	4,02 m ²	7,52/L	5,14
					Diferença	0,99

Quadro 7 – Impactos no custo do material “Telha de Fibrocimento”. Fonte: elaboração própria

5. Considerações finais

Percebe-se que a compatibilização de projetos é uma etapa de grande importância em fases prévias à execução da obra, pois permite identificar problemas existentes entre diferentes projetos, tais como o arquitetônico, o hidrossanitário e o elétrico, apresentados nesta pesquisa. Com uso de ferramenta BIM, essa identificação fica facilitada, uma vez que é possível visualizar as interferências e corrigi-las nos modelos BIM. A detecção de incompatibilidades nos *softwares* deve ser analisada pelos profissionais com muito cuidado, já que muitas tratam de simples problemas de modelagem ou de representação, difícil de reproduzirem na prática (por exemplo, um eletroduto posicionado fora da laje de teto). Entretanto, outros problemas revelam situações graves que exigem o reprojeito da edificação, e podem gerar problemas associados a retrabalhos, atrasos na entrega da obra, ou mesmo prejuízo de desempenho (por exemplo, o aumento da inclinação de um telhado em uma telha que não aceite maior inclinação pode causar infiltrações), problemas essa que vão muito além do custo dos materiais, foco desta pesquisa.

A redução de interferências em etapas prévias de projetos ajuda e minimizar custos de construção, que é um dos requisitos da sustentabilidade econômica, conforme exposto na tese de Carvalho (2009). Para esta pesquisa, foram identificados custos de materiais relacionados com a não correção de um dos conflitos encontrados pela compatibilização de modelos BIM, que foi o caso da altura da caixa d'água. Analisando este caso, foi encontrado um custo extra de materiais envolvendo a telha de fibrocimento, o bloco cerâmico e a tinta látex, caso a correção do projeto não fosse identificada.

A pesquisa comprova que a não correção de interferências entre projetos ou ignorar a etapa de compatibilização de projetos acarreta em custos extras para a edificação,

afastando a mesma dos princípios da sustentabilidade econômica que asseguram a minimização de custos relacionados à construção.

Referências

AZEVEDO, N. J. D. SILVA, M. R., SILVA, J. J. R. Avaliação de sustentabilidade de habitações de interesse social: uma proposta para a região metropolitana de Recife e resultados. In: Encontro Latino-americano sobre edificações e comunidades sustentáveis. 2007. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2007.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Projeto Padrão Casas Populares**. Vitória, 2007.

CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUCAO. **Dados CBIC - Materiais de Construção - Cimento**. CBIC, 2016. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/cimento>>. Acesso em: 20/03/2016.

CARVALHO, M. T. M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto**. Brasília, 2009. 241p. (Doutorado) Departamento de engenharia civil, Universidade de Brasília, 2009.

COSTA, Luciana Dias Martins. **Compatibilização de projetos e gerenciamento de resíduos como condições primordiais para a sustentabilidade das construções**. Belo Horizonte, 2010. 73 f. (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 ISBN 978-85-8260-117-4.

HOFFMANN, A. B. **Avaliação da sustentabilidade em habitações de interesse social do programa Minha Casa Minha Vida em Rancho Queimado - SC**. Florianópolis. 2014. 246p. (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.

LIBRELOTTO, L. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações**. Florianópolis, 2005. 371p. (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

MARCOS, M. H. C. **Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM**. São Paulo, 2015. 145p. (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP.

MATTANA, L. **Contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos**. Florianópolis, 2017. (Mestrado) Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L. I. Contribuição do BIM para a sustentabilidade econômica de edificações. 2017. **Revista Mix Sustentável**. V3, n.2.

PINTO, A. C. B. C. **Propostas técnicas para obras de edificações: estudos de caso**. São Paulo, 2016. 124p. (Mestrado) Programa de pós-graduação em engenharia civil, Universidade de São Paulo, 2016.

PINI. **Tabelas e Composições e Preços para Orçamentos - TCPO 13**. São Paulo, PINI, 2010.

Design sustentável: reflexão sobre o papel do designer através do DIY nos espaços makers

Sustainable design: reflection on the role of the designer through the DIY in the makerspaces

**Paloma Ribeiro de Souza, titulação, Mestranda em Arquitetura,
PPGAU/FAUED/Universidade Federal de Uberlândia**
palomaribeirodsouza@gmail.com

**Hugo Teixeira Guimarães Ribeiro Resende, Mestrando em Arquitetura,
PPGAU/FAUED/Universidade Federal de Uberlândia**
hugoresende95@gmail.com

**Isabela Gomes de Marco, Pós Graduada, Especialista – Centro Universitário
Claretiano/ Uberlândia**
isagdm2@gmail.com

**Viviane dos Guimarães Alvim Nunes, PhD em Design, PPGAU/FAUED/Universidade
Federal de Uberlândia**
viviane.nunes@ufu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é refletir sobre o papel do designer quanto a produções mais sustentáveis dentro dos espaços makers através do Do-It-Yourself (DIY). Os makerspaces são espaços de socialização, experimentação e aprendizado mas, também, de ações sociais e empreendedorismo. São compostos por indivíduos ou grupos que criam, pensam e alteram produtos com suas próprias mãos, compartilhando ideias e experiências bem como difundindo um pensamento de participação, autonomia e de apropriação. O designer assume um papel importante no auxílio da melhoria na diminuição dos descartes através do design sustentável. O artigo traz reflexões através da revisão de literatura no sentido de se alcançar benefícios sociais e ambientais, e contextualiza os espaços makers, o DIY, a relação dos usuários com o produto bem como o papel do designer com relação à sustentabilidade; apresenta um breve estudo de caso para exemplificar melhor essa relação e, finalmente, abre as considerações sobre as pesquisas e textos analisados.

Palavras-chave: Faça-você-mesmo; Design Sustentável; Makerspaces

Abstract

The objective of this work is to reflect on the designer's role in producing more sustainable within the space makers through Do-It-Yourself (DIY). The makerspaces are spaces of socialization, experimentation and learning but also of social actions and entrepreneurship. They are composed of individuals or groups that create, think and change products with their own hands, sharing ideas and experiences as well as spreading a thought of participation, autonomy and appropriation. The designer plays an important role in helping to improve discard reduction through sustainable design. The article brings reflections through the literature review in order to achieve social and environmental benefits, and contextualizes the space makers, the DIY, the relationship of users with the product as well as the role of the designer in relation to sustainability; presents a brief case study to better exemplify this relationship and, finally, opens the considerations about the researches and texts analyzed.

Keywords: Do-It-Yourself (DIY); Sustainable Design; Makerspaces

1. Introdução

O presente artigo relaciona-se a uma pesquisa de mestrado que busca refletir e entender como as práticas do DIY na produção de objetos e produtos podem ser aliadas ao design sustentável dentro dos espaços makers (ou *makerspaces*), qual a relação do usuário com o produto final e o papel dos designers nesse processo, para auxiliar na fabricação. Destaca-se que, apesar das produções nesses espaços serem de livre criatividade dos usuários, as questões relacionadas à sustentabilidade devem sempre ser associadas ao contexto da produção, para que estes usuários selecionem e utilizem materiais menos impactantes, com consciência ambiental e produtiva.

Os espaços makers, o Do-It-Yourself (DIY) e a disseminação de novas tecnologias de fabricação digital podem desencadear novos cenários para a educação, pesquisa e para o desenvolvimento, produção e distribuição de produtos. Estes espaços são, geralmente, implantados em centros comunitários, escolas, universidades, em espaços privados, garagens, entre outros, sendo utilizados por pessoas de variadas faixas etárias e com diferentes níveis de conhecimento. A finalidade das práticas adotadas também varia de acordo com o objetivo declarado pelo grupo que instaura o processo mas, também, por meio das demandas dos usuários que surgem durante as práticas (FRESSOLI; SMITH, 2015).

Interessante mencionar que, segundo Menichinelli (2016), o mundo digital sempre esteve ligado ao faça-você-mesmo ou o do-it-yourself: o primeiro computador Apple, por exemplo, nasce em 1976 graças a Steve Jobs e Steve Wozniak entre garagem e *Homebrew Computer Club*, um clube de apaixonados por computadores que compartilhavam informações sobre como auto-construir um computador. A HP (Hewlett-Packard), ainda nos anos 30, também nasce em uma garagem. Talvez por esse motivo as garagens bem como outros espaços de configuração aparentemente alternativa foram inseridos no imaginário coletivo como lugares de inovação e de empresas acessíveis à todos. Pode-se dizer, assim, que os FabLabs e todos os outros laboratórios *maker* não são nada mais que sua evolução e fortalecimento.

Segundo Fressoli e Smith (2015, COSTA; PELEGRINI, 2017), as redes de fabricação digital, que integram laboratórios de fabricação digital (FabLabs) proporcionam novas oportunidades para o desenvolvimento social e econômico das regiões, podendo promover novas formas de inclusão. Importante ressaltar que estas iniciativas são fundadas em contextos sociais, políticos e econômicos muito específicos e, embora possuam aspectos comuns, podem apresentar diversas configurações. E, como destaca Menichinelli (2016), se todos os projetistas e produtores, sejam eles profissionais ou amadores, projetam, esta passa a ser uma ação social, no sentido de que não ocorre no vazio e, portanto, política. No entanto, é necessário também compreender: que tipo de política?, que tipo de organização?, para então, buscar entender esta dimensão social e política do projeto. O autor ainda questiona, por exemplo, o que significa o novo modelo de projeção de makers e FabLab ser aberta, P2P e distribuída?

Segundo Costa e Pelegrini (2017), estas denominadas ‘comunidades do fazer’, ainda que localizadas, permitem uma ampla dispersão do conhecimento gerado, o que dissemina colaborativamente à inovação através das redes e espaços de encontro físico.

2. Os espaços *Makers*

Os espaços makers (também conhecidos como *makerspaces*) são laboratórios de pequena escala que podem abrigar máquinas de tecnologia digital orientadas à fabricação de produtos, tais como: impressoras 3D, cortadoras a laser, plotter de recorte, fresadoras CNC, computadores com software de desenho digital CAD, equipamentos de eletrônica e robótica e ferramentas de marcenaria e mecânica (GHALIM, 2013). Os makerspaces visam incentivar pessoas comuns a fazerem seus próprios objetos/ produtos. Sendo assim, a cultura *Maker* parte do princípio onde qualquer pessoa pode consertar, desenvolver, fabricar ou construir objetos e projetos; situação que pode gerar um impacto na cultura de consumo e na forma como o usuário lida com esse material. A imagem 1, apresenta um exemplo de espaço maker.



Imagem 1: Espaço maker - FAB LAB LIVRE - São Paulo. Fonte: <http://www.capital.sp.gov.br>

É importante observar como, atualmente, o movimento maker possui um potencial transformador da sociedade, impactando nos processos produtivos através do faça-você-mesmo. É uma prática que pode ajudar a evitar desperdícios porque os produtos/objetos são feitos de acordo com demandas específicas. Dessa forma, a “cultura maker” tem um potencial de ser uma propulsora da prática do ecodesign e uma forte adversária da obsolescência programada - uma prática insustentável que encurta cada vez mais a vida útil dos produtos (LEGNAIOLI; 2016).

Vale destacar que o acesso às tecnologias presentes nos makerspaces permite a formação de espaços que incentivam as práticas de projetos colaborativos, aprendizado participativo e o compartilhamento de conhecimento propiciando novas ideias e experiências aos usuários. Nesse sentido, apresenta-se como um agente democratizador, dando aos usuários independência, oportunidade de criação de um maior significado pessoal e auto identificação.

Com o intuito de melhor explicitar o significado dos espaços makers e alinhar a expressão às reflexões desse artigo, considera-se que o movimento maker se destaca por combinar os fazeres manuais com técnicas de fabricação digital, e possibilita:

1) incentivar e auxiliar nas produções pessoais, minimizando a compra de produtos seriados e dando maior possibilidade de expressão manual para o usuário (EDWARDS, 2006);

2) utilizar maquinários recorrentes na fabricação digital, já que estes viabilizam e facilitam as produções em pequenas escalas (GERSHENFELD, 2012);

3) utilizar de ferramentas digitais desktops difundidas e conhecidas no movimento maker para desenvolver os projetos (ANDERSON, 2012);

2.1 DIY e a relação de pertencimento

O DIY é um conceito que vêm ganhando força à medida que mais serviços e produtos que solucionam os problemas, simples ou complexos são disponibilizados. A prática convida o usuário a fazer seus próprios móveis, roupas ou equipamentos eletrônicos e teria surgido nos Estados Unidos, quando as pessoas encontravam formas de reformar suas casas sem gastar muito (antes mesmo da década de 1920). No entanto, o termo tornou-se popular apenas nos anos 1950 e vem ganhando forças desde então (CÂMERA, 2017).

Essa prática de autoprodução pode ser impulsionada por base financeira, funcional ou que possa ter como intenção de maior independência do mercado existente. O fato de as pessoas apreciarem a sensação de tornar uma ideia real, e poder compartilhá-la com outros indivíduos, é a razão pela qual muitas pessoas se dedicam à produção das suas próprias soluções. É importante ressaltar, porém, um outro motivador que pode estar relacionado à falta de meios diferentes para chegar ao fim planejado (LUPTON; 2016).

Rocha (2015) e Menichinelli (2016) acreditam que as qualidades improvisacionais de projeto e fabricação podem ser igualmente identificadas em movimentos constituintes do Do It Yourself: a cultura maker, os FabLabs e HackLabs, as linguagens de código-livre, hardware livre, o Open Design e o Creative Commons e estão também na base da economia distribuída.

Com o intuito de melhorar a eficácia e usabilidade dos produtos, alguns designers vem defendendo a participação do usuário no processo desde a concepção de produtos. Esse entendimento colabora para conscientizar os usuários e a ajudá-los a compreender o processo, em todos os níveis de desenvolvimento do produto, contribuindo para despertar uma relação de pertencimento com o objeto gerado (NUNES, 2010).

A experiência de consumo dá lugar àquela de utilização, e na qual o desejo (da posse) transforma-se em afetividade com o objeto e a forma como nos servimos dele, ganhando sentido no ciclo natural das coisas. Nesse sentido, o DIY pode promover a aproximação das pessoas ao processo de design, gerando uma alternativa economicamente mais vantajosa, com um sistema que encoraja o envolvimento pessoal dos usuários com a atividade manual. Pode também estimular o surgimento de uma nova sensibilidade em relação ao valor da experimentação, da invenção, da ação prática e do trabalho coletivo (ROCHA, 2015).

A relação entre sustentabilidade e o DIY aparece então, com alguns pontos de ligação. Os dois, aliados, mostram que, existindo uma abertura para a autoprodução de objetos que respondam às necessidades de cada um, com uma abertura da classe de designers para auxiliar na solução dos problemas, será possível conjugar e atingir a aproximação do consumidor ao processo de design. Esta ligação pode, eventualmente, provocar uma alteração na relação do indivíduo com o objeto e este recupera aquelas que foram em outros tempos, suas características mais evidentes (NUNES, 2010).

A prática do DIY pode ser, assim, potencialmente amigável do ponto de vista da sustentabilidade, considerando-se a quantidade reduzida de produção atual e a capacidade de prolongamento da vida útil do produto através da customização, que minimiza a obsolescência psicológica (KOHTALA, 2014). Para LEGNAIOLI (2016), o desenvolvimento de itens personalizados aumenta o vínculo entre o maker e o produto, o que possivelmente aumenta a vida útil dos objetos, evitando descartes prematuros.

3. Design sustentável e o papel do designer

A sustentabilidade é um tema fundamental na busca pela conscientização tanto de projetistas quanto dos próprios consumidores, em função dos problemas ambientais desencadeados pela insustentável modelo atual de produção-consumo-descarte e, embora existam várias manifestações rumo a modelos mais lentos – slow fashion, slow food, comércio solidário, o modelo capitalista da substituição precoce ainda domina a sociedade contemporânea (SOUZA, 2017). As questões relacionadas especialmente ao descarte de materiais e contaminação do meio ambiente começaram a ser discutidas em 1960, mas apenas em 1990 os debates passaram a ser mais consistentes. Foi nesse período que o design se inseriu dentro da trilogia: ambiente, produção e consumo (MORAES, 2010 apud MEA; SELAU, 2015).

É necessário, portanto, que as pessoas em processo de formação de conhecimento e opinião compreendam as condições de impactos. Percebe-se, desta forma, a relação do design com a sustentabilidade, uma vez que o primeiro implica na fabricação de artefatos que, em seu ciclo de vida, geram impactos no meio ambiente. A sustentabilidade está ligada diretamente com a inovação no design de produtos, e é papel do designer incentivar, buscar aprender e compartilhar novas formas de projetar e produzir de forma sustentável em qualquer etapa da produção.

Para Manzini e Vezzoli (2008), a sustentabilidade é um objetivo a ser atingido no longo até ser totalmente incorporado ao cotidiano, e observando de forma direta os processos projetuais. Dentre os aspectos mais abrangentes que devem ser considerados para o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis, destacam-se:

- a busca por recursos sustentáveis e renováveis, com a otimização dos mesmos;
- o não acúmulo de lixo nos ecossistemas; e
- agir sempre respeitando os espaços naturais disponíveis.

Os autores também defendem que o papel do design industrial pode ser sintetizado como a atividade que, ligando o tecnicamente possível com o ecologicamente necessário, faz nascer novas propostas que sejam social e culturalmente aceitáveis. Para tanto, estabelecem os requisitos básicos para que devem orientar a produção sustentável, como por exemplo:

- criação dos projetos pensando no ciclo de vida do produto (desde sua pré produção até o descarte);
- projetar levando em consideração o ciclo de vida desses produtos;
- minimização dos recursos durante a execução;
- executar através de recursos e processos que impactem menos o ambiente;
- pensar na otimização e extensão da vida útil desses materiais.

Assim, o designer pode atuar como uma forma de melhorar o produto final, aliando o menor desperdício de matéria prima no processo de produção com as técnicas do DIY junto com o usuário, se utilizando dos espaços makers.

3.1 Estudo de caso: TCC sobre Design Sustentável e Projeto de Mobiliário

Para exemplificar e refletir sobre a relação do designer com a sustentabilidade no processo de produção de objetos/produtos, selecionou-se para estudo de caso, um trabalho de conclusão de curso em Design intitulado “Design Sustentável: a importância do projeto de móveis sob medida e sua influência para a qualidade da fabricação e do uso”, desenvolvida na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade Federal de Uberlândia em 2017.

O objetivo da pesquisa era desenvolver um sistema de mobiliário seguindo os princípios do design, e considerando tanto as necessidades do usuário quanto os processos produtivos. O estudo parte da ideia chave de customização de massa, no sentido de aumentar a qualidade dos móveis destinados às habitações compactas bem como reduzir os impactos ambientais causados pela produção artesanal. Questões importantes foram levantadas e analisadas como: Customização em massa; Móveis modulares; Produção sob medida x Produção seriada; Descarte de resíduos; O papel do designer com foco na redução dos descartes; Importância da sustentabilidade nos processos produtivos; Análises de similares entre produtos seriados, semi-modulares e artesanais.

Ao término do trabalho, propôs-se um sistema de mobiliário sob medida seguindo diretrizes projetuais de Lobach (2001) e Munari (2008), associadas às metodologias e estratégias propostas por Manzini e Vezzoli (2002), que relacionavam as necessidades do usuário com os aspectos da fabricação através da personalização, partindo do design sustentável. Entende-se que essas diretrizes também poderiam ser adotadas dentro dos espaços makers, no que se refere às questões sustentáveis, sendo elas:

- Analisar as necessidades específicas do usuário, bem como o local e dimensões disponíveis para o mobiliário a ser projetado;
- Escolher materiais e recursos de baixo impacto ambiental;
- Projetar de modo que as peças e/ou partes utilizadas sejam de fácil manutenção e/ou substituição;
- Considerar a facilidade de composição das partes e dos materiais (modularidade);
- Buscar mecanismos e/ou encaixes que facilitem a montagem e desmontagem que não prejudiquem a vida útil do produto;
- Projetar com formas simplificadas para facilitar a produção para diminuir os erros e o custo de fabricação;
- Observar o tamanho de chapas disponíveis do material escolhido a fim de aproveitar o máximo da matéria-prima através dos cortes;
- Diminuir gastos de energia durante os processos de produção bem como os resíduos o quanto possível;
- Padronizar medidas de certos componentes para melhor aproveitamento do material;

- Combinar soluções de partes para permitir a composição variada, atendendo necessidades específicas tanto funcionais e dimensionais quanto estéticas, possibilitando a participação do usuário final nas escolhas. (SOUZA,2017).

4. Considerações

A partir das leituras, análises e melhor compreensão dos termos propostos, esse artigo busca abrir uma reflexão sobre como o designer pode auxiliar os usuários dos espaços makers, visando uma produção mais sustentável e qualitativa para os mesmos. Com o acesso às tecnologias presentes nos espaços makers, torna-se possível a configuração de locais que incentivem as práticas de projetos colaborativos, aprendizado participativo e o compartilhamento de conhecimento, propiciando a disseminação e inovação de projetos e ideias, tanto entre os próprios usuários, como entre eles e os designers.

A sustentabilidade, nesses contextos, deverá estar diretamente ligada com a inovação no design de produtos e, embora a característica menos hierárquica dos espaços, permita o convívio com vários usuários, inclusive amadores, é papel do designer incentivar, buscar aprender e compartilhar novas formas de projetar e produzir de forma sustentável em qualquer etapa da produção. Assim, conscientizar os usuários dos espaços makers quanto à produção própria com responsabilidade ambiental e com foco nas principais necessidades, torna-se condição essencial para a viabilização de uma cultura maker responsável e ética.

Entende-se ainda que a aproximação do consumidor ao processo produtivo, através das tecnologias disponíveis, contribui para aumentar sua relação de pertencimento com o objeto, sendo possível ampliar a discussão sobre a importante relação de aprendizado e conscientização entre DIY e sustentabilidade nos espaços makers, com o auxílio dos designers para solucionar problemas.

Referências

ANDERSON, C. Makers: the new industrial revolution. New York: Randon House, 2012.

BALLERINI, Flávia. Fabricação digital: uma análise crítica fortalecendo a cooperação por meio da fabricação digital. 2017. 294 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) NPGAU. Universidade Federal de Minas Gerais.

CÂMERA, R. Você sabe o que é DIY? Disponível em: Fazedores Online 2017. Acessado em 02 01 2019.

COSTA, C. M. O. N. G.; PELEGRINI, A. V. O Design dos Makerspaces e dos Fablabs no Brasil: um mapeamento preliminar. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. PGDESIGN. Design e tecnologia, 2017.

EDWARDS, C. Home is where the art is': Women, Handicrafts and Home Im- 325 provements 1750 – 1900. Journal of Design History, v. 19, n. 1, p. 11-21, 2006.

- EYCHENNE, F.; NEVES, H. Fab Lab: A Vanguarda da Nova Revolução Industrial. São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2014.
- FRESSOLI, M.; SMITH, A. Fabricación Digital. Una Nueva Revolución Tecnológica? Integración & Comércio, p 39, 2015.
- GERSHENFELD, N. FAB: The Coming Revolution on Your Desktop. From Personal Computers to Personal Manufacturing. New York: Basic Books. 2005.
- GERSHENFELD, N. How to make almost anything the digital fabrication revolution. Foreign Affairs, v. 91, n. 6, p. 43-57, 2012.
- GHALIM, A. Fabbing Practices: An Ethnography in Fab Lab Amsterdam. 2013. 96f. Dissertação (Master of Media and Culture Studies). New Media and Culture Studies, Universiteit van Amsterdam, 2013.
- KOHTALA, C. Making Sustainability: How Fab Labs Adress Environmental Issues. Helsink, Finland. PhD dissertation, School of Arts, Design and Architecture, Department of Design, 184 p. 2014.
- LEGNAIOLI, S. Movimento Maker: um jeito de praticar o faça você mesmo. 2016. Disponível em Ecycle. Acessado em 01 01 2019.
- LUPTON, E. D. I.Y. Design It Yourself. Princeton Architectural Press; Edição: 1, 2006.
- MANZINI, E; VEZZOLI, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- MENICHINELLI, M. Fab Lab e Maker: Laboratori, progettisti, comunità e imprese in Italia. Roma: Quodlibet, 2016.
- MORAES, Dijon de. Metaprojeto: o design do design. São Paulo: Blucher, 2010.
- NUNES, R. F.V.C. Uma nova estratégia de design de produto virada para o “Faça você mesmo” Fundamentos, aplicabilidade e consequências num futuro social sustentável. 2010 – 180f. Dissertação (Mestrado em Design de Produto – Faculdade de Arquitetura Universidade Técnica de Lisboa).
- ROCHA, B. M. Do it yourself e improviso: por uma outra epistemologia da projeção: uma análise do processo de improvisação a partir do método de reflexão-em-ação. VIRUS, São Carlos, n. 10, 2015. [online] Acesso em: 01 01 2019.
- SOUZA, P. R. de. Design sustentável: o projeto de móveis sob medida e sua importância para a qualidade da produção e do uso. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Design. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design, Universidade Federal de Uberlândia. 2017.

Apresentação de uma construção de pousada utilizando tijolo de solo-cimento no município de Nova Friburgo/RJ

Presentation of a guesthouse construction using soil-cement brick in the city of Nova Friburgo / RJ

Carlos Ferreira Costa, Eng. Civil, UNESA, Niterói/RJ.
carlos.costa@marateengenharia.com.br

Danielle Silveira Mendes, Eng. Civil, UNESA, Niterói/RJ.
daniellesmendes31@gmail.com

Consuelo Bello Quintana, DSc., UNESA, Niterói/RJ.
consuebello@gmail.com

Paula Fernanda Scovino de C. R. Gitahy, MSc., PPGEM.
scovino2002@yahoo.com

Resumo

A busca da sustentabilidade deve ser um compromisso de todos. Um estudo criterioso contribui para otimização de custos, qualidade e durabilidade dos tijolos feitos com solo-cimento, conforme será mostrado no decorrer deste trabalho. Este trabalho apresenta como estudo de cenário os chalés construídos para uma pousada utilizando tijolos de solo-cimento produzidos com solo obtido no mesmo local, região serrana do Estado do Rio de Janeiro em Nova Friburgo. O estudo visa mostrar que esse material é bastante viável do ponto de vista econômico e ambiental e por esse motivo pode ser aplicado em diferentes padrões de construção.

Palavras-chave: tijolo de solo cimento; bioconstrução; sustentabilidade

Abstract

Sustainability is a common task for everyone. A detailed study of the soil-cement bricks is recommended to guarantee their quality and durability as it will be demonstrated in the present work. The scenery of the present study is concerned to chalets constructed using soil-cement bricks, using soil of the surrounded region of a hostel located in Nova Friburgo, in the state of Rio de Janeiro. The present study is devoted to proof that this material is viable from the economic and environmental point of views and consequently it can be used in different building standards.

Keywords: soil-cement bricks ; bioconstrucion; sustainability

1. Introdução

A fabricação do tijolo de solo-cimento é muito simples e sua fabricação pode ser realizada pelo próprio construtor, além disto o tijolo de solo-cimento possui um baixo custo o que viabiliza o seu emprego em diversos ramos da construção civil.

Com o surgimento de técnicas construtivas associadas à bioconstrução, ressurgiu o interesse pela fabricação de tijolos de solo-cimento, no qual se utiliza a terra como sua matéria-prima principal.

Segundo Mota et al. (2010), o tijolo de solo-cimento possui solo, cimento e água em sua composição e sua resistência à compressão equipara-se à do tijolo convencional.

A construção civil cresce à medida que a população aumenta e com ela a preocupação com os impactos ambientais gerados.

O uso dos tijolos de solo-cimento é uma alternativa para mitigação desses impactos.

Entretanto, nas pesquisas realizadas e na literatura consultada para a realização dessa pesquisa, confirmou-se o que já se esperava, a utilização deste material em construções de padrões de classe média e alta são poucas, porém a um uso em grande escala, voltado para programas de habitação e multidões, apresenta grandes resultados na economia e na rapidez da execução da obra. Segundo Casanova (1988), a maior parte da economia gerada pelo uso do solo-estabilizado está no ganho de tempo, pois a obra leva a metade do tempo para ser finalizada comparada a uma estrutura de alvenaria convencional.

O objetivo deste artigo é demonstrar através do desenvolvimento do estudo de cenário, que é possível utilizar os tijolos de solo-cimento em construção de padrão diverso do popular, mantendo-se os níveis de economia, resistência e durabilidade.

2. Revisão bibliográfica

Serão apresentados alguns conceitos sobre tipos de solo e sua estabilização e características do tijolo de solo-cimento.

2.1 Características do solo

De acordo com Pinto (2006), há uma variedade de tipos de solos na natureza e se faz necessário um sistema de classificação, onde se indiquem as características geotécnicas comuns de um determinado grupo de solos a partir de ensaios simples de identificação.

Há vários tipos de classificação podendo ser específicos ou não, desta forma originaliza-se:

- Sistema com base na origem dos solos, (solos residuais, solos transportados /sedimentares, solos orgânicos),
- Sistema de classificação pedológica (solos zonais, intrazonais e azonais),
- Sistema com base na textura do tamanho das partículas, sistema de classificação visual e tátil;
- Sistema que tem como comparação parâmetros geotécnicos do solo.

Os sistemas que são baseados no comportamento e no tipo das partículas, o mais utilizado e o sistema de classificação baseado nas características dos grãos que constituem os solos e que tem como objetivo a definição de grupos que possuam as mesmas características comportamental sob o aspecto de interesse da engenharia civil.

A estabilização de um solo é obtida através da melhoria das características a fim de torná-lo resistente a esforços, cargas e intempéries.

Seria ideal se sempre pudesse utilizar o solo do próprio lugar da obra, sendo que normalmente estes materiais não conseguem atender as exigências mínimas necessárias para a sua utilização.

O processo de estabilização não consiste necessariamente em um processo no qual todo solo tem a sua propriedade alterada para melhor. Quando se aplica qualquer método é exigido a identificação clara das propriedades do solo que se pretende melhorar (SILVA, 2007 apud SANTOS, 2008). Podem ser estabilização mecânica e estabilização química.

A estabilização mecânica, também conhecida como estabilização granulométrica é o processo básico de retirada ou adicionamento de partículas do solo que proporcionam correção granulométrica.

A estabilização química precisa do uso de aditivos para melhorar as propriedades naturais do solo.

Cada vez mais aparecem novos aditivos, dos industrializados até subprodutos ou resíduos industriais, entre eles estão: cimento, cal, resina, escória de alto-forno; restos de atividades agrícolas como palha de arroz, etc.

Nos solos granulares a aplicação destes e de outros estabilizantes tem por finalidade melhorar o solo em relação a sua resistência à compressão e ao cisalhamento, (causado pelo contato das superfícies das partículas).

2.2 Características do tijolo solo-cimento

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1999), o solo-cimento consiste em um produto resultante da mistura íntima do solo com cimento e água, que quando compactados a uma umidade ótima e sob uma máxima densidade, em proporções dosadas previamente estabelecidas, adquire durabilidade e resistência, através das reações de hidratação do cimento.

O interesse no Brasil por este assunto se deu a partir de 1936, através da ABCP, que aprofundou suas pesquisas e regulamentou a sua aplicação.

A composição de solo-cimento deve atender certos requisitos como densidade, durabilidade e resistência, tendo como resultado um material que seja duro, cimentado e de acentuada rigidez à flexão.

A princípio todo tipo de solo pode ser estabilizado com cimento, sendo que em solo que são finos necessitam de teores mais elevados de cimento, ou seja, teores acima de 10% o que torna muita das vezes inapropriados para a estabilização devido ao alto custo, pois geralmente o teor que é adotado está entre 6% a 10%, (FELTRIN, 2008).

Segundo Vargas (2007) de maneira geral, qualquer solo inorgânico pode ser estabilizado com cimento, porém, para que seja economicamente viável o solo deve atender algumas exigências, não tendo:

- Acima de 2% de matéria orgânica;
- Nem mais que 0,2% de sulfatos;
- O solo não deve ter grãos de dimensões maiores que 75 mm.

Segundo Marques (2003), os fatores principais que influenciam diretamente na qualidade do solo-cimento são:

Tipo de solo: A estabilização utilizando o cimento pode ser realizada em qualquer tipo de solo, entretanto por exigirem baixos teores de cimento os solos arenosos (granulares) são mais eficientes que os argilosos.

Teor de cimento: Para a mistura o teor de cimento a ser adotado, deve ser o menor dos teores, devendo ser capaz de atingir a sua resistência média à compressão simples, superior a 2,10 MPa após 7 dias de cura.

Esta resistência aumenta linearmente quando adicionado maior quantidade de cimento à mistura, pois quanto maior for o teor de silte e argila presentes no solo, maior será a quantidade de cimento exigido.

De acordo com o CEPED (1999), a quantidade do cimento que deve ser utilizado para a dosagem deve ser determinada em função da característica do solo, do teor de umidade e densidade a ser obtida na compactação.

Para garantir que a mistura obtenha as características desejadas, após a adição do cimento, é preciso realizar ensaios com diferentes teores de cimento, utilizando o ensaio de durabilidade.

Esta análise vai indicar qual é o menor teor de cimento para estabilizar o solo sob a forma do solo-cimento. Através destes testes faz-se a dosagem baseando nos resultados obtidos com os ensaios.

Ferraz et. al. (2001 apud GRANDE 2003, p.35), realizou estudos comparando os métodos de dosagem, utilizando algumas amostras de solo e concluíram que quando se utiliza o cimento conforme a norma geral estabelece, se obtém um resultado superior ao indicado pelos métodos baseados na durabilidade da mistura.

Em relação a dosagem, a ABCP (1999) orienta moldar tijolos com volume, de cimento e solo de 1:10, 1:12 e 1:14. Sendo a escolhido “traço adequado” apresentar o menor consumo possível de cimento atendendo aos critérios de resistência à compressão e absorção de água que estão estabelecidos na NBR 8491 (ABNT, 1984).

O cimento Portland deve atender, as recomendações que constam nas NBR 5732, NBR 5733, NBR 5735 e NBR 5736.

A norma NBR-12253 (ABNT, 1992) resume as seguintes operações:

- Classificação e identificação do solo;
- Escolha da porcentagem de cimento para uso no ensaio de compactação;
- Execução de ensaios de compactação do solo cimento;
- Escolha do teor de cimento para a realização do ensaio de durabilidade;
- Moldagem de corpo-de-prova para realização do ensaio de durabilidade;

- A execução do ensaio de durabilidade feito por molhagem e secagem;
- A escolha de teor do cimento que seja adequado para a função dos resultados do ensaio.

De acordo com a NBR- 12253 (ABNT, 1992, p.2), a moldagem de CPs para executar os ensaios de compressão simples deve ser realizada com um ou mais teores de cimento.

Para a execução do ensaio de compressão simples, deveram ser moldados no mínimo três CPs, após realizar a moldagem, os CPs são colocados para cura.

A ABCP (1999) e a CEPED (1984) determina que o procedimento para a realização da mistura proveniente de solo-cimento utilizada na produção de blocos ou painéis de parede, devem seguir as seguintes etapas:

- Deve-se preparar o solo: Procedimento de destorroar e peneirar o solo seco;
- Preparar a mistura: Adiciona o cimento ao solo preparado realizando uma mistura entre os materiais secos, após a homogeneização adiciona-se água e efetua-se a mistura novamente dos materiais até se uniformizar a umidade no solo;
- Moldagem dos blocos; os blocos são moldados e prensados;
- Cura e armazenamento: após o período de 6 horas de moldados e durante os 7 primeiros dias, os tijolos deveram ser mantidos úmidos por meio de sucessivas molhagens para sua cura.

3. Apresentação do estudo

A pousada Maria Laura está localizada na região serrana do Estado do Rio de Janeiro no município de Nova Friburgo no distrito de Três Cachoeiras. Nas proximidades da pousada há uma pequena infraestrutura turística para atender aos seus visitantes, tais como queijarias, fábricas de doces, chocolates e restaurantes. O terreno onde fica a pousada tem uma área total de 18,6 ha, a maior parte em floresta secundária de mata Atlântica com uma flora e fauna ainda rica e distando aproximadamente 20 km do centro da cidade.

A construção da pousada teve início no ano de 2006, com a limpeza da área, execução dos acessos, construção de um galpão, terraplenagem para execução de um platô e demais benfeitorias para facilitar e apoiar a construção. Após esta limpeza é que foi escolhida a área onde se localizariam os chalés que comporiam as Unidades Habitacionais (UH).

A escolha e a definição do material a ser utilizado foram precedidas de busca de informações a respeito de materiais alternativos para construção. Em razão dos vários itens favoráveis, facilidade de obtenção da matéria prima próxima ao local de fabricação e construção, disponibilidade de área para fabricação, dispensa de aditivos especiais, utilização de mão de obra não especializada, o tijolo de solo-cimento foi o escolhido para a construção das UH's. O passo seguinte foi pesquisar o preço das prensas manuais. Após algumas pesquisas de mercado e análise de custo e facilidades de entrega, foi definido o tipo de tijolo e o fabricante da prensa manual, pois as dimensões do tijolo são fundamentais para elaboração do projeto de arquitetura. Assim as dimensões adotadas para os tijolos

foram 25cm x 12,5cm x 6,25cm, tijolo vazado de dois furos, sendo escolhida a prensa manual fabricada pela empresa SAHARA- Prensa Modular 12,5 x 25.

Na figura 1 é mostrada a planta da UH1. Nesta planta estão destacadas as dimensões com precisão de milímetros, e a indicação dos tijolos de dois furos. Todo o projeto teve que seguir este critério, pois não há folga entre os tijolos para colocação de argamassa. O encaixe dos tijolos é perfeito não havendo nenhuma fresta entre eles.

Foram projetadas e construídas três UH's com diferentes plantas com a finalidade de se avaliar diversos aspectos tais como: rapidez de construção, custo e facilidade de projeto.

O primeiro projeto, devido a ter maior área construída e também maior quantidade de encaixes de paredes de topo e canto, exigiu mais tempo de projeto, detalhamento e construção. As duas portas de entrada com vão de 2m e um espaço reservado para um armário devido a um recuo da parede, se destacam como características diferenciadas dos demais projetos.

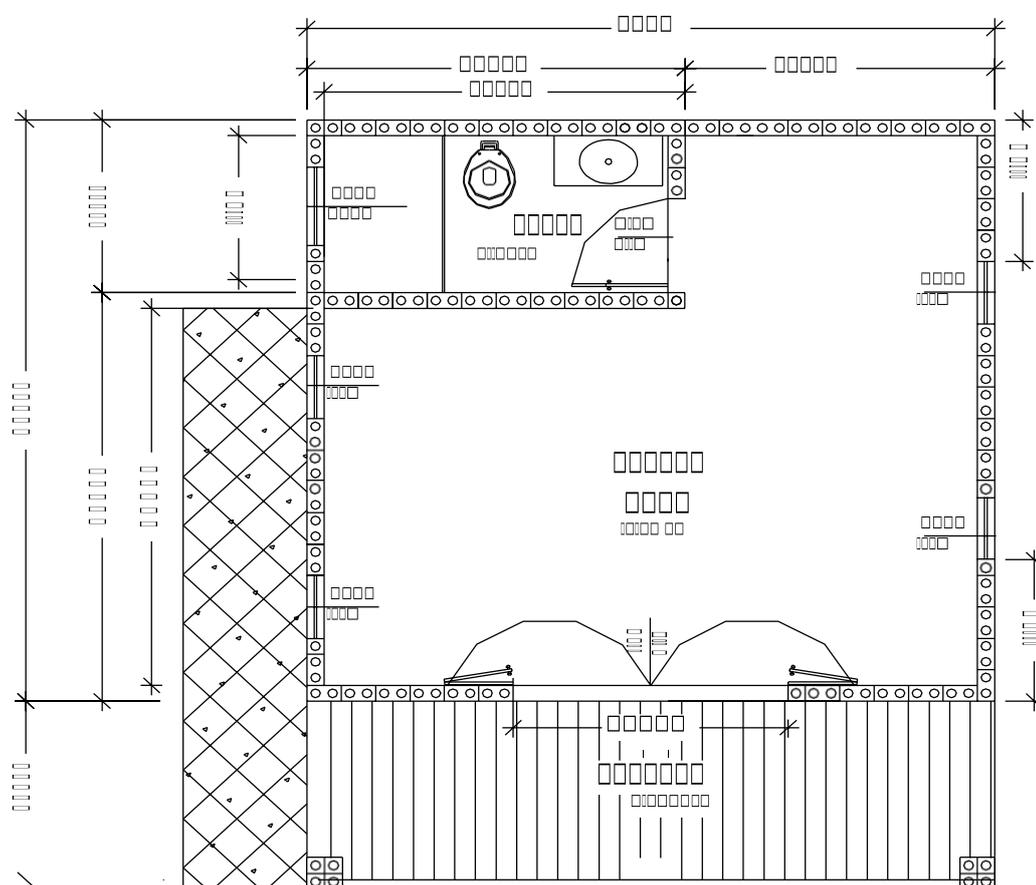


Figura 1: Planta baixa padrão. Fonte: Autores

Este projeto após a sua execução foi analisado sua funcionalidade e custo e tempo de construção, concluindo-se que o modelo para ser utilizado com UH de uma pousada seria pouco funcional. Mas, o mais importante foram as observações colhidas com sua execução que por ser mais trabalhosa permitiu que se desenvolvessem técnicas próprias adaptadas à realidade local, isto é, terreno íngreme, com dificuldade de acesso e cuidado especial com o meio ambiente como foi a redução ao mínimo de área de desmatamento e escavação.

Com a experiência adquirida foi projetado e executado o projeto mostrado na Figura 1 e na Figura 2 que passou a ser considerado o projeto padrão para as demais UH's.

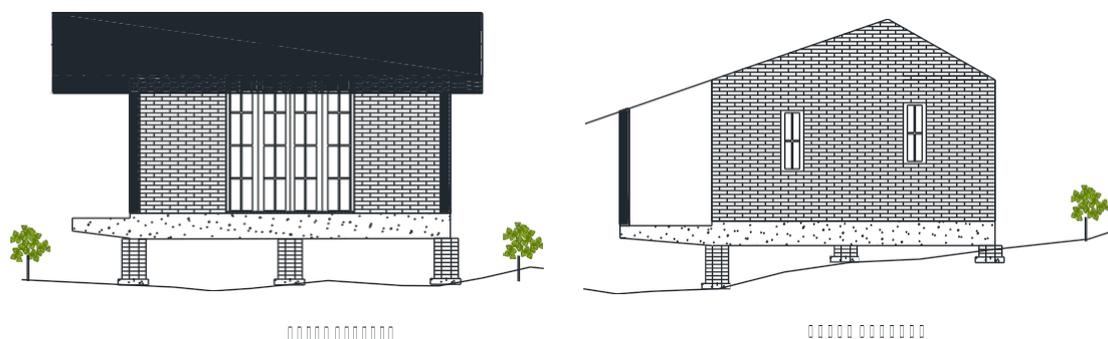


Figura 2: Vista Frontal e Vista Lateral do Chalé. Fonte: Autores.

3.1 Produção dos Tijolos

Inicialmente construiu-se um pequeno galpão para ser a área de trabalho coberta. Para a produção dos tijolos adotou-se a estratégia de colocar o galpão de serviço próximo a área de extração da matéria prima (Figura 3). No galpão era depositado o solo peneirado e fabricados os tijolos, foi reservada também uma área dentro dele para ser o local de cura e estoque dos tijolos. A construção do galpão com esta disposição além de otimizar o processo de fabricação, foi de grande importância no aspecto de racionalização do tempo, pois possibilitou que nos dias chuvosos os operários aproveitassem esses dias para produção dos tijolos já que não podiam trabalhar ao ar livre. O galpão inicialmente posteriormente foi ampliado a fim de atender outras demandas.

Na confecção dos tijolos foi utilizado o solo retirado da encosta do próprio local. O solo genérico na região é o Ca27- “Cambissoloálico”. Este solo era peneirado numa ciranda de malha de 4,5mm, seguindo o recomendado pela NBR 10832/1989 na qual se especifica que 100% do solo deve passar na peneira ABNT 4,8mm (No 4). O solo peneirado era estocado no galpão preparado com esta finalidade (Figura 3).



Figura 3: Galpão, ciranda para peneiramento, cura e depósito do tijolo e local da extração do solo

Iniciou-se a fabricação dos tijolos e o seu melhoramento foi sendo feito com base nas observações visuais e experimentais, pois o aspecto externo do tijolo, bem como a

dificuldade do mesmo ao ser retirado da prensa, sinalizavam o excesso ou falta de umidade e a falha na mistura solo-cimento.

O traço utilizado foi de 1:8 (cimento/solo) em volume, onde foram analisados traços 1:7, 1:10 e 1:12. Antes da mistura com o cimento, o solo já peneirado era medido nas padiolas previamente construídas com as dimensões internas de 50x50x20cm. Para a mistura foi utilizado cimento Portland CP I.

Após a fase de adaptação, a produção diária com 2 (duas) pessoas foi de 600 tijolos por dia, produção que encaixa na faixa de 300 a 800 tijolos por dia indicada na ref. CEPED 84.

3.2 Construção das Unidades Habitacionais

Devido à localização das UH's, em terreno inclinado, optou-se pela utilização de estacas brocas, pois estas não causam modificações nas características superficiais, evitando-se com isto escavações de grande volume e dispensando o reaterro caso fosse utilizada a sapata como fundação, sendo estes alguns dos objetivos do projeto das UH's, modificar o menos possível as características naturais do local. As estacas brocas adotadas foram de 20cm de diâmetro, sendo uma estaca por pilar. As estacas foram escavadas manualmente com trado concha até a impenetrabilidade. A cota média atingida foi de aproximadamente 6,0m.

Após a concretagem das estacas executou-se uma camada, bem nivelada, de 50x50x7cm de concreto simples deixando já fixadas as armaduras dos pilares. Esta camada além da finalidade de servir como base de apoio dos tijolos, os isolava do contato direto com a terra, evitando a umidade.

Foram utilizados os tijolos de solo-cimento como fôrma para a concretagem dos pilares ficando assim incorporados aos mesmos, podendo ser considerada sua resistência na capacidade resistente do pilar com função de alvenaria estrutural (Mazzeo 2003). Com esta solução além de se economizar madeiras para confecção das fôrmas, os pilares ficaram com um acabamento estético adequado a arquitetura das UH's.

Após a concretagem dos pilares montava-se as armaduras das vigas baldrame. Esta sequência foi definida em função da facilidade de locomoção na área, pois caso fossem executadas as fôrmas as mesmas precisariam ser escoradas dificultando a mobilidade.

As fôrmas das vigas foram executadas com madeira logo após a preparação das armaduras. Para garantir o cobrimento das armaduras das vigas foram utilizados espaçadores de concreto feitos na própria obra.

Logo após a colocação das armaduras das vigas baldrame procedia-se à concretagem das mesmas. Terminada a concretagem das vigas baldrame, procedia-se à execução do cimbramento para a laje de piso e a seguir a montagem das armaduras da laje.

Concretada a laje de piso, iniciava-se o levantamento das paredes com os tijolos de solo-cimento, e simultaneamente, aproveitando-se os furos dos tijolos, faziam-se as instalações hidráulicas.

Para a construção das paredes foi necessário ter alguns cuidados, foram estes:

- Rigor no nivelamento, alinhamento e esquadria das cintas e vigas de apoio das paredes e das medidas das mesmas, pois todas elas serão múltiplas de 25cm;
- Controle nas amarrações das paredes nos cantos e no meio (topo);

- Cuidado na colocação da argamassa de assentamento dos tijolos, para não escorrer, pois os tijolos após colocados não recebem revestimento;
- Prever no projeto colocação do tijolo tipo canaleta para passagem da tubulação horizontal;

As vergas das portas e janelas (Figura 4) foram executadas utilizando o tijolo tipo canaleta. Para o vão de 2m da porta, foram armadas 3 (três) camadas de tijolos tipo canaleta.

Figura 4: Vergas da porta e janelas. Fonte: Autores.



Após o assentamento de todos os tijolos das paredes, foi iniciada a construção do telhado. Na Figura 5 mostra-se o aspecto final da UH considerada padrão para construção das demais UH's da pousada.

Figura 32 – Finalização UH pronta



Figura 5: Unidade Habitacional Finalizada. Fonte: Autores.

O tijolo de solo-cimento foi utilizado também na construção de outros elementos na área da pousada: churrasqueira, ermida, jardineiras.

Em virtude de não se dispor de nenhum dado sobre ensaios referentes a determinação das características granulométricas do solo utilizado na fabricação dos tijolos, foi recolhida, do local onde estava estocado o solo já peneirado, uma amostra para análise granulométrica. Este ensaio foi realizado no dia 30/09/2015 no laboratório da UNESA campus Niterói. Para realização deste ensaio seguiu-se os procedimentos conforme a NBR 7217/2013.

No gráfico 1 estão plotados os resultados obtidos no ensaio, representando a curva granulométrica do solo retido nas peneiras números 8, 10, 16, 30,40, 50, 100 e 200. Neste ensaio o peso da amostra úmida foi de 500 g, o peso seco foi de 480,02 g e após a lavagem o peso do solo seco retido na peneira 200 foi de 241,31g.

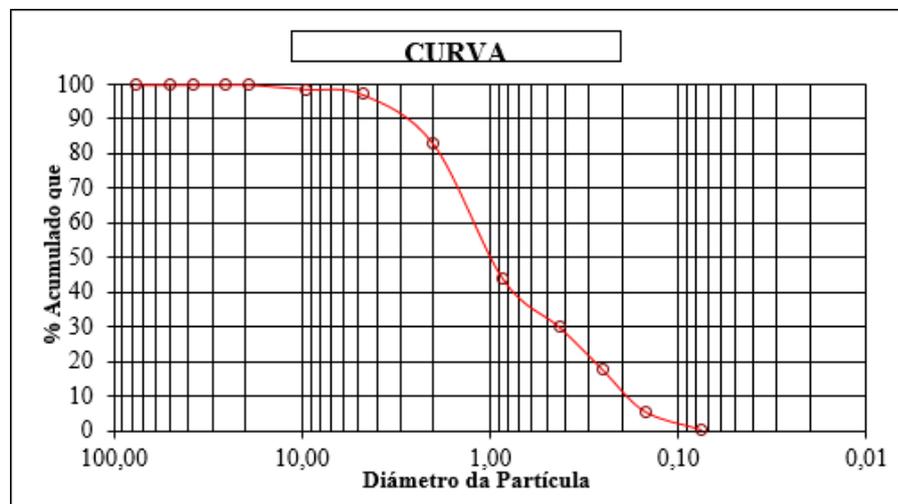


Gráfico 1: Representação da Curva Granulométrica do solo. Fonte: autores.

Com base na análise feita e nos dados disponíveis, o solo pode ser considerado areia silto-argilosa de cor alaranjada.

Com a finalidade de se avaliar a resistência à compressão simples dos tijolos utilizados na construção das UH's foram coletados aleatoriamente 6 tijolos que estavam depositados no galpão de serviço, no local da pousada, cuja quantidade estimada é de 2600 tijolos,

Os tijolos foram ensaiados no laboratório da UNESA campus Niterói, considerando-se três amostras para ensaio formadas por prismas de dois tijolos assentados a seco (Grande 2003), isto é, não houve aplicação de argamassa para juntá-los.

Os resultados dos ensaios estão indicados no Quadro 1. Os valores de resistência à compressão, expressos em MPa, foram obtidos dividindo-se a carga máxima (em tonelada-força), observada durante o ensaio pela área líquida da face de trabalho considerando apenas a seção transversal útil que correspondia a área da seção transversal total, descontada a área máxima dos furos.

PRISMA	CARGA DE RUPTURA (kN)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (Mpa)
1	58,1	2,4
2	79,1	3,3
3	63,4	2,5

Quadro 1: Resultado dos ensaios de compressão simples. Fonte: autores.

Os resultados indicados no Quadro 1 mostram que foi atendido o exigido na NBR 8491/1984. Segundo a norma, a resistência à compressão para tijolos maciços de solo-cimento não deve ser inferior a 2,0 MPa para valores médios e 1,7 MPa para valores individuais.

Considerando-se que os tijolos ensaiados foram retirados de um lote fabricado em campo e os valores de resistência estão acima dos indicados na referida norma, pode-se deduzir que a resistência à compressão simples dos tijolos é satisfatória.

4. Considerações Finais

As unidades habitacionais estudadas foram construídas com tijolos fabricados entre os anos de 2007 e 2010. Parte dos tijolos fabricados no ano de 2010 e que não foram utilizados, encontra-se guardada no galpão de serviço da pousada o que possibilita a sua utilização para análise atual e nos tempos vindouros, pois está prevista uma reserva com esta finalidade.

Considerando-se os primeiros tijolos fabricados (2007) são decorridos, 11 (onze) anos de uso. Este prazo refere-se às construções do banheiro de serviço e escritório.

Como é esperada uma vida útil bem maior, estas construções deverão ser monitoradas por mais tempo, e com as futuras informações obtidas outros pontos de pesquisas poderão ser abordados.

É esperado que com o aumento da dosagem de cimento tijolos mais resistentes possam ser obtidos e a adição de corantes durante o processo de fabricação dos tijolos permite uma diversidade de cores o que possibilita maior liberdade de escolha para o arquiteto e o proprietário da construção.

Merece registro o aspecto relativo à mão de obra, embora a construção tenha sido feita por um profissional com bastante experiência, no início do projeto houve dificuldades de adaptação ao novo material, pois o tijolo de solo-cimento além de ser uma novidade, requer cuidados e soluções construtivas ainda desconhecidas.

Principais vantagens:

- Rapidez na colocação;
- Aproveitamento dos furos para passagem dos canos e conduítes;
- Dispensa de utilização de reboco para acabamento;
- Os ressaltos existentes no tijolo ajudam no alinhamento e verticalidade das paredes;
- Durabilidade dos tijolos;
- Custo inferior aos utilizados com outra tecnologia.

Construções de alvenaria com utilização de tijolo de solo-cimento embora apresentem vantagens de custo, serem ecologicamente corretas, entre outros, ainda precisam de uma maior divulgação para que seja incorporada como uma alternativa normal de construção. Por tanto faz-se necessário que os engenheiros e arquitetos se interessem mais por esta tecnologia e se tomem os divulgadores e incentivadores de utilização de construções com tijolo de solo-cimento.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio.** São Paulo, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12053 determinação dos valores de massa específica aparente seca máxima e de teor de umidade ótima. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento: especificação. Rio de Janeiro, 1984.

CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento. **Manual de construção com solo-cimento.** São Paulo: ABCP, 1984.

Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná. **ES-P 03/Pavimentação: Solo-cimento e Solo Tratado com Cimento.** Paraná, 2005. Disponível em: http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/pdf_Pavimentacao/ES-P11-05SoloCimento_SoloTratadoCimento.pdf- acesso em 20 de maio de 2018.

FELTRIN, Maikon Gonçalves. **Desenvolvimento de blocos vazados de solo cimento visando à autoconstrução de habitações populares.** Monografia (Curso de Engenharia Civil) Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2008.

GRANDE, Mazzeo Fernando. **Fabricação de Tijolos Modulares de Solo-Cimento por Prensagem Manual Com e Sem Adição de Sílica Ativa.** Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo: Dissertação de mestrado 2003.

MARQUES, G. L. O., **Utilização do Módulo de Resiliência como Critério de Dosagem de Mistura Asfáltica; Efeito da Compactação por Impacto e Giratória.** Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

MOTA, J. D. et al. **Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento.** 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido, 2010.

PINTO, Carlos de Souza. Curso **Básico de Mecânica dos Solos.** 2.ed São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

VARGAS, Milton. **Introdução à Mecânica dos Solos.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 509 p. DAS, Braja M. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

Impacto da customização do apartamento durante o processo executivo no sistema de construção tradicional

Impact of the customization of the apartment during the construction process in the traditional building system

CARVALHO, Humberto Almansa, Msc., ESUCRI - FUCAP.

hacxis@hotmail.com

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha, Dr., UFSC

lisiane.librelotto@arq.ufsc.br

DARÉ, Mônica Elizabeth, Esp., UFSC

dare@terra.com.br

Resumo

A customização de apartamentos é um serviço que provoca discordância de opinião no mercado de construção de imóveis. Esta pesquisa tem a importância de gerenciar a customização do apartamento como parte do programa de construção destacando-se, inicialmente, o mercado imobiliário como dispositivo estratégico para venda de imóveis. Como objetivo analisa a customização em 3 edificações na cidade de Criciúma – SC. Por meio desta, identificou-se as alterações mais relevantes e respectivos impactos durante a fase de execução da obra como forma de oferecer subsídios para a elaboração de procedimentos para a alteração nas unidades habitacionais. Como resultados ressalta-se o impacto que a personalização pode causar a uma empresa devido ao desmantelamento, desperdício de materiais e detritos e perda de produtividade. Além disso, denota sua relevância para os atrasos de cronograma decorrente da paralisação e sucateamento das atividades. Com base nesta análise, identificaram-se pontos críticos no trabalho e possíveis falhas no processo.

Palavras-chave: Customização; Retrabalho; Reagendamento, Demolição

Abstract

The customization of apartments is a service that causes disagreement of opinion in the real estate construction market. This research has the importance of managing the apartment customization as a part of the construction program highlighting, initially, the real estate market as a strategic device for real estate deals. As a goal it analyzes the customization in 3 buildings in Criciúma City – SC. Through this, the most relevant changes and their impacts were identified during the building construction stage as resource to organize an apartment operational procedures list. As a result analysis, the consequences due to the customization can be scrapping, waste of materials and debris and loss of productivity is highlighted. Furthermore, it can interfere on the schedule because the activities delays and shutdown. Based on this analysis, it was possible identify the critical points and possible failures in the process.

Keywords: Customization; Rework; Reschedule; Scrapping

1. Introdução

No setor da construção imobiliária existe uma dicotomia em relação à customização de unidade habitacional tipo (unidades habitacionais padrão que se repetem) em edifícios residenciais. O departamento de marketing e vendas percebe a alteração dos apartamentos como um atrativo para um nicho de clientes que buscam a personalização de sua habitação. Por outro lado, o departamento de engenharia e obras enxerga a customização como um ponto crítico no processo construtivo, que pode prejudicar o cronograma da obra devido ao retrabalho e desperdício de materiais, principalmente pela característica de projetos que apresentam baixa flexibilidade para mudanças.

Segundo Carvalho (2016), as customizações de unidades habitacionais podem representar um equilíbrio entre os anseios do cliente e uma oferta competitiva de valor de produto no mercado imobiliário. Entretanto, interferem na programação da obra causando transtornos operacionais ou insatisfações.

1.1 Contextualização

É notório o aumento da demanda por apartamento em algumas cidade de porte médio nas últimas décadas, como é o exemplo de Criciúma. Este fenômeno habitacional pode ter sido influenciado por diferentes aspectos sociais e econômicos, dentre os quais é possível salientar: o encarecimento da propriedade ou lote urbano, o aumento da violência em cidades urbana, deterioração da mobilidade urbana, variação da estrutura familiar, dificuldade de manutenção de áreas externas a residência (CARVALHO, 2017).

Além dos fatores citados, é plausível destacar o crescimento demográfico de cidades com população entre 100 a 500 mil habitantes. De acordo com os dados obtidos no censo de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, as cidades de porte médio (com população entre 100 mil e 500 mil habitantes) são as que mais crescem no país. Isto ocorre, segundo os pesquisadores do instituto, devido ao processo migração para municípios com este perfil (MILAZZO, 2011).

Com o aumento da demanda por apartamentos, muitas construtoras e incorporadoras notaram um nicho de clientes interessados na personificação de suas unidades habitacionais. Isto é evidenciado nos anos 90, quando algumas construtoras já estavam oferecendo empreendimentos com apartamentos denominados “planta livre”, onde se permitia uma flexibilidade quase total de compartimentação para empreendimentos de alto padrão. Para Dias, Silva e Brandstetter (2017) a estratégia da flexibilização dos projetos residenciais tem sido adotada a mais de décadas por construtoras e incorporadoras bem sucedidas. Seu intuito é garantir a satisfação do cliente, impulsionando o mercado imobiliário.

Porém, a oferta de um apartamento flexível ou com a planta livre, usualmente, representa um acréscimo no seu valor quando comparada com uma unidade habitacional tipo com área e características equivalentes (CARVALHO, 2017). Segundo Brandão e Heineck (2007), é necessário considerar um acréscimo de valor em relação à área do imóvel, para atender às especificidades a serem incluídas nos serviços de projetos diferenciados, materiais exclusivos, além da programação de obra que deve ser desenvolvida conforme o projeto de cada unidade.

Segundo Yamamoto (2001) apud Brandão (2002) as empresas brasileiras do setor tem proporcionado a customização do imóvel aos compradores tornando este procedimento

economicamente exequível durante a fase de construção. Para o autor, a customização pode ser aplicada de 3 formas:

- planta livre: o cliente pode modificar o layout e outros acabamentos diferentes dos projetos apresentados pelas construtoras;
- alternativas de plantas: estratégia aplicada por empresas em projetos que não são tão flexíveis. Apresentam em um mesmo empreendimento diferentes tipologias para um mesmo número de dormitórios, permitindo a escolha do cliente entre as opções ofertadas;
- Negociação de alterações: adotado por empresas que não se enquadram nas formas anteriores, mas que precisam ofertar a possibilidade de customização ao cliente para assegurar a venda.

Dentre as formas apresentadas, observa-se uma tendência do setor imobiliário oferecer alternativas de planta e também permitir customização de apartamentos pela negociação de alterações.

Segundo Carvalho (2017), a construção civil percebeu a importância de adequar sua produção, tecnologia e serviços de modo que as unidades habitacionais possam ser ajustadas para o usuário de forma a atrair mais clientes. Além disto, compreendeu que a customização proposta para atender os anseios do cliente necessita atender às seguintes restrições: - normativa, deve obedecer à legislação vigente como leis e normas; - programa da empresa, respeitar a tecnologia adotada e programação da obra; e, - custos, evitar despesas e customizações que venham a extrapolar as estimativas da empresa em relação ao mercado. Entretanto, os limites da customização nem sempre estão definidos, ficando por conta de uma negociação entre as partes.

Como consequência a customização se torna um procedimento alheio ao cronograma e gerenciamento da obra. Decorrem disto o retrabalho e desperdício de materiais associados à falta de definição dos elementos, indefinições das atividades, e também, do cronograma dos serviços.

Este trabalho apresenta como objetivo a análise dos procedimentos de customização em 3 edificações na cidade de Criciúma – Santa Catarina. Através desta análise, foi possível identificar as alterações mais relevantes e respectivos impactos durante a fase de execução da obra, como forma de oferecer subsídios para elaboração de procedimentos operacionais de alteração nas unidades habitacionais.

2. Customização

Oxford (2001) define, respectivamente, *customer* como a pessoa que compra produtos ou serviços, e *customize* como o ato de fazer ou modificar conforme requerimentos pessoais. Portanto, é possível afirmar que a customização de um produto consiste na sua criação ou modificação conforme as preferências ou especificações pessoais. Quando características relacionadas à habitabilidade, sob a ótica do usuário, não são atingidas, surgem as adaptações, customizações e modificações do ambiente para que se torne habitável. (CARVALHO, 2017)

As referidas adaptações envolvem desde pintura, substituição do piso até mudanças na função primária para a qual foi definido o espaço. O primeiro impacto acontece na ocupação do imóvel, quando o usuário insere os móveis neste espaço. Muitos são

modificados ou adaptados, em decorrência das incompatibilidades como: posição dos pontos elétricos; a escala dos móveis e formatos dos mesmos (CÍRICO, 2003).

Santana et al (2008) afirmam que a customização da moradia é um aspecto a ser considerado dentre as origens das modificações nas unidades habitacionais. Segundo os autores, representa um recurso para reverter à insatisfação de potenciais clientes em relação ao perfil do imóvel dentro de um padrão do empreendimento.

Também, deve-se salientar que a customização é um fenômeno cultural que está intrinsecamente enraizado na sociedade brasileira. O fenômeno é observável em loteamentos populares, que após alguns anos de uso, partindo de uma planta-padrão, tornam-se completamente modificados e diferenciados.

Carvalho (2017) observou duas medidas significativas para atender os anseios de habitação para determinado imóvel adquirido. Primeiramente, o autor atenta para a crescente demanda por móveis sob medida, fato que representa uma forma de personalização do espaço interno para uma tipologia padrão. Esta forma de personalização ajustando o mobiliário a uma unidade habitacional tipo pré-estabelecida ocorre em função da cada vez menor disponibilidade de espaços internos que se tornam incompatíveis com as ofertas de mobiliário no mercado. Além desta solução, o autor salienta destaca a customização unidades habitacionais durante a fase de execução da edificação, após a aquisição desta unidade habitacional pelo cliente. Esta forma de personalização pode ser comparável ao que acontece na aquisição de um veículo novo, que, durante a compra em uma concessionária autorizada, negocia-se com o representante de vendas, o modelo e acessórios incorporados ou dispensados do veículo antes da entrega das chaves.

A personalização de produtos, adotada como uma estratégia de competitividade cada vez mais utilizada pelas empresas, em meados do ano 2000 ainda estava em um estágio inicial para o setor de construção de condomínios residenciais. Esta tendência surgiu a partir da percepção do perfil dos consumidores, notadamente daqueles de maior poder aquisitivo. No entanto, tal estratégia se fortalece com o passar dos anos (FRUTOS, 2000).

Levando em consideração o número crescente de customização em apartamentos, algumas construtoras perceberam-na como um dos fatores do trinômio do gerenciamento: qualidade, custo e prazo. Deve se compreender que a customização requer mais atenção administrativa por parte da gerência de obras decorrente do aumento da complexidade em incorporar ou remover elementos não previstos no projeto da unidade habitacional. (CARVALHO, 2017).

De acordo com o método tradicional de gerenciamento de projetos estudado pelo *Project Management Institute* (PMI) a estrutura denominada de trinômio sagrado do gerenciamento, trata da qualidade, custo e prazo. Ao alterar qualquer uma das pontas irá mover a outra, ou seja, diminuindo o prazo, a qualidade ou custo serão afetados (GERVAZONI, 2017; DARÉ, 2017; CARVALHO, 2017).

Para Kerzner (2001) a excelência de gerenciamento de projetos pode não ser possível sem o uso de processos repetitivos aplicados ao projeto. Estes processos repetitivos designados como metodologia de gerenciamento de projetos aumentam as chances de sucesso de uma determinada organização.

Segundo Mayr (2000), as deficiências no projeto resultam em improvisações no canteiro de obra, perda de produtividade no processo de execução e comprometimento do desempenho do sistema edificado. Também contribuem para o surgimento de modificações

dos elementos construtivos e ambientes construídos durante a fase de execução da obra. Nem todas as modificações surgem a partir de erros, modificações programadas ou intencionais, usualmente, estão relacionadas às estratégias ou customizações, enquanto as modificações não intencionais estão relacionadas às falhas entre as fases de projeto e processo.

Existe uma relação entre o projeto e a obra quando se trata do problema das adaptações e alterações do projeto durante a execução. As alterações, decorrentes das inconsistências do projeto ou das deficiências da obra, prejudicam a produtividade e a qualidade da produção no mercado imobiliário (MAYR, 2007).

A customização em unidades habitacionais – alteração de projeto relacionada ao cliente pode estar vinculada ao problema de layout do apartamento ou a partir da necessidade de personalização da unidade habitacional. Entretanto, verifica-se que a falta de interação entre projetos de interiores e projeto originais podem gerar alterações incompatíveis, não construtivas e incompreensíveis, e eventualmente, contraditórias. (CARVALHO, 2016)

Um empreendimento personalizado é um produto mais complexo que o convencional, portanto requer maior atenção na administração de sua execução (CARVALHO, 2004). Portanto, é admissível declarar que a customização pode prejudicar a programação da obra alterando o prazo, a qualidade, e o custo do produto caso não seja revisto em seu escopo (CARVALHO, 2017).

Ferreira Filho e Magalhães (2011) identificaram que problemas de gerenciamento em customização de unidades habitacionais são comuns. Para tanto, os autores realizaram uma pesquisa com 34 profissionais da área de projeto que trabalham com o nicho de arquitetura de interiores e customização. Tendo como propósito compreender a relação dos agentes envolvidos no processo de produção de projetos e execução de obras, os autores obtiveram os seguintes dados diante da entrevista com os profissionais citados: 65% afirmaram que aqueles clientes que buscam customizar seus imóveis apontam como principal necessidade, a adequação da moradia ao uso dos moradores e, 88% dos entrevistados afirma que as construtoras não possuem contrato com profissionais para auxiliar seus clientes na reconfiguração da planta baixa.

Com o propósito de verificar a relevância das modificações e alterações originadas nas customizações, comparou-se nesta pesquisa as diferentes origens encontradas nas modificações ocorridas durante a obra.

Portanto, a customização ou personalização foi entendida nesta pesquisa como alterações no projeto original que não foram definidas, também dita como flexibilidade permitida e exclui os casos de flexibilidade planejada. Isto exige maior capacidade de resposta, integração entre departamentos, qualidade e prazos. Em consideração a isto, o planejamento deve ser adaptado à sua realidade, buscando melhoria contínua no gerenciamento dos processos. Porém, são necessários planejamento e estratégias proativas que conduzam as empresas rumo a uma flexibilidade planejada. (FALCONI; BRANDÃO, 2014)

Tillman e Formoso (2008), identificaram quatro táticas de Customização em Massa – CM que podem ser adotadas no setor de produção habitacional. Estas táticas, cujas denominações foram adaptadas da literatura referente à CM no setor de manufatura, são:

- Customização sob medida – customização realizada na etapa de projeto e garante alto grau de alteração para os clientes.

- Padronização customizada (por gama de opções) – permite diversidade de produtos pela combinação de diferentes peças, componentes ou módulos do produto. Extremamente adequada para o contexto de produção habitacional brasileiro, oferecendo opções de projetos e materiais a serem empregados.
- Customização por trabalhos adicionais – essa tática implica em uma postergação das etapas da obra referentes à customização do produto. Podendo, então, fazer a customização de um produto padrão assim que o cliente fechar o negócio.
- Configuração tardia (produto ajustável durante o uso) – capacidade das habitações se modificarem para suprir novas necessidades dos moradores que surgem ao longo do uso. Porém, devem ser supridas sem grandes reformas no espaço habitacional.

As duas primeiras formas citadas são típicas de estratégias de flexibilidade planejada, enquanto as última, mesmo que não exclusivamente, são características da flexibilidade permitida. Brandão e Heineck (2007), afirmam que o setor de construção de edifícios residenciais continua buscando conciliar a oferta de opções e atendimento do cliente através de plantas flexíveis e personalização com a garantia de aspectos de uma construção racionalizada. O equilíbrio de interesses pode ser obtido mediante uma flexibilidade planejada. Este modelo é uma alternativa para o setor de construção de edificações residenciais. Porém, a criação de serviço de customização integrado aos demais setores da empresa, necessidade de planejamento com alternativas de projeto e investimento no setor de atendimento ao cliente ainda representam algumas dificuldades para tal procedimento.

Araújo Filho (2014) afirma que o envolvimento do cliente é essencial para a efetiva configuração do imóvel de acordo com suas aspirações. Portanto, recomenda o acompanhamento técnico de um representante. O autor considera que o cliente ou proprietário nem sempre tem a habilidade, e nem necessitam disto pois há profissionais especializados para isto. e o conhecimento para decidir sobre questões do processo construtivo. As diferenças, entretanto, são resolvidas com o propósito do cliente expressar satisfação com o resultado da customização.

Ao tratar da customização de apartamentos, alguns aspectos podem interferir na capacidade de alteração nas unidades, são: flexibilidade, potencial de transformação do espaço, adaptabilidade, funcionalidade, habitabilidade, conforto, privacidade e cultura. Tudo isto, dentro do seu perfil socioeconômico. Assim, para reduzir o impacto da customização na programação da obra é essencial gerenciar as alterações e modificações originadas na customização de forma sistemática com procedimentos pré-estabelecidos. Estes procedimentos devem atender à programação da obra, normas e com custos de alteração adequados ao valor do mercado para manter de modo que a opção de personalização tenha efeito positivo como estratégia de marketing para seu produto. (CARVALHO, 2017).

3. Procedimentos Metodológicos

A fim de estruturar recomendações de procedimentos para customização de apartamentos condizentes com o gerenciamento das customizações, Carvalho (2017) investigou 3 obras em fases de execução correspondentes. Sendo estes empreendimentos, edifícios multifamiliares mistos compostos por 2 torres residenciais e salas comerciais no embasamento. Todas as edificações estão localizadas em Criciúma – SC. Os 3

empreendimentos juntos somam um total de 598 unidades habitacionais, das quais algumas unidades sofreram customização.

As 598 unidades habitacionais encontram-se distribuídas em 3 edificações (aqui identificadas como Ed. 01, Ed.02 e Ed.03), estão divididas em 3 grupos tipológicos (tipo 2 dormitórios, tipo 3 dormitórios e coberturas) e classificadas em 14 tipologias de apartamentos tipos com área e layout distintos. Foram identificadas 47 unidades customizadas em um total de 598 unidades no total.

O método de coleta de dados detalhado por CARVALHO (2017) é complexo e não será abordado neste artigo. Todavia o autor categorizou o impacto avaliando a gestão da mão de obra, gestão dos materiais e definindo os pontos críticos na gestão da customização.

4. Resultados alcançados

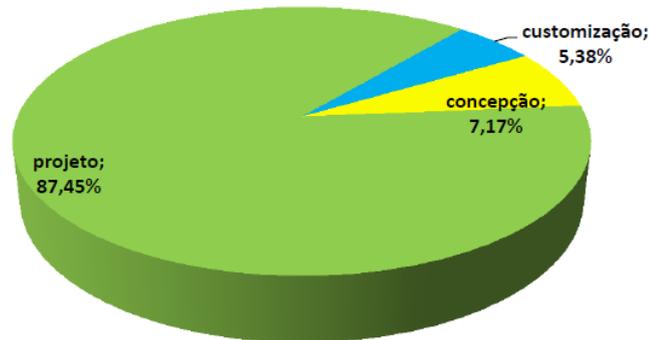
4.1 Impacto na gestão da mão-de-obra

A partir da análise sobre alterações de projetos em obra, foi estruturado no banco de dados denominado “Roteiro de análise do impacto das modificações de projeto na programação de obras de edificações residenciais mistas” em Carvalho (2016). Foram traçadas as relações entre as origens – concepção, projeto e customização – das alterações de projetos em obra e respectivos impactos – interrupção de tarefas e mobilização do corpo técnico para administrar a alteração, conforme apresentado no gráfico 01.

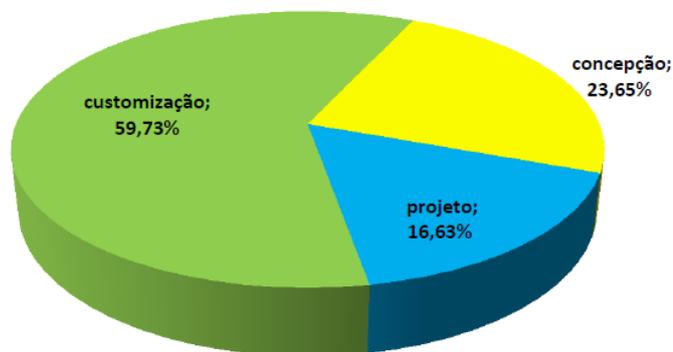
Verifica-se em “Alterações dos elementos construtivos”, poucas alterações oriundas da customização (5,38%) quando comparadas com o projeto (87,45%). Entretanto, destaca-se a relevância da customização quando ao observar-se que a mesma é responsável por 59,73% das “Tarefas interrompidas durante a alteração”. Além disto, a “Mobilização do corpo técnico da empresa” para esta pequena porcentagem de alteração proveniente da customização chega a 79,20%.

De acordo com os dados apresentados, 5,38% das customizações são responsáveis por 59,73% das tarefas interrompidas e 79,20% de mobilização do corpo técnico administrativo. Se comparado com alterações no projeto (falhas ou ajustes), verifica-se que a customização tem potencial 50 vezes maior para interromper uma atividade e 70 vezes maior para mobilizar o corpo técnico do que alterações originadas por falhas no projeto. Portanto, o impacto da alteração de projeto mais representativo sob a ótica de gerenciamento da mão-de-obra é a customização.

Alterações dos elementos construtivos



Tarefas interrompidas durante a alteração



Mobilização do corpo técnico

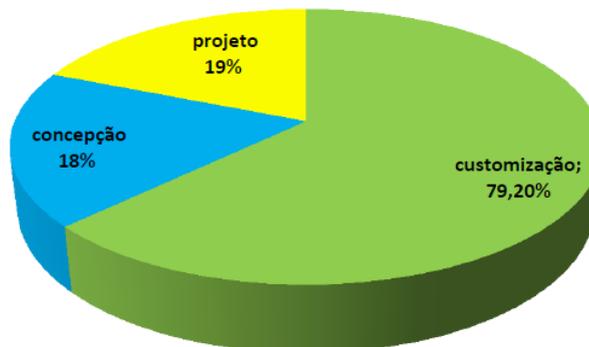


Gráfico 1: Alterações de Projeto – Origens e Impacto. Fonte: Elaborado por Carvalho (2017).

4.2 Impacto na gestão dos materiais

Além do acréscimo de serviços operacionais e técnicos, alteração no cronograma e programação da obra, alteração de elementos construtivos a customização pode gerar desperdício de materiais. De acordo com Carvalho (2017) os elementos que sofreram mais alterações devido às customizações foram as paredes, seguidos dos revestimentos de parede e pisos, como pode ser visto no gráfico 2.

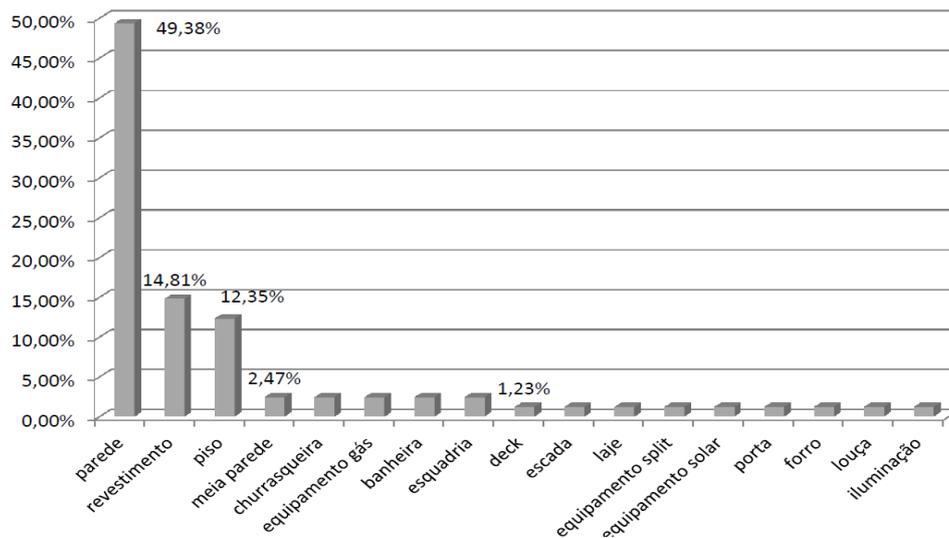


Gráfico 2: Elementos construtivos alterados devido à customização. Fonte: Elaborado por Carvalho (2017).

Nota-se que, ao comparar 17 elementos construtivos (da parede ao sistema de iluminação) alterados devido à customização, 3 elementos construtivos representam mais de 75% destas alterações, a saber: paredes, revestimentos e pisos. Caracteristicamente, materiais que envolvem o aspecto mais estético dos apartamentos. Portanto é significativo observar o impacto dos mesmos em relação ao desperdício de materiais.

O impacto mais significativo em relação ao desperdício de materiais originado pela customização é a demolição de algum elemento construtivo executado. A demolição de um elemento construtivo é uma decisão muito prejudicial para a obra. Esta gera um impacto inicial referente ao trabalho e materiais aplicados à execução deste elemento. Por fim, gera um novo impacto referente ao trabalho e entulho gerado na demolição do mesmo elemento construtivo.

Observou-se, portanto, que de todos os elementos construtivos alterados pela customização, aproximadamente 20% geraram atividades de demolição. De acordo com o gráfico 3, os elementos construtivos que mais geraram entulho e retrabalho foram as paredes e painéis.

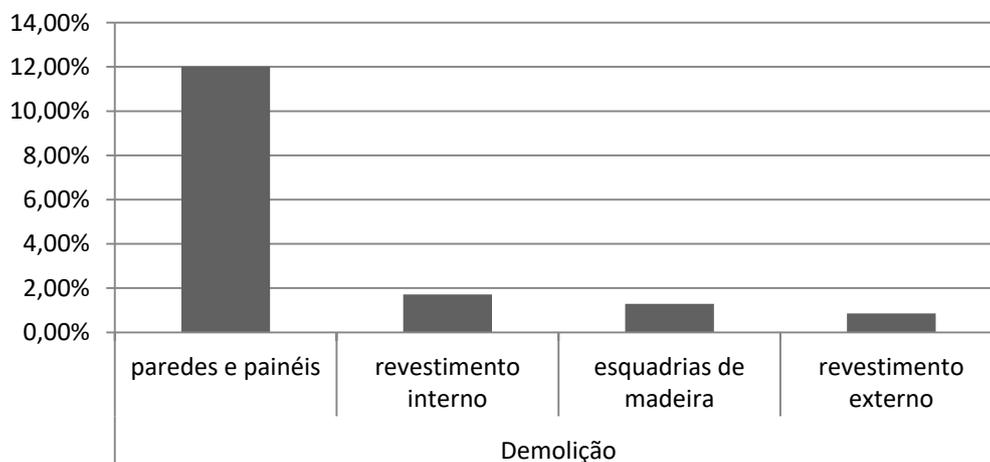


Gráfico 3: Elementos construtivos associados à demolição. Fonte: elaborado pelos Autores (2019).

A demolição de paredes e painéis representa pelo menos 70% das demolições e 12% das atividades geradas pela alteração de elementos devido às alterações. Isto se deve à indefinição dos projetos de customização da unidade habitacional em estágios avançados da obra.

4.3 Pontos críticos na gestão das customizações

Boa parte dos transtornos causados pela customização está relacionada com problemas na sincronia da alteração da unidade habitacional com a programação da obra, atendimento às restrições técnicas e normativas das propostas, e também, com os custos gerados. Porém, nota-se que estes problemas são exacerbados com falhas de comunicação e esclarecimento sobre a customização da unidade habitacional desde a venda a finalização da customização. Seguem os problemas detectados mais relevantes:

- Vendas – corretores não conhecem procedimentos executivos, falta de orientação ao cliente, indefinição das atribuições em relação à customização, falta de coerência dos profissionais frente ao processo de customização;
- Registro de alteração no apartamento – dúvidas sobre preenchimento e encaminhamento de documentos e preenchimento incompleto ou inadequado;
- Cronograma da obra – atrasos na programação de entrega das unidades habitacionais adequadamente concluídas, demolições por alterações em fases adiantadas de execução, paralizações por alterações em fases adiantadas de execução;
- Projetos e documentos executivos – Projetos incompatíveis e inexecutáveis; projetos incompreensíveis com informações inconsistentes; falta de memorial ou memorial inadequado; quantitativos não entregues ou inadequados; problemas na execução; atrasos na execução; inconsistência da proposta de alteração;
- Execução da intervenção – desistência por custos elevados não previstos; mudança na proposta de alteração e desistência sem devida comunicação.

5. Considerações Finais

O modelo de customização que as construtoras e incorporadoras mais se aproximam para a construção de edifício multifamiliar na região de Criciúma, é a customização por trabalhos adicionais. O propósito é, portanto, fazer a customização de um produto padrão assim que o cliente fechar o negócio. Neste caso, a customização de unidades habitacionais deve fazer parte do processo construtivo deste produto.

No entanto, ainda é tratada como uma atividade paralela à programação da obra. Nota-se que as customizações são executadas de forma alheia à programação. Ocorrem diversas falhas na comunicação e a própria compreensão geral sobre este serviço oferecido por parte dos agentes envolvidos. Além disto, há carência de documentação apropriada e problema relacionado à incorporação deste serviço na programação da obra. A consequência disto são os desperdícios de material e mão-de-obra, se transformando em um óbvio impacto no processo de execução do edifício.

Portanto, a identificação dos elementos construtivos que mais sofrem alteração pode ser uma informação valiosa para a programação da obra. Deste modo, podem tratar a customização das unidades como um processo dinâmico, abrindo um leque de alterações

para proprietários que vão adquirindo as unidades em etapas iniciais da construção. Estas opções vão se restringindo à medida que a obra vai atingindo etapas mais avançadas.

Neste caso, a customização pode servir como um atrativo para acelerar a decisão para o fechamento de negócio por parte de um cliente sem produzir um impacto significativo na programação da obra.

Referências

ARAÚJO FILHO, J.T. A gestão de suprimentos e a customização. In: sessão Compras e Suprimentos. Revista Digital AEC Web, 2014. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/cc/a-gestao-de-suprimentos-e-a-Customizacao_4861> Acesso em: mai. 2017.

BRANDÃO, D.Q. Diversidade e Potencial de Flexibilidade de Arranjos Espaciais de Apartamentos: Uma Análise do Produto Imobiliário no Brasil. Florianópolis, 2002. 443p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRANDÃO, D.Q.; HEINECK, L. F. M. Formas de aplicação da flexibilidade arquitetônica em projetos de edifícios residenciais multifamiliares. In: Encontro nacional de Engenharia de Produção, 17, Gramado. Anais... Gramado: ABEPRO, PPGEP/UFSC, 1997.

BRANDÃO, D.Q.; HEINECK, L. F. M. Estratégias de flexibilização de projetos residenciais iniciadas na década de 1990 no Brasil: tão somente um recurso mercadológico? Ambiente Construído, Porto Alegre, v.7, n.4, p.71-87, 2007.

CARVALHO, H. A. Roteiro de análise do impacto das modificações de projeto na programação de obras de edificações residenciais mistas. Dissertação (Mestrado) – Pós-ARQ, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CARVALHO, H. A. Recomendações Para Gerenciamento das Customizações de Unidades Habitacionais para uma Empresa Incorporadora e Construtora. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Departamento de Graduação em Engenharia Civil, Escola Superior de Criciúma – ESUCRI, 2017.

CARVALHO, L. O. Análise qualitativa dos custos decorrentes da personalização de unidades habitacionais. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em : <<http://teses.eps.ufsc.br>>. Acesso em: mai. 2017.

CÍRICO, L. A. A importância do projeto no desenvolvimento de espaços das áreas privativas dos apartamentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. Anais...: Foz do Iguaçu, ANTAC, 2002. Disponível em : <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido>>. Acesso em: 12 ago. 2005.

DARÉ, M. E. Custos e Orçamentos. Programa de graduação em Engenharia Civil da ESUCRI. Turma: 2013. Criciúmas, 2017.

DIAS, L.J.F.; SILVA, N.T. DA; BRANDSTETTER, M.C.G.O. A Estratégia De Flexibilização De Projetos Na Construção E Seus Impactos Na Gestão. anais: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Fortaleza, 2015.

FALCONI, T. M. A.; BRANDÃO, D. Q. Análise do processo de personalização de projetos de apartamentos na etapa de construção: estudo de caso. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 71-95, jul./dez. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i2.75740>> Acesso em: mai. 2017.

FERREIRA FILHO, J.V.; MAGALHÃES, L. N. Estudo de alterações em projetos civis em fase de execução. Construindo, Belo Horizonte, v.3, n.2, p.32-36, jul./dez. 2011. Disponível em:< <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/1756>> Acesso em: 20 ago. 2014.

FRUTOS, J. D. Desenvolvimento de um Sistema de Informação para a Interação Ágil entre Clientes e Empresas Incorporadoras e Construtoras de Condomínios Residenciais. 2000. 152p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Administração), Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

KERZNER, H. Gestão de Projetos – As melhores práticas. Porto Alegre, 2017. Disponível em:< <https://books.google.com.br/books?id=qZFRDQAAQBAJ&pg=PA532&dq=restri%C3%A7%C3%A3o+tripla+pmi&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjB-Lnxxo3XAhWBIpAKHS4zDRMQ6AEIWDAl#v=onepage&q=restri%C3%A7%C3%A3o%20tripla%20pmi&f=false>> Acesso em: 01 jul. 2017.

MAYR, L. R. Falha de projeto e erros de execução: uma questão de comunicação. 2000. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MAYR, L. R. Modelo da participação do cliente na produção de edificações por encomenda. 2007. Tese (Doutorado) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MILAZZO, D. 2011. Cidades de porte médio atraem mais imigrantes e crescem mais que capitais, diz IBGE. UOL Notícias no Rio de Janeiro, 2011 Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2011/07/15/cidades-de-porte-medio-atraem-mais-imigrantes-e-crescem-mais-que-capitais-diz-ibge.htm?cmpid=copiaecola>> Acesso em: 10 jan. 2019.

OXFORD. *The Oxford American Desk Dictionary And Thesaurus. 2nd Edition. Oxford University Press, Inc.* New York, 2001.

SANTANA, C. L.; OLIVEIRA, D. N. S.; MEIRA, A. R. Personalização de imóveis verticais residenciais: um estudo exploratório em construtoras da cidade de João Pessoa. 2007. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2, João Pessoa. Anais. João Pessoa, 2007.

TILLMAN, P.A.; FORMOSO, C.T. Táticas De Customização Em Massa Para A Produção Habitacional Brasileira: Um Estudo De Caso. anais: XII ENTAC. Fortaleza, 2008.

YAMAMOTO, K. L. Apartamentos sob medida. Arquitetura & Construção Arquitetura & Construção, p.119-122, abr. 2001.

O uso de contêineres para a construção de uma residência unifamiliar: estudo de caso de um anteprojeto

The use of containers for the construction of a single family dwelling: a case study of a preliminary project

Flávio Darós Fujihara, Centro Universitário de Brusque - UNIFEBE

flaviofujihara@hotmail.com

Tamily Roedel, Ma., Centro Universitário de Brusque - UNIFEBE

tamily.roedel@unifebe.edu.br

Resumo

Na atualidade, a construção sustentável tem sido foco devido à preocupação global em relação ao meio ambiente. Considerando o menor impacto ambiental, a redução do desperdício de materiais e uma grande preocupação com os recursos naturais disponíveis, a constante busca por diferentes métodos construtivos tem levado o mercado da construção civil a se reinventar. Este trabalho tem como objetivo geral demonstrar o uso de contêineres na construção de residências unifamiliares. A pesquisa teve uma abordagem qualitativa, método exploratório e descritivo, tipo de pesquisa bibliográfico e de estudo de caso. Após realizada a revisão bibliográfica, com o intuito de suprir a escassa bibliografia sobre o conceito, foram realizadas entrevistas com profissionais responsáveis na área e visitas exploratórias para obtenção de informações. A execução do projeto deve levar em consideração as propriedades da matéria-prima da construção, o contêiner, pois em muitos aspectos como na fundação, parte estrutural e revestimentos, este difere da construção em alvenaria.

Palavras-chave: Construção Civil; Contêiner; Sustentabilidade ambiental.

Abstract

At present, sustainable construction has been a focus due to the global concern about the environment. Considering the lower environmental impact, the reduction of waste of materials and a great concern with the natural resources available, the constant search for different constructive methods has led the construction market to reinvent itself. This work has as general objective to demonstrate the use of containers in the construction of single family homes. The research had a qualitative approach, exploratory and descriptive method, type of bibliographic research and case study. After the bibliographical review, in order to supply the scarce bibliography about the concept, interviews with professionals in the area and exploratory visits were carried out to obtain information. The execution of the project should take into account the properties of the raw material of the construction, the container, because in many respects as in the foundation, structural part and coatings, this differs from the construction in masonry.

Keywords: *Construction; Container; Environmental Sustainability.*

1. Introdução

O contêiner é um reservatório que é usado para o transporte e/ou armazenamento de produtos (DICIO, 2018). Ele é “modular, móvel, transportável, forte, empilhável, leve, barato, produzido em massa e com grande disponibilidade” (KOTNIK, 2008, p. 28).

Tal renovação em tão pouco tempo, gera muitos contêineres abandonados em portos ao redor do mundo. Alguns, mesmo em perfeitas condições, são deixados de lado após o uso, pois custa mais caro mandá-los de volta para o local de origem do que comprar outros novos. (MENDES, 1984).

Uma das práticas sustentáveis que está em crescimento, é o aproveitamento de contêineres marítimos na construção civil. Atualmente empregados como opção de arquitetura sustentável, eles são estruturas que apresentam a possibilidade de serem recicláveis e reutilizáveis.

O contêiner permite a ampliação, redução e transporte de toda a edificação. Esta técnica atende às ações necessárias ao desenvolvimento sustentável, contribuindo com o meio ambiente, pois conserva recursos naturais que seriam extraídos, promove a reutilização de materiais de qualidade que seriam descartados, reduz etapas construtivas, e consequentemente proporciona a redução de resíduos gerados e o tempo de obra. (BUORO, 2015).

Este trabalho tem como objetivo geral demonstrar o uso de contêineres na construção de residências unifamiliares. E como objetivos específicos apresentar as normas técnicas e a legislação pertinente ao uso de contêineres na construção civil; descrever as vantagens e desvantagens do uso de contêineres na construção civil; e realizar e propor um anteprojeto uma residência unifamiliar usando módulos de contêineres.

A constante busca por diferentes métodos construtivos tem levado o mercado da construção civil a se reinventar. Novas tecnologias estão sendo implantadas, considerando o menor impacto ambiental e a redução do desperdício de materiais. Neste sentido, o uso de contêineres marítimos na construção civil é um desafio, não somente na parte técnica, mas também na da aceitação da população.

O reaproveitamento de contêineres marítimos para as edificações, é dar um destino ecologicamente correto aos mesmos. Para Tissei et al. (2017), além da reutilização desses contêineres, ele também aplica diretamente sobre o problema de resíduos de obras civis, devido a substituição de materiais para a construção, pois elimina o alto consumo de cimento e tijolos. Ou seja, diminui-se em grande quantidade o número de caçambas e Resíduos da Construção e Demolição - RCD's produzidos.

2. Fundamentação teórica

Os contêineres são o principal fator para o transporte de mercadorias, que possibilita a movimentação por navios, trens, caminhões e até aviões. Eles representam uma grande parcela no mercado de exportação e importação no Brasil e no mundo. (ANTAQ, 2018).

A ISO 830/1999 que trata dos contentores de carga, define contêiner de carga como:

- a) de carácter permanente e suficientemente forte para ser adequado para uso repetido;
- b) especialmente projetado para facilitar o transporte de mercadorias por um ou mais modos de transporte, sem recarga intermediária;
- c) equipado com dispositivos que permitam o seu manuseamento imediato, em particular a sua transferência de um modo de transporte para outro;
- d) concebido de modo a ser fácil de encher e esvaziar;
- e) ter um volume interno de pelo menos 1 m³ (35,3 pés³)” (ISO, 1999, p. 4).

Existem diversos tipos de contêineres desde os mais usuais e comuns até os mais variados e distintos, cada um com características específicas e utilidade própria. O pioneiro e mais comum dos contêineres é o tipo *Standard* ou *Dry*. Ele foi o primeiro a ser criado com a finalidade de transporte de cargas secas em geral, se adéqua a todo tipo de carga (COELHO, 2011). Com as mesmas características o *Standard*, o contêiner *High Cube* tem o diferencial de ter a altura maior em relação ao *Dry* de 40 pés (ISO 668, 2018). A principal característica do modelo *Open Top* é a presença de um teto aberto. Ele é encontrado nos tamanhos de 20 e 40 pés, e é utilizado para o transporte de materiais com tamanhos irregulares, máquinas ou de grande dificuldade de manejo para colocá-los pela porta do contêiner, que então será realizado pelo teto, geralmente com ajuda de um guindaste (MENDES, 1984). O *Reefer* tem as mesmas características do contêiner *Standard*, porém é um contêiner equipado com isolamento térmico. O *Tank* ou tanque é adequado para o transporte de líquidos em granel seja eles consumíveis como sucos, bebidas, substâncias tóxicas, inflamáveis e até gases. Pouco conhecido mundialmente, porém muito usado no Brasil, o contêiner *Bulk* é utilizado para carga de grãos em granel, como soja e milho. Ele é caracterizado por apresentar uma abertura na lateral e possuir escotilhas no teto.

A escolha do contêiner para utilizar em uma edificação é mais importante do que parece. Para Castilho e Ikegami (2015), toda a parte de escolha e aquisição do contêiner é de suma importância para oferecer uma maior segurança ao proprietário. Uma das condições obrigatórias da área é certificar que todos os contêineres estão nacionalizados, tendo em vista que irão ser modificados e perderão suas características originais. Existem documentos que comprovam esta situação, que são eles: a licença de importação - LI e o documento de importação - DI. Nestes documentos consta a numeração de identificação do contêiner, numeração no qual deverá também constar na placa de identificação CSC - *Container Safety Covention* e nas demais marcações ao redor do container.

Existem também outros aspectos que precisam serem verificados como a procedência e a integridade física do contêiner. Segundo Castilho e Ikegami (2015), verificar a procedência do contêiner é essencial para evitar riscos biológicos e radioativos. Como é impossível verificar todos os materiais que o contêiner transportou, opta-se pelo uso de inspetores qualificados para elaborarem laudos para dar a garantia de que os contêineres não oferecem riscos à saúde. Já o Grupo Miranda (2015) também lembra que se deve observar muito bem todos os elementos estruturais do contêiner a procura de amassados, corrosões e outros elementos que influenciem no contêiner.

O Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção - CIB estabelece a construção sustentável como “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia

entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (PLESSIS, 2002, p. 8). Segundo Costa et al. (2013) este modelo de construção reúne um conjunto de práticas que adota soluções eficientes; que utiliza materiais que na sua produção geram poucos impactos ambientais ou que sejam reciclados, ou recicláveis juntamente com técnicas que garantam uma melhor gestão dos recursos naturais.

3. Materiais e métodos

A pesquisa teve uma abordagem qualitativa, método exploratório e descritivo, e tipo de pesquisa bibliográfico e de estudo de caso.

A pesquisa qualitativa se diferencia da quantitativa de acordo com a forma de abordagem de uma realidade e da maneira pela qual os dados são coletados, tratados e analisados (RICHARDSON, 2008). Preocupa-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados e se sintetizando na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais. Possui a característica de sistematizar a descrição, a compreensão e a explicação buscando resultados mais autênticos possíveis (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para Hair Júnior (2005), o método exploratório é útil quando o responsável pela pesquisa dispõe de pouca informação sobre o objeto a ser pesquisado, ela abre a uma janela para novas percepções, possibilitando desenvolver situações bem-sucedidas de maneira mais sistemática. Na abordagem descritiva, Richardson (2008) descreve que não pode haver interferência do pesquisador. O pesquisador deverá apenas desvendar como se estrutura e desenvolve um sistema, mecanismo, processo ou sistema operacional.

Para Gil (2010) a pesquisa bibliográfica está baseada em todo o material impresso, como livros, jornais, teses, dissertações, etc. Porém, devido aos tempos atuais e as novas formas de informações, passaram a incluir meios digitais como CD's e materiais de internet.

O estudo de caso

visa conhecer em profundidade o seu “como” e os seus “porquês”, evidenciando a sua unidade e identidade próprias. É uma investigação que se assume como particularista, isto é, que se debruça deliberadamente sobre uma situação específica que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir a que há nela de mais essencial e característico. O fato de selecionarmos somente um objeto permite obter a seu respeito, uma grande quantidade de informações. (FONSECA, 2002, p. 33).

Os dados da pesquisa de levantamento para a elaboração do presente trabalho foram coletados na forma de entrevistas semi-estruturadas mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE. Os dados foram coletados junto a empresa catarinense Porto Container, localizada na Rodovia Antônio Heil, Área A – Nº 5300 - Itaipava, Itajaí - SC.

Foi realizado junto ao engenheiro da Prefeitura Municipal de Nova Trento - SC, uma consulta prévia de viabilidade.

Para auxílio da execução do anteprojeto foram utilizados *softwares* como o AutoCad, SketchUp e Microsoft Office.

4 Resultados e discussão

Este tópico está dividido em legislação, vantagens e desvantagens do método construtivo e a apresentação do anteprojeto.

4.1 Legislação

No plano diretor da cidade no qual será a proposta o anteprojeto, Nova Trento - SC, não consta nenhuma informação referente ao uso do contêiner para a construção civil. Em conversa com o engenheiro responsável da prefeitura, ele relata que ainda não há artigos específicos referentes a tal método construtivo, tendo somente que seguir o Código de Obras - Lei Municipal nº 1738/2000, Plano Diretor - Lei Complementar Municipal nº 266/2009 e demais legislações ambientais. Conforme uma consulta de viabilidade realizada, o engenheiro destaca alguns índices urbanísticos para o zoneamento Zona Urbana Central, onde se encontra o lote. Sendo o nº de pavimentos máx.: 12 (doze); recuo frontal: 3,5 metros; recuo lateral / fundos: 1,5m + (h/18); tamanho mínimo do lote: 300,00 m²; testada mínima do lote: 12,00 m; e taxa e ocupação: 85%.

Em consulta ao catálogo de normas vigentes da ABNT, não foi encontrado nenhuma norma referente ao método construtivo, somente para a utilização do equipamento para transporte.

4.2 Vantagens e desvantagens

O gerente da empresa Porto Container cita algumas particularidades. Ele afirma que o contêiner marítimo tem em média, uma vida útil de 90 a 100 anos, porém para o transporte marítimo é permitido somente 8 anos de vida útil. Projetado para resistir a fatores de diversas intempéries e carregar grandes e pesadas cargas, devido à baixa vida útil para transporte, existe uma grande demanda de fabricação de novos contêineres, criando uma grande quantidade de equipamentos sem uso.

A reutilização de contêineres descartados pela indústria de transportes proporciona a economia de recursos naturais na construção civil convencional, pois o contêiner possui uma estrutura própria como vigas, pilares e cobertura. A não utilização desses materiais também resulta em uma obra mais limpa, organizada, com a redução de resíduos sólidos.

Por serem modulares, os contêineres possuem uma grande flexibilidade construtiva, devido a suas dimensões padronizadas. Permitem uma rápida montagem e desmontagem, reduzindo significativamente o tempo de execução de uma obra, também possibilitando a execução de reformas e ampliações. A modulação dos contêineres também possibilita o empilhamento dos mesmos para melhor aproveitamento do espaço, além de também poder ser utilizados em balanço sem colunas de sustentação e até na posição vertical, de acordo como o projeto.

Por serem elementos leves, também podem ser facilmente transportados para outro espaço. Obras de terraplanagem também são dispensáveis, sendo possível a adequação do projeto de acordo com a topografia existente do terreno.

Outra parte construtiva que é diretamente afetada com o peso do contêiner é a infraestrutura da edificação. Como são elementos leves, não são necessárias grandes fundações, tornando a obra mais barata, rápida e de fácil execução.

Dentro das principais desvantagens, a conformo térmico e acústico são um grande problema no método construtivo, como já abordado anteriormente. Por ser um ótimo condutor térmico e ter baixa capacidade de isolamento acústico, torna-se imprescindível o uso de materiais isolantes de boa qualidade para um melhor conforto no interior das edificações. Além do material no qual é feito o contêiner, seu pé direito baixo também implica na déficit de conforto térmico, bem como um desconforto físico devido ao espaço limitado. Tais adversidades também demandam uma boa execução do projeto arquitetônico, com aberturas de portas e janelas de uma forma inteligente para proporcionar a sensação de ambientes maiores e com ventilação cruzada.

A escolha do contêiner é muito importante para garantir que não existam problemas futuros. Exigir toda a documentação do objeto no ato da compra é essencial, bem como a garantia que o contêiner não esteja contaminado devido a mercadorias transportadas anteriormente.

Por serem artefatos grandes, é necessário o auxílio de maquinário para o transporte e movimentação. Tal situação acarreta na necessidade de espaço para manobras dos equipamentos no terreno em questão.

Com a introdução recente do método construtivo no mercado, a ausência de normas específicas para as edificações com contêineres deixa o assunto muito vago quando se trata de legislação.

No Quadro 1 é apresentado um breve comparativo entre a construção com contêiner e alvenaria.

	Contêiner	Alvenaria
Tempo de execução	Grande rapidez na construção e montagem.	Longo tempo de construção, tempo de cura de concreto, sujeito a intempéries.
Resíduos de construção	Economia de recursos naturais, obra sem produção de entulho.	Gera grande desperdício de material, produz grande quantidade de entulho.
Mão de obra	Necessita mão de obra especializada em certas etapas da construção.	Mão de obra comum, muito presente no mercado atual.
Isolamentos	Tratamentos térmicos e acústicos necessários.	Não necessidade cuidados especiais em isolamentos.

Quadro 1: Comparação entre construção com contêiner e alvenaria. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.3 Apresentação da proposta do anteprojeto

O anteprojeto consiste em um estudo preparatório de um projeto. O anteprojeto se delimita a uma residência unifamiliar para atender uma família de um casal e um filho, de classe média, utilizando como base a utilização de contêineres reciclados para a construção. O terreno para o qual será desenvolvido o anteprojeto residencial localiza-se no município de Nova Trento, em Santa Catarina.

Inscrito na matrícula 13.461, o terreno localiza-se na Rua Maestro Virgílio Tomasi, bairro Besenello. Contando com 13,50 m frente e 31,80 de profundidade, o terreno tem área de 429,30 m² (conforme levantamento planimétrico), sendo deste a possível ocupação de 364,90 m² do lote, conforme as leis municipais.

A proposta é de uma residência unifamiliar de 2 pavimentos com ampla área externa. Para realização do projeto, foram utilizados 4 contêineres de 40 pés e 1 de 20 pés. A disposição dos mesmos se dará por 2 contêineres de 40 pés e 1 de 20 pés no térreo e os 2 contêineres de 40 pés restantes completarão o pavimento superior. Respeitando os critérios estabelecidos na consulta de viabilidade, a locação da edificação no terreno se dará conforme Figura 1.

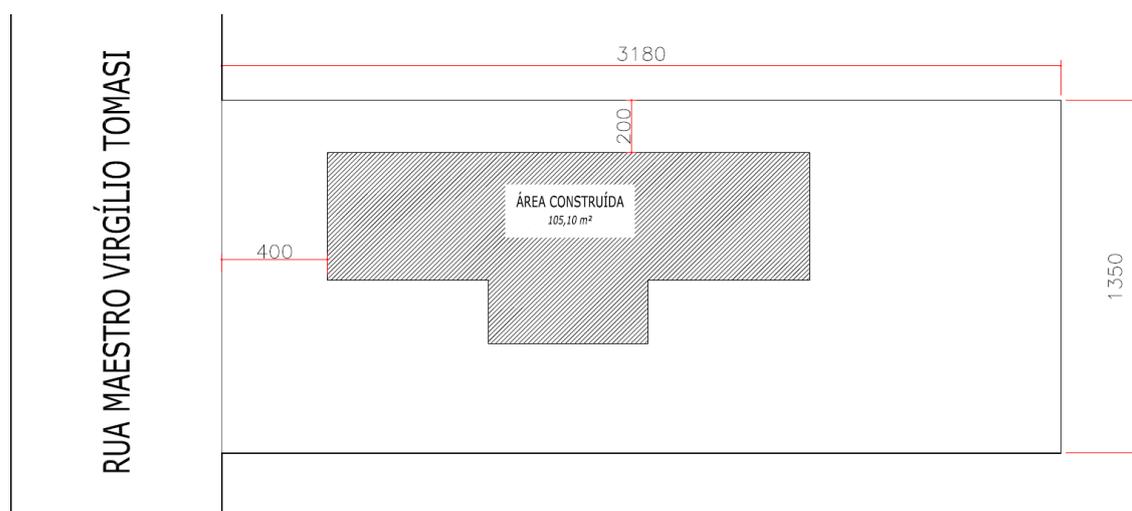


Figura 1: Mapa de locação da edificação. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A edificação contará no pavimento térreo com cozinha integrada com sala de estar e jantar, um banheiro e uma área de serviço. No primeiro pavimento, foi proposta 2 suítes, uma área para escritório e um amplo terraço. A escada para acesso ao pavimento superior será interna. A Figura 2 apresenta a planta baixa de tal disposição dos pavimentos. Para uma melhor ilustração do anteprojeto, além da planta baixa foi realizado o projeto arquitetônico em 3D, com a utilização do *software* SketchUp, conforme as Figuras 3, 4 e 5.

PAVIMENTO TERREO



PAVIMENTO SUPERIOR

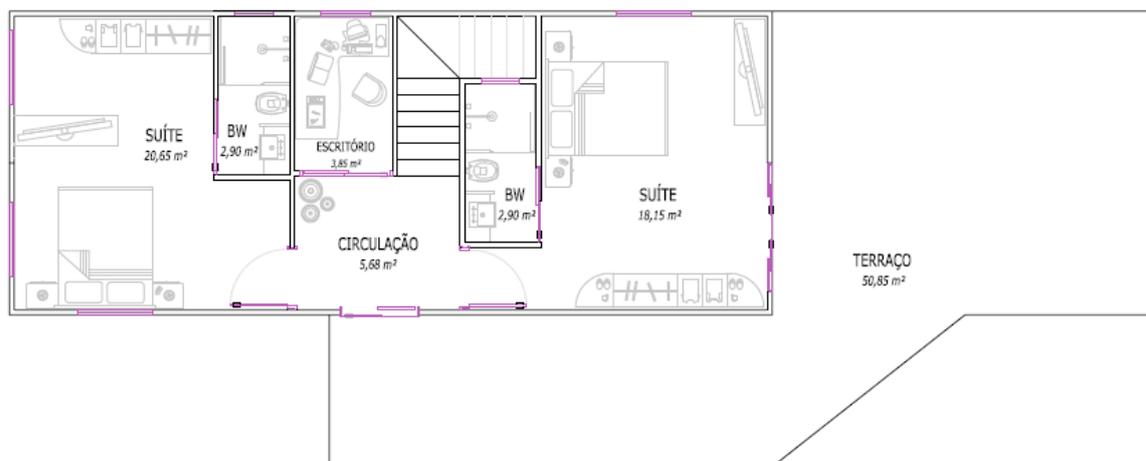


Figura 2: Planta baixa da edificação. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).



Figura 3: Projeto arquitetônico em 3D da proposta. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).



Figura 4: Projeto arquitetônico em 3D da proposta. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).



Figura 5: Projeto arquitetônico em 3D da proposta. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Se diferenciando da construção em alvenaria, as edificações feita com contêineres tem suas particularidades construtivas. Segue abaixo um breve detalhamento das escolhas para o projeto apresentado:

- Cobertura: para realizar a cobertura, foi escolhido o telhado verde. Agregando a sustentabilidade, o telhado verde garante um bom isolamento térmico do teto. O telhado também conta com painéis solares que reduzem o consumo de energia elétrica.

- Divisórias internas: todas as divisórias internas serão feitas com o sistema de *drywall*. Facilitando a instalação do sistema elétrico, hidráulico e sanitário, o *drywall* é um sistema leve e de fácil instalação.
- Revestimento interno: os revestimentos internos serão dispostos de acordo com cada cômodo. Nas suítes será aplicado gesso. Na cozinha, banheiros e na área de serviço, foi escolhido o azulejo.
- Pavimentos: os pavimentos de edificações com contêiner podem ser dispostos de acordo com o gosto de cada cliente. Para esta edificação, o pavimento térreo será o pavimento original do contêiner, que é composto de madeira devidamente tratada para a utilização. No pavimento superior e nos banheiros será aplicado porcelanato.
- Isolamento térmico e acústico: para o isolamento térmico e acústico que é um dos principais problemas da construção com contêineres, será utilizado a lã de vidro, que já é muito utilizado na construção civil, sendo um dos isolantes mais comuns no mercado.
- Recortes nos contêineres: os recortes para aberturas e esquadrias serão feitos com auxílio de lixadeiras com disco de corte conforme o previsto no projeto. Após o corte é feito o reparo das aparas.
- União entre contêineres: a união entre os contêineres do projeto será realizada no local, por meio de soldas do tipo MIG - *Metal Inert Gas*.
- Revestimento externo: para o revestimento externo é recomendado a pintura com tinta isolante térmica.
- Instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias: as instalações serão feitas embutidas nas divisórias e placas de *drywall*.

5 Considerações finais

Este trabalho atingiu o objetivo geral, que era realizar o estudo sobre a construção de residências unifamiliares com contêineres, um novo método construtivo que está surgindo no mercado atual. Com uma solução sustentável para o reaproveitamento de contêineres, tal método construtivo demonstrou-se muito versátil e interessante.

Os objetivos específicos delineados na introdução auxiliaram na conclusão do objetivo geral. O primeiro objetivo específico foi verificar as normas técnicas e a legislação pertinente ao uso de contêineres na construção civil, que em contato com engenheiros do ramo e busca em diversos catálogos da ABNT e outras, estas não foram encontradas.

O segundo objetivo específico foi descrever as vantagens e desvantagens do uso de contêineres na construção civil. Inicialmente fazendo uma análise em campo durante as visitas técnicas, foram descritas as vantagens e desvantagens em relação as construções de alvenarias.

O terceiro objetivo específico foi realizar e propor um anteprojeto uma residência unifamiliar usando módulos de contêineres. Conforme entrevistas, pesquisas e a visita técnicas sobre o assunto, entender o funcionamento do método construtivo foi essencial para realizar o anteprojeto. Diferentemente da alvenaria em diversos aspectos como a fundação, parte estrutural, revestimentos, cobertura e etc., a execução do projeto deve atentar as propriedades da matéria-prima da construção, o contêiner.

Entre as dificuldades apresentadas na elaboração deste trabalho, destacam principalmente a falta de informações bibliográficas sobre o assunto. Por ser um método construtivo que está se inserindo no mercado pouco a pouco no decorrer dos anos, ainda não há muitos estudos sobre o assunto. Acredita-se que existe uma resistência da sociedade aceitar o método construtivo para concepção de residências unifamiliares, sejam eles por motivos técnicos ou por pessoais. Quebrar esse paradigma mostrando que é possível realizar uma edificação com contêineres é essencial para a aceitação popular do método construtivo, bem como a atração de novos pesquisadores para área.

Referências

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Movimentação de carga no setor portuário cresce 8,3%**. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/index.php/2018/02/15/movimentacao-de-carga-no-setor-portuario-cresce-83/>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

BUORO, Anarrita Bueno. Reuso de containers marítimos na construção civil. **Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, São Paulo, v. 05. n. 3, p.101-118, dez. 2015.

CASTILHO, Pablo; IKEGAMI, Tatiana Fuzeto. **Como escolher um contêiner para sua casa**. 2015. Disponível em: <<http://minhacasacontainer.com/2015/04/30/como-escolher-um-container-para-sua-casa/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

COELHO, Wagner Antonio. **Contêiner: aspectos históricos e jurídicos**. Itajaí: Univali, 2011. 190 p.

COSTA, J. J.; et al. **Sustentabilidade na Administração Pública** (Curso de capacitação). Brasília: Ed. Solar, 2013. 98 p.

DICIO - DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS. **Significado de Contêiner**. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/container/>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UECE – Universidade Estadual Do Ceará, 2002. 127 p.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

GRUPO MIRANDA. **5 Dicas Para Adquirir um Container**. Disponível em: <<https://mirandacontainer.com.br/5-dicas-para-adquirir-um-container-2-mais-importante/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

HAIR JÚNIOR, Joseph F. et al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 471p.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 668**: Series 1 freight containers - Classification, dimensions and ratings, 2013. Disponível em: <<https://www.sis.se/api/document/preview/916460/>>. Acesso em 12 mai. 2018.

_____. **ISO 830**: Freight containers — Vocabulary, 1999. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:830:en>>. Acesso em 12 mai. 2018.

KOTNIK, Jure. **Container Architecture: This Book Contains 6441 Containers**. Barcelona/Espanha: Links International, 2008. 244 p.

MENDES, Carlos Pimentel. **Contêiner, container, contentor, contenedor...** 1984 Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/porto/conteinm.htm>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

NOVA TRENTO. **Lei nº 1.738** - Institui o código de obras do município de Nova Trento e dá outras providências. 29.12.2000. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/sc/n/nova-trento/lei-ordinaria/2000/174/1738/lei-ordinaria-n-1738-2000-institui-o-codigo-de-obras-do-municipio-de-nova-trento-e-da-outras-providencias?q=1738>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

PLESSIS, Chrisna du. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**: A discussion document. Pretória: CSIR Building and Construction Technology, 2002. 91 p.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2008. 334 p.

TISSEI et al. Processo BIM em edificação de containers reaproveitados. **Revista Mix Sustentável**, Florianópolis, v.3, n. 2, p. 101-107, mai. 2017.

A importância da eficiência no uso da água para a viabilidade técnica e econômica de edifícios comerciais Net Zero Água

The importance of efficiency in the use of water for technical and economical feasibility of commercial buildings Net Zero Water

Luitanara Mamede Dias, Especialista em Arquitetura Sustentável, PUCPR.

luitanara.arq@gmail.com

Guido Petinelli, Orientador, Sócio-diretor, LEED Fellow, Petinelli Inc.

guido@petinelli.com

João Vitor Gallo, Orientador, Engenheiro Ambiental, LEED AP BD+C, Petinelli Inc.

joao.vitor@petinelli.com

Resumo

Em resposta à falta de água e de saneamento básico que atinge regiões no Brasil e no mundo, os edifícios Net Zero Água surgem para minimizar o impacto no meio ambiente com a não utilização de água da rede local. O estudo analisou o consumo de água de um edifício com três vazões de metais e louças: Padrão de Mercado, LEED e Eficiente em duas cidades com precipitações distintas a fim de se comprovar a viabilidade de um edifício comercial para se tornar Net Zero Água. A pesquisa contemplou a revisão de edifícios eficientes, edifício de estudo, área de captação de água, precipitação e consumo de água. Demonstrou-se que um edifício eficiente não custa mais que o tradicional e se comprovou que a eficiência no uso da água viabiliza a execução de edificações com autossuficiência hídrica sendo peça chave para a viabilidade técnica e econômica de empreendimentos Net Zero Água.

Palavras-chave: Eficiência no uso da água; Autossuficiência hídrica; Net Zero Água; Água.

Abstract

In response to the lack of water and basic sanitation that reaches regions in Brazil and the world, Net Zero Water buildings arise to minimize the impact on the environment by not using water from the local network. The study analyzed the water consumption of a building with three volumes of metals and dishes: Market Standard, LEED and Efficient in two cities with different precipitations in order to prove the viability of a commercial building to become Net Zero Water. The research



included the review of efficient buildings, study building, water catchment area, precipitation and water consumption. It has been demonstrated that an efficient building costs no more than the traditional one and it has been proven that the efficiency in the use of the water enables the execution of buildings with water self-sufficiency being the key piece for the technical and economic viability of Net Zero Water projects.

Keywords: *Water use efficiency; Water self-sufficiency; Net Zero Water; Water.*

1. Introdução

A escassez de água é um problema que afeta todo o mundo. Estima-se que dois bilhões de pessoas não têm acesso ao abastecimento de água se considerado 20 litros por pessoa por dia até um quilômetro de distância. Essas fontes incluem ligações domésticas, redes públicas, poços e coleta de águas pluviais. As causas para a falta de abastecimento de água incluem o uso inadequado devido à sua degradação através da poluição e exploração das reservas de águas subterrâneas. (ONU, 2018).

Embora 75% do planeta Terra sejam constituídos de água, somente 3% pode ser consumida, pois a maior parte se encontra congelada - os demais 97% se referem à água salgada. O Brasil possui 12% da água doce do planeta e, no entanto, a crise hídrica também atinge o país. Várias regiões localizadas no Nordeste, por exemplo, sofrem com a seca e a falta de água. Já a água que abastece as redes de distribuição corresponde a menos de 1%.

Uma alternativa possível para a falta de água ou má distribuição seria o seu reuso já que este recurso, apesar de abundante, não é distribuído uniformemente no país. O reuso é viável através do tratamento de esgotos e dos efluentes domésticos. Outra alternativa seria o aumento do preço da água para que o seu custo financeiro seja valorizado. A utilização de tecnologias visando à economia de água seria uma oportunidade para a elevação da produtividade hídrica. Se o preço da água for mais alto que o seu valor, a mudança será mais rápida (CETESB, 2016).

Em paralelo, devido ao intenso processo de expansão urbana, diversos problemas têm sido ocasionados à população, dentre eles a falta de saneamento básico. Cerca de 4,5 bilhões de pessoas no mundo – mais da metade da população global atual de 7,6 bilhões de habitantes - não têm acesso ao saneamento básico. No Brasil 43%, quase metade da população, vive em cidades sem rede de tratamento de esgoto e a desigualdade na distribuição é notável. Enquanto na região Norte cerca de 90% dos brasileiros vivem sem saneamento básico, no Sudeste essa parcela da população representa 17%, o menor número em todo o país (EBBESEN, 2018).

2. Net zero água: uma resposta ao problema?

O aumento populacional somado à demanda por habitação e escassez de água exige a criação de alternativas para reduzir o impacto da população no meio ambiente decorrente da elevação do consumo de água e da geração de esgoto. Uma das soluções são os edifícios eficientes ou autossuficientes que atingem de maneira mínima o seu entorno ao utilizar de forma reduzida os recursos naturais, dentre eles, a água.

Um exemplo deste tipo de edificação são os empreendimentos Net Zero Água que não consomem água da rede de abastecimento para o seu funcionamento. Esse tipo de construção responde à falta de água e de saneamento básico com a utilização da chuva como fonte de água potável e trata os seus efluentes através de estações de tratamento. Trata-se de um empreendimento desconectado da rede e independente (PETINELLI, 2018). Pode-se citar o edifício Bullit Center, localizado em Seattle, nos Estados Unidos que possui 4.600 metros quadrados e seis pavimentos. É considerado o empreendimento

mais sustentável do mundo em razão do recebimento, pelo Living Building, da mais importante certificação de sustentabilidade.

O edifício atingiu todas as categorias (pétalas) no que se referem a: lugar, energia, saúde, materiais, equidade, beleza, com destaque para a água. Algumas das técnicas utilizadas foram as descargas dos sanitários que só requerem duas colheres de água devido ao funcionamento com sabão orgânico, assim como o armazenamento e abastecimento de água proveniente da chuva, devido a uma cisterna com capacidade para 56.000 litros que está situada no porão - quantidade suficiente para enfrentar três meses de seca (INMESOL, 2015).

Atualmente, no Brasil, existem somente três empreendimentos Net Zero Água que estão localizados na cidade de Curitiba-PR, no sul do país: Eurobusiness, RAC Engenharia e Petinelli – todos os projetos estiveram sob a consultoria da empresa Petinelli. Este último está em processo para a obtenção da certificação LEED Platinum (nível mais alto de certificação fornecido pelo USGBC – *U.S. Green Building Council*). O Eurobusiness e a RAC Engenharia já possuem essa certificação. Todas as edificações possuem eficiência no uso da água e já estão em operação.

O presente artigo tem como objetivo avaliar o impacto de três tipos de vazões de metais e louças. O intuito é demonstrar a viabilidade técnica e econômica de um edifício comercial para se tornar Net Zero Água e verificar o seu comportamento em dois climas diferentes, Sul e Nordeste brasileiro, comparando os dois extremos, a fim de se manter a sua autossuficiência hídrica.

3. Metodologia

As etapas para a realização deste estudo iniciaram com uma revisão bibliográfica dos empreendimentos eficientes no Brasil e no mundo a fim de identificar os edifícios que buscam a autossuficiência hídrica bem como a apresentação dos dados técnicos do empreendimento objeto deste estudo de caso. Na sequência foram definidas as cidades em que o edifício poderia ser locado para análise da sua viabilidade técnica e econômica. Decidiu-se em manter a cidade base do edifício para que se pudesse analisar o seu comportamento quando locado em outra cidade do Brasil em que a precipitação média anual é inferior à cidade de origem.

Uma vez definido o edifício de estudo e as cidades na qual estará locado, iniciou-se o levantamento de três tipos de vazões de metais e louças, sendo o primeiro tipo o padrão de mercado que são os produtos mais comercializados na construção civil; o segundo tipo são os metais e louças com vazões de referência do LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) cujos valores podem ser obtidos no *Reference Guide for Green Building and Construction* de 2009 e, por fim, os metais e louças eficientes, ou seja, que possuem vazões inferiores aos dois padrões mencionados anteriormente e que podem ser obtidos em empresas nacionais que também fornecem equipamentos usados no padrão de mercado e LEED.

Para que se pudesse definir o consumo de água nos três tipos de vazões foi necessário levantar mais informações, como: o uso diário por equipamento, obtido no *Reference Guide for Green Building and Construction* de 2009, número de ocupantes fixos e visitantes, calculado com base na NBR 16.401-3: Instalações de ar condicionado –

sistemas centrais e unitários, parte 3: qualidade do ar interior (ABNT, 2007) e os dias de ocupação, considerado 22 dias úteis com base no horário comercial praticado nas cidades deste estudo. Para compor com os dados levantados, foi considerado, também, o volume de captação de água da chuva decorrente da precipitação média mensal dos últimos quinze anos, nas duas cidades definidas para este estudo de caso, adquirido no site do BDMEP-INMET.

Os levantamentos mencionados acima foram compilados em tabelas e gráficos para análise do comportamento dos diferentes tipos de metais e louças em relação à captação de água pluvial nos dois locais.

Como o intuito deste artigo é verificar, além da viabilidade técnica do edifício comercial em estudo, a viabilidade econômica também, levantou-se junto a fornecedores especializados no mercado o custo dos equipamentos, tanto dos metais e louças quanto dos reservatórios e estações de tratamento. E com a análise dos resultados se chegou à conclusão final deste estudo de caso.

4. Estudo de caso

Utilizou-se, como referência, um edifício comercial que está sendo construído em Porto Alegre - Rio Grande do Sul, Brasil. Possui cinco pavimentos, sendo quatro pavimentos ocupados por três salas, em cada andar, totalizando uma área de 899,21m² e área de cobertura de 298,33m². O projeto do edifício, entre outras informações, foi fornecido pela empresa Petinelli, responsável pela incorporação do empreendimento.

A edificação foi concebida como Net Zero Água, ou seja, não necessita da água da concessionária local para o seu funcionamento e está em processo de obtenção da certificação LEED Platinum. A água potável, neste edifício, é proveniente da água da chuva e a água de reuso é proveniente do tratamento in loco de todo o esgoto gerado no edifício. Optou-se em analisar, no empreendimento, o impacto no uso de metais e louças que possuem vazões dentro de três padrões: Padrão de Mercado (PM), LEED e Eficiente, em duas cidades distintas do país.

A determinação das cidades tomou como base o local em que está inserida a edificação modelo, onde a precipitação é abundante durante o ano, em média 1.500mm anual (BDMEP, 2018). Para que a análise da autossuficiência hídrica desse projeto em outra região do país fosse eficaz, optou-se em localizar este empreendimento em uma cidade com índice médio pluviométrico anual inferior ao de Porto Alegre, neste caso Parnaíba – Piauí, Brasil, com cerca de 900 mm (BDMEP, 2018) onde se notou que, através dos índices pluviométricos, o comportamento de chuva e seca é bem definido – a cidade fica metade do ano em período de estiagem.

Considerando a diversidade de climas e de precipitações no Brasil, pode-se fazer, em valores aproximados, uma relação do volume de chuva em Porto Alegre-RS com Porto, em Portugal, em que o índice pluviométrico anual médio é de 1.178 mm (CLIMATE-DATA, 2018). Enquanto a Parnaíba-PI pode ser comparada à Londres, na Inglaterra, cujo índice pluviométrico anual médio é de 700 mm (CLIMATE-DATA, 2018) com o intuito de estudar a possibilidade de construção do mesmo edifício em outro local fora da cidade e/ou país de origem com características semelhantes de precipitação.

As análises se iniciam, através da figura 1, com o levantamento do consumo de água decorrente dos seguintes fatores: usos diários por equipamento, tendo como fonte da metodologia dos cálculos o *Reference Guide for Green Building and Construction* de 2009, vazão dos equipamentos (DECA, 2018), número de ocupantes fixos e visitantes, calculados com base na NBR 16.401-3: Instalações de ar condicionado – sistemas centrais e unitários, parte 3: qualidade do ar interior (ABNT, 2007) e 22 dias úteis de ocupação, baseado no horário comercial praticado nas cidades, dentro das três vazões de equipamentos: Padrão de Mercado, LEED e Eficiente. Nota-se que a única variável é a vazão dos equipamentos que diferem nos três padrões fazendo com o que o volume do consumo de água seja significativo.

Metais e Louças	Usos por Dia		Ref. Padrão Mercado	Ref. LEED	Ref. Eficiente
	Ocupante	Visitante			
B. Sanitária Fem.	3	0,5	6	6	4
B. Sanitária Masc.	1	0,1	6	6	4,8
Mictório	2	0,4	8	3,8	0
Torn. BWC 15 seg	3	0,5	8	1,9	1,8
Chuveiro 300 seg.	0,1	0	12	9,5	6
Torn. Copa 15 seg.	1	0	14	8,3	6
Consumo Água/mês (m³)			80,74	67,40	38,11
Consumo torneiras, chuveiros (m³): Água Potável			37,51	44,47	21,83
Consumo bacias, mictórios (m³): Água de Reuso			43,23	22,93	16,28

Figura 1: Consumo de água. Fonte: elaborado pela autora. Metodologia de cálculo baseado no *Reference Guide for Green Building and Construction*, 2009.

4.1. Parâmetro para determinação do volume do reservatório inferior de água potável

De acordo com a NBR 15.527: Água da Chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos (ABNT, 2007) existem seis métodos de cálculo para dimensionamento de reservatórios inferiores: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Inglês e Australiano. De todos os métodos apresentados, optou-se pelo Método de Rippl em que são usadas as séries históricas mensais ou diárias de precipitação local. Esse método considera todo o tempo de estiagem para o cálculo do volume do reservatório - o que o torna mais confiável.

Os reservatórios de armazenamento da água da chuva possuem dimensões que garantem o abastecimento de água potável nos meses de seca ou em períodos com precipitação reduzida – o que será visível nos gráficos a seguir.

As figuras 2 a 7 apresentam a média do volume de captação de água da chuva decorrentes da precipitação média mensal dos últimos quinze anos em Porto Alegre-RS e na Parnaíba-PI (BDMEP-INMET, 2018), da área do telhado do edifício, (PETINELLI, 2018) e do coeficiente de aproveitamento - referente ao escoamento inicial de descarte da água da chuva que contém resíduos do telhado e calhas (NBR 15527, 2007) versus o consumo de água potável por mês, obtido na figura 1.

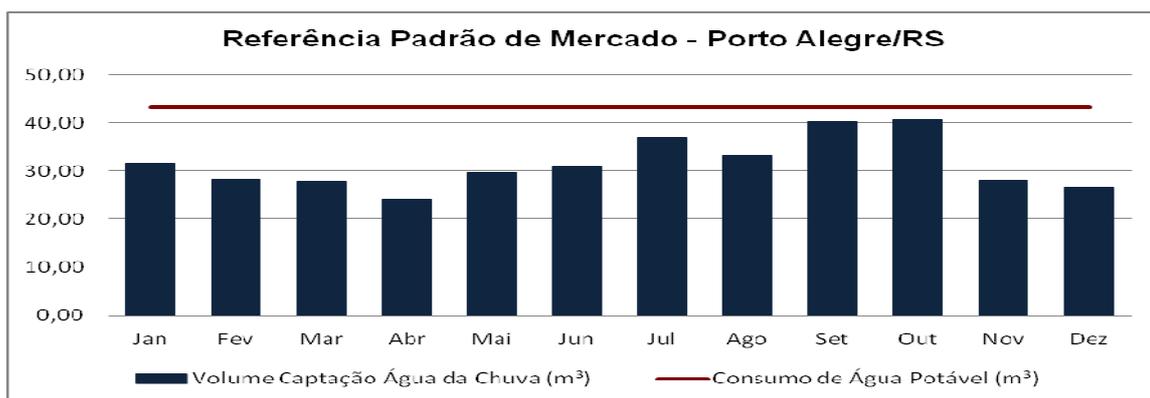


Figura 2: Volume água da chuva x consumo água potável – Metais e Louças Padrão de Mercado. Fonte: elaborado pela autora.

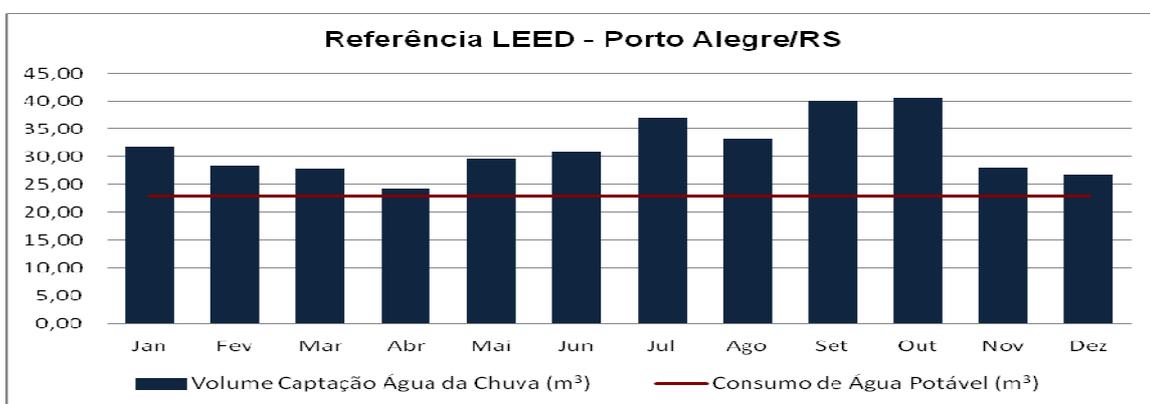


Figura 3: Volume de água da chuva x consumo água potável – Metais e Louças LEED. Fonte: elaborado pela autora.

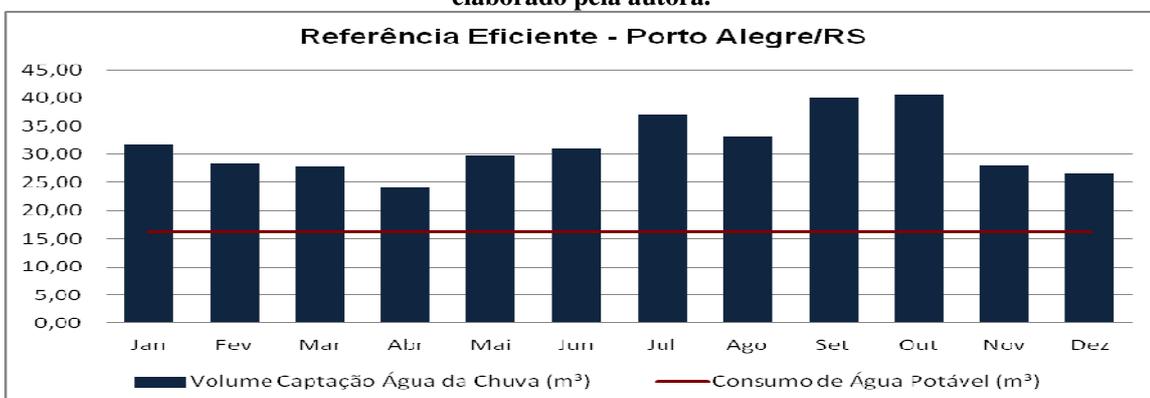


Figura 4: Volume água da chuva x consumo água potável – Metais e Louças Eficientes. Fonte: elaborado pela autora.

As figuras 2 a 4 apresentam o consumo de água potável, em Porto Alegre, de acordo com a vazão de três padrões de equipamentos e o volume de captação de água da chuva. Consta-se que com a utilização de equipamentos padrão de mercado o consumo de água potável é maior do que o volume de chuva captado fazendo com que falte água para suprir a demanda e exija um reservatório de armazenamento de água da chuva de 140,06m³ (método Rippl). Enquanto que com a utilização de metais e louças dentro do padrão LEED e Eficiente a dimensão do reservatório é muito inferior e totalizam 30,58m³ e 21,70m³, respectivamente, acrescidos de 10 dias de estiagem. Já para os reservatórios superiores de água tratada, o volume equivale a um dia de utilização de água em torneiras e chuveiros. Nos três padrões: Mercado, LEED e Eficiente os volumes são 1,97m³, 1,07m³ e 0,74m³,

respectivamente. Conclui-se neste caso que em Porto Alegre não viabiliza equipamentos padrão de mercado para garantir a autossuficiência do edifício, mas a partir do LEED já se torna viável.

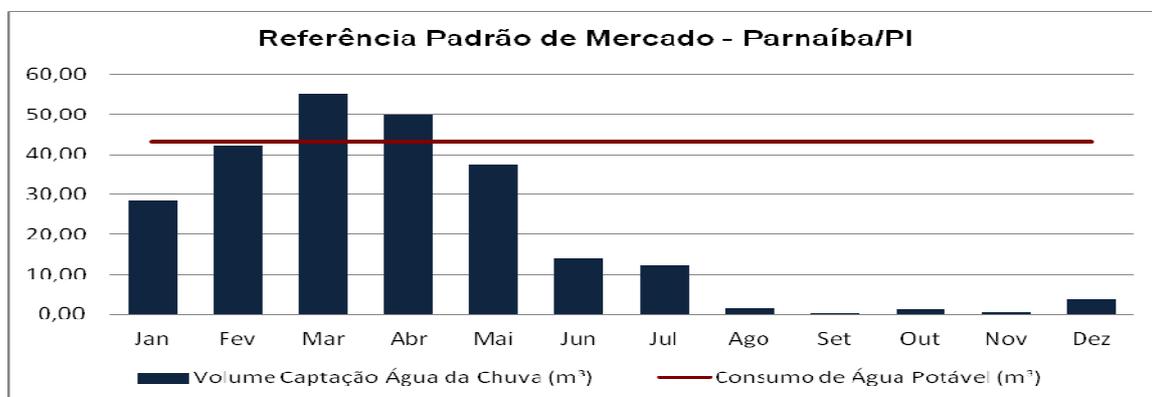


Figura 5: Volume água da chuva x consumo água potável – Metais e Louças Padrão de Mercado. Fonte: elaborado pela autora.

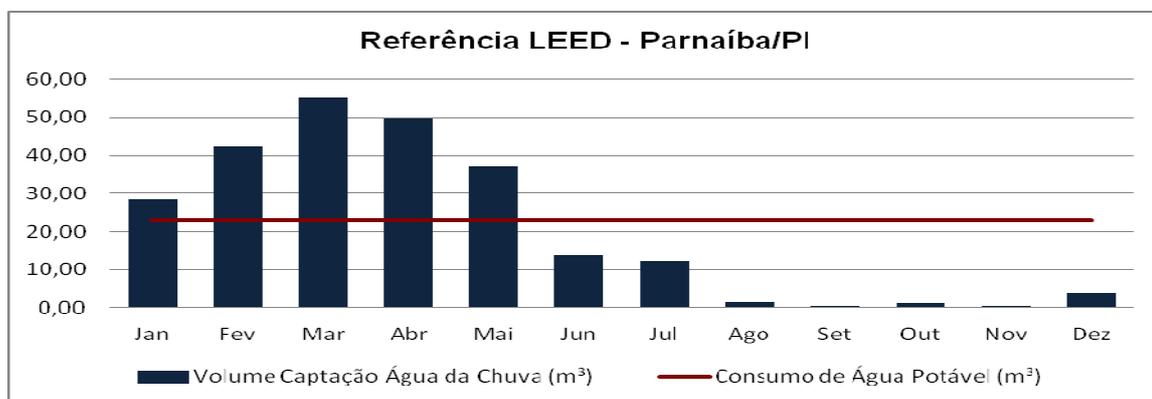


Figura 6: Volume água da chuva x consumo água potável – Metais e Louças LEED. Fonte: elaborado pela autora.

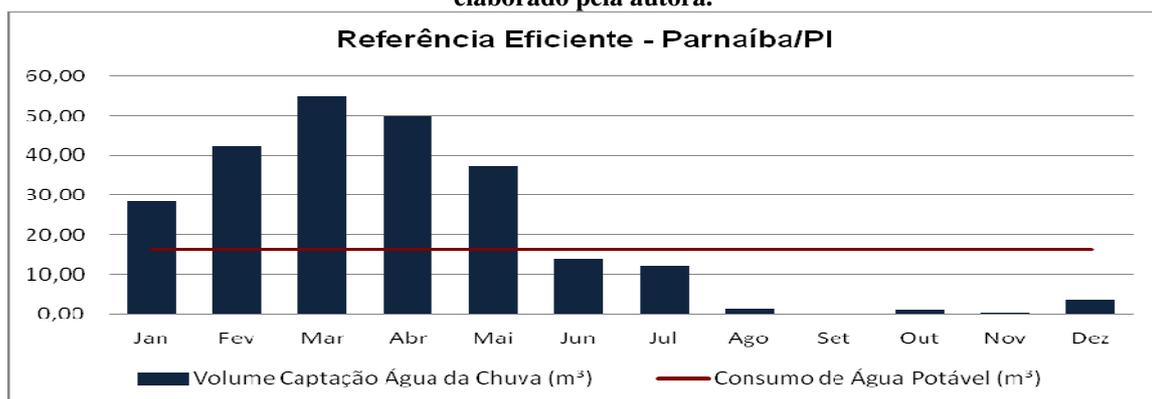


Figura 7: Volume água da chuva x consumo água potável – Metais e Louças Eficientes. Fonte: elaborado pela autora.

As figuras 5 a 7 apresentam o consumo de água potável, na Parnaíba, de acordo com a vazão de três padrões de equipamentos e o volume de captação de água da chuva. Constata-se que com a utilização de equipamentos padrão de mercado o consumo de água potável é maior do que o volume de chuva captado. A quantidade de água da chuva que falta para suprir o consumo de água potável é de 272,39m³. Já com a utilização de metais e louças dentro do padrão LEED exigiria um reservatório de 127,13m³. No entanto, com a utilização de equipamentos eficientes se torna viável um reservatório de armazenamento de

água da chuva com volume de 21,70m³. Enquanto o volume dos reservatórios superiores de água tratada será, para os três padrões: Mercado, LEED e Eficiente 1,97m³, 1,07m³ e 0,74m³, respectivamente, que equivalem a um dia de utilização de água em torneiras e chuveiros. Portanto, conclui-se que na Parnaíba, devido à pouca chuva durante o ano, somente equipamentos eficientes são viáveis.

4.2. Estação de tratamento e reservatório de reuso

Neste empreendimento, visando a autossuficiência hídrica, todo efluente gerado é tratado em uma estação de tratamento de esgoto (ETE), tanto as águas cinzas provenientes de lavatórios e chuveiros quanto as águas negras decorrentes das bacias sanitárias e mictórios. A água própria para reuso será bombeada para um reservatório superior para atender as bacias sanitárias e os mictórios - o efluente tratado que não for utilizado será eliminado por meio de infiltração no solo reduzindo o impacto na infraestrutura pública.

No que se refere ao volume das estações de tratamento e reservatórios de reuso, considerando os consumos de água apresentados na figura 1, chegou-se aos seguintes volumes de reservatórios superiores de reuso referentes a um dia de consumo, nos três padrões de vazões de equipamentos - Padrão de Mercado, LEED e Eficiente - tanto em Porto Alegre-RS quanto na Parnaíba-PI, respectivamente: 1,70m³, 2,02m³ e 0,99m³. Enquanto a estação de tratamento de esgoto totalizará, respectivamente: 3,67m³, 3,06m³ e 1,73m³.

4.3. Investimentos financeiros

A figura 8 apresenta o consumo geral de água nas duas cidades, nos três padrões de vazões de equipamentos, bem como o valor global para instalação de metais, louças, estações de tratamento e reservatórios utilizados no mercado nacional em edifícios comerciais e o tempo de retorno financeiro (*payback*) do investimento. Os custos foram obtidos com fornecedores especializados no segmento da construção civil. Para o cálculo do retorno financeiro, o custo global do investimento foi dividido pelo custo mensal de água, caso se utilize água da concessionária local. Esse custo mensal foi obtido com a multiplicação do consumo geral de água pelo valor por m³ da água nas duas localidades em estudo. As cidades analisadas possuem entre si uma diferença significativa do custo por m³ de água. Em Porto Alegre, onde a chuva é abundante, a água e o esgoto custam R\$ 5,85/m³ (DMAE, 2018) enquanto na Parnaíba, onde a chuva é escassa durante metade do ano, o custo é mais elevado, água e esgoto somam R\$ 9,94/m³ (AGESPISA, 2018).

Cidades	Consumo de água (m ³)			Custo Equipamentos (R\$)			Payback (anos)		
	Ref. PM	Ref. LEED	Ref. Eficiente	Ref. PM	Ref. LEED	Ref. Eficiente	Ref. PM	Ref. LEED	Ref. Eficiente
Porto Alegre	80,74	67,40	38,11	159.359,51	113.793,03	110.089,70	28	21	41
Parnaíba	80,74	67,40	38,11	210.040,27	146.380,58	110.089,70	21	18	41

Figura 8: Investimento financeiro e *payback*. Fonte: elaborado pela autora.

5. Análise dos resultados

Através dos dados compilados na figura 9, nota-se a diferença de valores entre os três padrões de equipamentos. É possível verificar o impacto que a utilização de metais e louças eficientes causa no empreendimento no que se refere à economia no consumo de água, no consequente dimensionamento dos reservatórios e estações de tratamento assim como no investimento financeiro. A razão da eficiência desses equipamentos está na vazão de água por minuto, ou por acionamento, que favorece o desempenho dos metais e louças.

Nota-se, no item Custo Global de Equipamentos, que em razão do consumo de água, decorrente da vazão dos metais e louças, o impacto na dimensão do reservatório de água da chuva é direto. Quanto maior o consumo, maior o volume do reservatório e consequentemente maior o seu custo de escavação, concretagem, impermeabilização e mão de obra para execução, além do espaço que será exigido para comportar o reservatório.

A maior diferença de custo e de espaço entre os três padrões de equipamentos ocorre no armazenamento da água da chuva. Constata-se pela figura 9, também, que o custo para a viabilização de um empreendimento Net Zero Água não é mais caro do que um empreendimento padrão de mercado. E que o custo na utilização de equipamentos eficientes é 3% menor do que os equipamentos do padrão LEED e 44% menor do que os equipamentos padrão de mercado, sem interferir na qualidade e na funcionalidade.

Cidades	Ref. Padrão Mercado	Ref. LEED	Ref. Eficiente
	Consumo Geral de Água (m³)		
	Total: 80,74	Total: 67,40	Total: 38,11
	Bacia e Mictório: 37,51	Bacia e Mictório: 44,47	Bacia e Mictório: 21,83
	Torneira e Chuveiro: 43,23	Torneira e Chuveiro: 22,93	Torneira e Chuveiro: 16,28
	Reservatórios Superiores (m³)		
	Água potável: 1,97	Água potável: 1,04	Água potável: 0,74
	Água de reuso: 1,70	Água de reuso: 2,02	Água de reuso: 0,99
	Reservatório Inferior Estações de Tratamento (m³)		
	Água da chuva: 140,06	Água da chuva: 30,58	Água da chuva: 21,70
	Esgoto: 3,67	Esgoto: 3,06	Esgoto: 1,73
	Custo Global de Equipamentos (R\$)		
	Total: 159.359,51	Total: 113.793,03	Total: 110.089,70
	Metais e Louças 35.457,48	Metais e Louças 31.876,74	Metais e Louças: 35.389,46
	ETE e Reservatórios: 51.602,62	ETE e Reservatórios 46.594,46	ETE e Reservatórios: 42.383,86
	Reservatório Água Chuva: 72.299,41	Reservatório Água Chuva: 35.321,83	Reservatório Água Chuva: 32.316,38
Porto Alegre			

	Ref. Padrão Mercado	Ref. LEED	Ref. Eficiente
Parnaíba	Consumo Geral de Água (m³)		
	Total: 80,74	Total: 67,40	Total: 38,11
	Bacia e Mictório: 37,51	Bacia e Mictório: 44,47	Bacia e Mictório: 21,83
	Torneira e Chuveiro: 43,23	Torneira e Chuveiro: 22,93	Torneira e Chuveiro: 16,28
	Reservatórios Superiores (m³)		
	Água potável: 1,97	Água potável: 1,04	Água potável: 0,74
	Água de reuso: 1,70	Água de reuso: 2,02	Água de reuso: 0,99
	Reservatório Inferior Estações de Tratamento (m³)		
	Água da chuva: 272,39	Água da chuva: 127,13	Água da chuva: 21,70
	Esgoto: 3,67	Esgoto: 3,06	Esgoto: 1,73
	Custo Global de Equipamentos (R\$)		
	Total: R\$ 210.040,27	Total: R\$ 146.380,58	Total: R\$ 110.089,70
	Metais e Louças: 35.457,48	Metais e Louças: 31.876,74	Metais e Louças: 35.389,46
	ETE e Reservatórios: 51.602,62	ETE e Reservatórios: 46.594,26	ETE e Reservatórios: 42.383,86
	Reservatório Água Chuva: 122.980,17	Reservatório Água Chuva: 67.909,58	Reservatório Água Chuva: 32.316,38

Figura 9: Resumo geral dos dados. Fonte: elaborado pela autora.

6. Conclusão

Constatou-se que o uso de metais e louças eficientes é a peça chave para a viabilização técnica e econômica de empreendimentos Net Zero Água.

Como o custo adicional é inexistente, a construção e a operação de um empreendimento com autossuficiência hídrica é viável, inclusive onde a chuva é escassa, o que não seria possível com a utilização de equipamentos padrão de mercado e até mesmo, em alguns casos, dentro do padrão LEED.

Se não houver eficiência no uso da água, não haverá captação de água da chuva e nem sistemas de tratamentos suficientes para suprir o consumo de água, fazendo com que se tenha que potabilizar o esgoto, elevando o custo de construção e inviabilizando o empreendimento. À medida que o consumo de água reduz a viabilidade de execução de empreendimentos autossuficientes em cidades com baixa precipitação aumenta.

Os empreendimentos Net Zero Água se mostram como instrumentos importantes para a solução da falta de água e de saneamento básico.

Referências

AGESPISA. Águas e esgotos do Piauí S/A. Disponível em: <http://www.agespisa.com.br/site/pages/public/tarifas.jsf>> Acesso em: 10 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401-3: Instalações de ar condicionado – sistemas centrais e unitários, parte 3: qualidade do ar interior. Rio de Janeiro, 2007.

BDMEP-INMET. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa>> Acesso em: 10 mar. 2018.

CETESB. O problema da escassez de água no mundo. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo>> Acesso em: 07 mar. 2018.

CLIMATE-DATA. Pluviometria Londres, Inglaterra. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/1>> Acesso em: 10 mar. 2018.

CLIMATE-DATA. Pluviometria Parnaíba Brasil. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/33872>> Acesso em 10 mar. 2018.

CLIMATE-DATA. Pluviometria Porto, Portugal. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/161>> Acesso em: 10 mar. 2018.

CLIMATE-DATA. Pluviometria Porto Alegre, Brasil. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/3845>> Acesso em: 10 mar. 2018.

DECA. Louças e metais para banheiro, cozinhas e área de serviço. Disponível em: <https://www.deca.com.br/produtos>> Acesso em: 20 dez. 2017.

DMAE. Tarifas de Água e Esgoto 2017. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=370> Acesso em: 10 mar. 2018.

EBBESEN, L. Escassez de água potável. Disponível em: <https://www.infoescola.com/hidrografia/escassez-de-agua-potavel>> Acesso em: 07 mar. 2018.

INMESOL. Bullitt Center, o edifício comercial mais sustentável do mundo. Disponível em: <http://www.inmesol.pt/blog/bullitt-center-o-edificio-comercial-mais-sustentavel-do-mundo>> Acesso em: 07 mar. 2018.

ONU. Mais da metade da população mundial não tem acesso a saneamento básico. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-07/mais-da-metade-da-populacao-mundial-nao-tem-acesso-saneamento-basico>> Acesso em: 06 mar. 2018.

USGBC. LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction with Global ACPs. Disponível em: <https://www.usgbc.org/resources/leed-reference-guide-green-building-design-and-construction-global-acps>> Acesso em: 13 mar. 2018.

Sustentabilidade no processo de projeto: a experiência com resíduos do Setor Moveleiro de Uberlândia/MG

Sustainability in the design process: the experience with waste within the Furniture Sector of Uberlândia/MG

Júlia Souza Abrão, mestranda, PPGAU / Universidade Federal de Uberlândia.

juliaabraoufu@gmail.com

Viviane dos Guimarães Alvim Nunes, PhD, PPGAU / FAUeD / Universidade Federal de Uberlândia.

viviane.nunes@ufu.br

Resumo

Este artigo visa contribuir com questões relacionadas ao setor moveleiro de Uberlândia/MG e o impacto ambiental provocado pelos resíduos provenientes das microempresas moveleiras sob medida. A metodologia da pesquisa combina etapas teóricas e práticas: a revisão de literatura ; a pesquisa de campo que permite analisar o impacto ambiental causado pelos resíduos do setor e, por fim, o projeto e prototipagem permitem experimentar possíveis soluções para o reaproveitamento desse material. Como resultado pode-se constatar uma enorme quantidade de resíduos de MDF, descartados anualmente, e que demandam a urgente adoção de novas práticas pelas empresas, a fim de implementar soluções eficazes para minimizar os danos ambientais decorrentes da produção de móveis. O trabalho apresenta alternativas de projetos de mobiliário para o reaproveitamento de retalhos, analisando o processo de prototipagem. Busca destacar, ainda, o papel fundamental da utilização de diretrizes sustentáveis aplicadas ao processo de projeto, para a redução dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Sustentabilidade no processo de projeto; Resíduos de MDF; Setor Moveleiro de Uberlândia; Mobiliário sob medida; Design Estratégico

Abstract

This article aims to contribute with issues related to the furniture sector of Uberlândia / MG and the environmental impact caused by the residues coming from the microenterprises that are tailor - made. The research methodology combines theoretical and practical steps: the literature review; the field research that allows to analyze the environmental impact caused by the waste of the sector and, finally, the design and prototyping allow to try possible solutions for the reutilization of this material. As a result, an enormous amount of MDF waste, discarded annually, can be observed, which demand the urgent adoption of new practices by companies in order to implement effective solutions to minimize the environmental damages caused by the production of furniture. The work presents alternatives of furniture projects for the reuse of flaps, analyzing the prototyping process. It also seeks to highlight the fundamental role of the use of sustainable guidelines applied to the design process, in order to reduce environmental impacts.

Keywords: *Sustainability in the design process; MDF waste; Furniture Sector of Uberlândia; Custom furniture; Strategic Design*

1. Introdução

Desde a década de 90, as preocupações relativas aos resíduos sólidos gerados por empresas vêm sendo destacadas (CAVALCANTI, 1998) e, em paralelo, algumas soluções para a minimização e destinação desses materiais têm sido investigadas. No entanto, nem todas as empresas reconhecem o impacto ambiental causado pela geração de resíduos de suas operações, o que se confirma junto ao setor moveleiro de Uberlândia/MG.

O município de Uberlândia ocupa posição de destaque na região do Triângulo Mineiro, contribuindo para a geração de empregos no setor moveleiro e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da região. Dados do SENAI et al. (2006) e Oliveira et al. (2012) estimam a existência de cerca de 800 micro e pequenas empresas (MPEs) sob medida no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. A questão, no entanto, impacta diretamente no volume de resíduos gerados pelas empresas, depositados em aterros sanitários e, em muitos casos, em locais inapropriados como terrenos baldios, afetando diretamente o meio ambiente.

Este artigo visa apresentar alguns dados sobre o referido setor, discutindo soluções viáveis para o reaproveitamento de resíduos de MDF na fabricação de móveis alternativos. O trabalho busca, ainda, contribuir com o processo de aprendizagem social, colaborando para a conscientização das empresas, e da população em geral, sobre o meio ambiente e auxiliando em propostas projetuais. Os resultados integram o projeto de pesquisa do CNPq (Processo 443924/2015-5) denominado **Design e Sustentabilidade no Setor Moveleiro:** diagnóstico e proposição de soluções estratégicas para o controle de resíduos nas MPEs de Uberlândia/MG.

O referencial teórico da pesquisa é baseado nos conceitos de: Responsabilidade Socioambiental (RSA) (TACHIZAWA, 2002; KAZAZIAN, 2005; SÁ et al., 2013), Design Estratégico (TEIXEIRA, 2005; MANZINI; VEZZOLI, 2008; MERONI, 2008; SCALETSKY et al., 2016) e Sustentabilidade (NUNES, 2008; CHELALA, 2008).

De acordo com o autor Manzini (2008)

A transição rumo à sustentabilidade será um processo de aprendizagem social no qual os seres humanos aprenderão gradualmente, através de erros e contradições [...], a viver melhor consumindo (muito) menos e regenerando a qualidade do ambiente, ou seja, do ecossistema global e dos contextos locais onde vivem (MANZINI, 2008 p.27).

Essa afirmação evidencia a necessidade de mudança radical no modo de se pensar e agir dos indivíduos, de forma a construir um contexto de vida sustentável, minimizando resíduos e preservando o meio ambiente.

2. Revisão Bibliográfica

A base teórica deste artigo forma-se a partir dos temas – Sustentabilidade, Responsabilidade Sócio Ambiental (RSA) e Design Estratégico, abrangendo o papel do designer em cada conceito discutido, conforme apresentado a seguir:

- **Sustentabilidade**

Em 1972, em Estocolmo, partindo de preocupações relacionadas ao impacto da economia sobre o meio ambiente, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, que se tornou o marco inicial do termo Sustentabilidade (CASTRO e NUNES, 2008).

Chelala (2008) afirma que a principal função do desenvolvimento sustentável é desenvolver soluções para a reutilização dos recursos naturais, englobando dimensões ambientais, sociais, econômicas, dentre outras. A busca pela sustentabilidade deve estar associada, assim, a uma cultura que tenha como objetivo a proteção e conservação do meio ambiente, orientada há novos comportamentos sociais, sendo esse um compromisso coletivo.

Entende-se que coexistem vários aspectos da sustentabilidade que, segundo Sachs (1993 apud Castro, 2008) são descritos em **cinco dimensões** e que completam o significado do termo **Sustentabilidade**, conforme se segue:

- **Social:** busca pela igualdade de direitos e pela melhoria das condições de vida da sociedade;
- **Econômica:** busca pela otimização dos recursos e usos eficientes dos mesmos, e por investimentos constantes públicos e privados;
- **Ecológica:** busca pela preservação e cuidado relacionado ao meio ambiente, diminuição de resíduos, respeitando sempre os limites do planeta;
- **Espacial:** busca pelo equilíbrio entre o rural e urbano, e melhora na distribuição de terras;
- **Cultural:** busca pela origem de cada cultura, e por singularidades de cada estrutura cultural.

Além disso, dentro da dimensão da sustentabilidade, surge a expressão “cultura de qualidade” que faz referência a ações de proteção ambiental, buscando traçar usos mais eficientes de recursos, por método de planejamento do consumo e minimização do desperdício (NUNES, 2008). A utilização de novos materiais tem como objetivo atender a necessidade de sua utilização, mas também cuidar para afetar o mínimo do equilíbrio do sistema. Os autores Manzini (1993) e Nunes (2008) evidenciam três cenários para tornar isso possível: 1) o cenário da matéria mínima, 2) o cenário da matéria eterna e 3) o cenário da matéria média (fig.1).

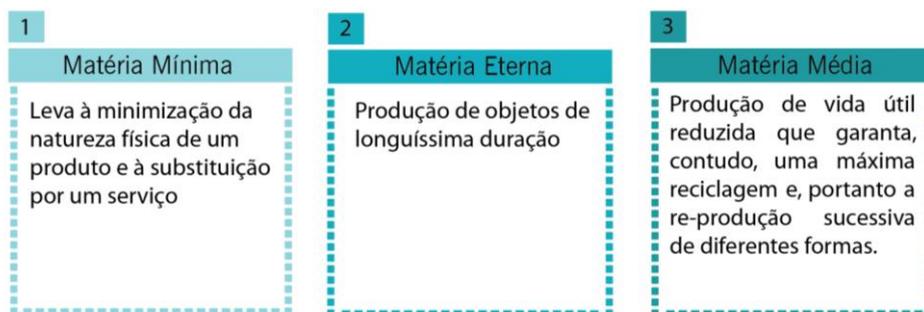


Figura 1: Cenários da Cultura de Qualidade. Fonte: Elaborada por Abrão (2019), baseado em Nunes (2008).

A partir da percepção e preocupação em relação aos limites do planeta, iniciou-se a busca por projetos de produtos sustentáveis. Nesse contexto, empresas que têm interesse

em continuar fortes no mercado deverão abraçar e implementar estratégias de design sustentável em seu sistema de produção e também em sua gestão empresarial. Torna-se necessária, assim, a busca por projetos que atendam o viés sustentável, atentando-se pelo uso de diretrizes sustentáveis no processo de projeto, minimizando o máximo de resíduos durante a produção.

- **Responsabilidade Sócio Ambiental**

Questões como produção, desenvolvimento econômico e esgotamento de recursos foram fundamentais para dar início às discussões mundiais e, posteriormente, à implementação de leis e normas com o intuito de inserir a questão da sustentabilidade nas atividades humanas. Como estratégia de negócios, e para aumentar a competitividade, buscou-se a melhoria da postura da empresa em relação aos seus clientes e empregados adotando, em sua gestão, ações relacionadas à Responsabilidade Social (SÁ et al., 2013).

Essa Responsabilidade Social inserida na gestão da empresa objetiva a resolução de questões entre empresa e sociedade. De acordo com Carroll (1979 apud RESENDE, 2015), existem quatro visões dos consumidores em relação à empresa que subdividem essa responsabilidade: (i) a **econômica**, relacionada às ações em relação à geração de lucros; (ii) a **legal**, referente às leis e regras a que as empresas estão submetidas; (iii) a **ética**, ligadas às normas de conduta, evitando o máximo de danos à sociedade; e (iv) a **filantrópica**, associadas às ações de melhorias ao bem estar dos consumidores (fig.2).

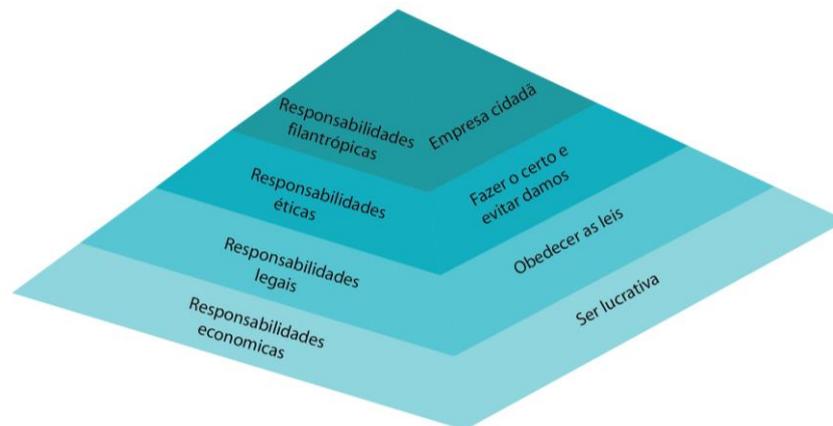


Figura 2: Pirâmide da Responsabilidade Social de Carroll (1979). Fonte: Adaptado de CARROLL, 1979 apud RESENDE, 2015.

Preocupados com os limites do planeta, os estudos relacionados à Responsabilidade Social passaram a integrar discussões relacionadas ao meio ambiente, em busca de elaboração de ações sustentáveis (CARROL, 1979 apud RESENDE, 2015). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (s/d), a expressão *Responsabilidade Socioambiental* diz respeito a ações que não danifiquem o meio ambiente, seguindo o viés sustentável.

Em concordância com Mello Neto e Fróes (2001, p. 150 apud SÁ et al., 2013) uma empresa que adota em sua gestão diretrizes sustentáveis, se sobressai:

pela sua excelência em política e gestão ambiental, pela sua atuação como agente de fomento do desenvolvimento sustentável local e regional, e de preservação da saúde, da segurança e da qualidade de vida de seus empregados e da comunidade situada ao redor, e pela inserção da

questão ambiental como valor de sua gestão e como compromisso, sob a forma de missão e visão do seu desempenho empresarial.

Considerando que, a cada novo ano, o mercado econômico torna-se mais competitivo, com consumidores mais ativos em busca de produtos sustentáveis (MANZINI e VEZZOLI, 2002 apud AZEVEDO, MACHADO JUNIOR, 2008), as empresas buscam adotar essas diretrizes sustentáveis em sua gestão empresarial como uma estratégia para continuar fortes na economia global (KAZAZIAN, 2005). De acordo com Tachizawa (2002), empresas que adotam ações sustentáveis em sua gestão possuem maior chance de obter grandes vantagens competitivas.

- **Design Estratégico**

De acordo com Scaletsky et al. (2016), o Design Estratégico desenvolve-se por meio de análises que garantem o melhor entendimento do problema de projeto; quando necessário, novas análises podem ser realizadas para reconduzir o problema de forma mais clara e objetiva. Nesse sentido, auxilia na coordenação e na tomada de decisões (FREDERIZII, 2014). Dentro da gestão empresarial, o design estratégico atua em vários setores como infraestrutura, administração, recursos humanos, dentre outros, visando tornar a empresa mais competitiva no mercado (TEIXEIRA, 2005).

Calaes (2006) afirma que Design Estratégico pode conduzir as empresas a adotarem um caminho para a inserção de práticas sustentáveis, proporcionando bases para o crescimento e fortalecimento sua competitividade (fig.3).



Figura 3: Relações existentes entre três cenários. Fonte: Adaptado de Calaes (2006).

De acordo com Meroni (2008, pag. 32) o termo Design Estratégico possui:

um foco claro na dimensão do Sistema de Serviços de Produto (PSS), uma orientação para diferentes tipos de atores sociais e de mercado, uma clara intenção de produzir inovação e uma ênfase em uma interpretação sistêmica do desenvolvimento sustentável.

Ainda segundo a autora, o Design Estratégico: (i) deve dar importância aos interesses e valores coletivos; (ii) define e mapeia ações a partir de um conjunto de cenários, (iii) auxilia com o aprendizado de como agir com o meio ambiente e (iv) direciona o local para ir e não somente como ir (MERONI, 2008).

O Design Estratégico Sustentável visa contribuir para a elaboração de estratégias para preservar o meio ambiente. O papel do designer, então, é auxiliar na criação de estratégias sustentáveis, tornando-se umas das melhores soluções em relação à competitividade empresarial (TEIXEIRA, 2005, p.27).

Dessa forma, quando aplicado, o Design Estratégico pode atuar positivamente no modelo de fabricação e consumo, colaborando com a geração de projetos economicamente viáveis e sustentáveis. Por conseguinte colaborando com a geração de uma nova cultura, alternando os sistemas de produção e consumo, em busca de novos modos de pensar e agir fundamentados no viés da sustentabilidade (MANZINI e VEZZOLI, 2008).

3. Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada pela pesquisa denomina-se *pesquisa-ação*, e é definida por Thiollent (1985, p.14) como

um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

A pesquisa inclui: (i) revisão de literatura referente aos principais temas abordados, dentre eles: Sustentabilidade, Responsabilidade Socioambiental e Design Estratégico; (ii) coleta de dados *in loco* com o auxílio das ferramentas: entrevista, questionário e levantamento fotográfico. Nesta etapa, foram solicitadas as 13 empresas participantes, a nota fiscal emitida pelo aterro sanitário no momento da entrega dos resíduos, para auxiliar no cálculo da estimativa dos volumes. O questionário englobava questões referentes à tipologia de material que eram descartados, alternativas de descarte adotadas pela empresa, formas de armazenamento dos resíduos e as dimensões médias do material descartado; e, por último, (iii) desenvolvimento de novos produtos, incluindo o processo de projeto sustentável.

4. Resultados

Como mencionado, o setor moveleiro de Uberlândia contribui de forma relevante para o desenvolvimento econômico da região; por outro lado, a produção de resíduos dessas empresas e seu descarte têm provocado sérios danos ambientais.

De acordo com a estimativa de descarte realizada em 2012 (NUNES, 2013), identificou-se um volume (estimado) de cerca de 22.000m³ de resíduos de MDF descartados anualmente, considerando as 800 MPEs da região (OLIVEIRA et al., 2012). Em pesquisa mais recente (2017) a partir dos dados coletados *in loco*, verificou-se um descarte médio cerca de 420Kg/semana de resíduos de MDF por empresa, o que representa cerca de 1680 Kg/mês depositadas no aterro sanitário. Em termos de volume, a partir dos dados coletados e da estimativa de descarte para o total de empresas indicado por Oliveira et al. (2012), percebeu-se um aumento do volume da ordem de aprox. 50%, passando para cerca de 33.000 m³ (fig.4).

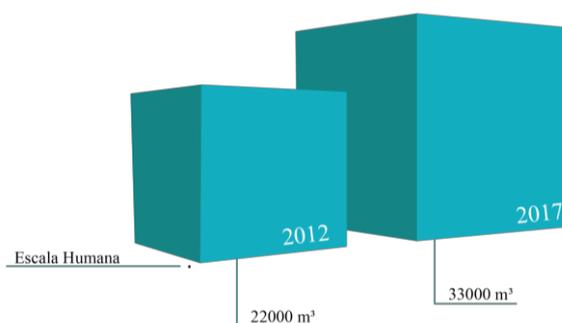


Figura 4: Resíduos descartados anualmente. Fonte: elaborado pelos autores.

Importante ressaltar que o problema da geração de resíduos está relacionado a várias questões, tais como: 1) a falta de planejamento de corte no processo de produção; 2) o modo como a empresa se relaciona com as questões ambientais; e 3) quais as ações vêm sendo adotadas, de forma efetiva, para que as empresas se tornem mais ambientalmente responsáveis e competitivas.

Durante pesquisa de campo realizada em 2017, constatou-se que muitas empresas descartavam os resíduos moveleiros de forma incorreta: quando eram solicitadas as notas fiscais do aterro sanitário, por exemplo, mais da metade informou fazer o descarte no próprio caminhão de coleta de lixo urbano. Nesse sentido, entende-se que, se não houver uma mobilização imediata do setor moveleiro aliado ao poder público em busca de soluções viáveis, o problema tende a se agravar.

Nesse cenário, o designer assume um papel fundamental, de modo a auxiliar as empresas a readequar seu modelo de gestão e produção, buscando desenvolver diretrizes estratégicas sustentáveis que tornem a empresa mais competitiva e menos impactante ambientalmente.

A partir dos dados obtidos, iniciou-se a busca por soluções de projeto para minimizar o impacto gerado pelo volume de resíduos, não só visando o reaproveitamento, mas também a busca por estratégias de projeto sustentáveis para serem implementadas no processo de criação.

Inicialmente, definiu-se o público-alvo que orientou o desenvolvimento dos projetos de mobiliário - uma creche municipal da cidade de Uberlândia. Após identificadas as principais necessidades da estrutura, passou-se à criação dos móveis para o público infantil: mesas, bancos e uma estante para livros (esta deveria ser replicado para nove salas e adaptável ao uso para crianças de 1 a 5 anos).

A partir dos estudos durante o processo de criação foram definidas algumas estratégias sustentáveis de projeto para a elaboração do mobiliário:

1) reaproveitamento de peças de MDF pequenas: sendo estes de difícil reuso, há uma grande quantidade descartadas. Foi proposta uma malha para a estruturação do tampo da mesa, e também para todas as dimensões necessárias para a fabricação de cada elemento dos projetos. Essa malha de resíduos seria configurada a partir das dimensões dos materiais disponíveis (fig.5), aproveitando o máximo de cada retalho, evitando a geração de resíduos dos resíduos (fig.6).

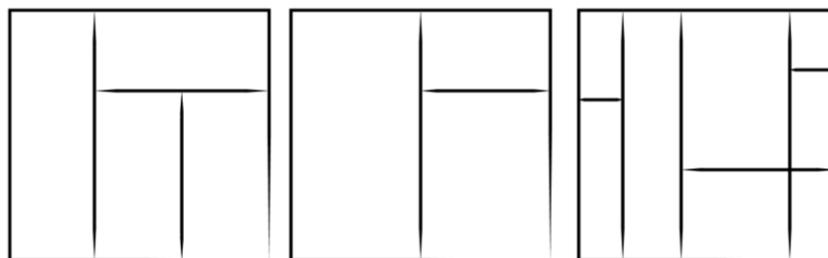


Figura 5: Configurações da Malha. Fonte: elaborado pelos autores.

2) uso de réguas, em virtude das dimensões restritas para reuso. As réguas foram utilizadas na estruturação dos pés da mesa e do banco, com encaixe em “X”, proporcionando uma maior estabilidade para os pés do mobiliário (fig.6).

3) planejamento de corte, retirando duas laterais de uma mesma placa (podendo esta também ser montada com retalhos maiores), evitando novamente a geração de resíduos dos próprios resíduos. O planejamento de corte é extremamente importante para a diminuição da geração de resíduos (fig.6).

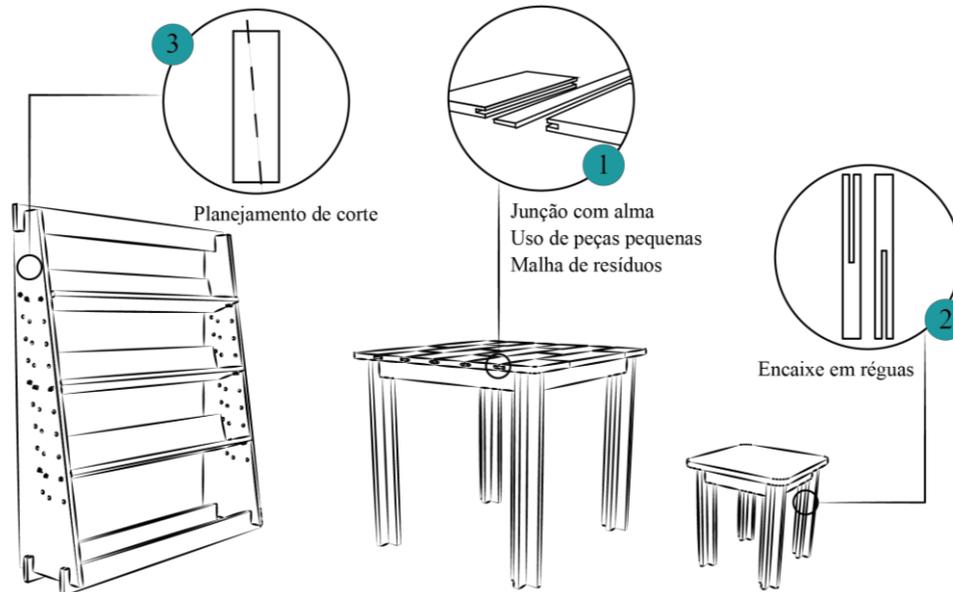


Figura 6: Estratégias projetuais. Fonte: elaborado pelos autores.

O projeto da Mesa e do Banco, nomeados como linha R-Tales (fig.7, à direita), contém em sua estrutura algumas das estratégias de projeto, como a criação da malha para o tampo da mesa, e a base dos pés com formado de “X”, este último contidos nos dois projetos. Para ambos foram previstos travamentos abaixo do tampo e entre as pernas, aumentando a sustentação e equilíbrio. A utilização de diferentes retalhos colaborou com o projeto, trazendo uma brincadeira de cores para tornar o mobiliário lúdico.

E por último, a estante R-Tales (fig.7, à esquerda), tendo como principais características: a fácil montagem sem uso de parafusos, apenas com encaixes com usos de cavilhas, e a sua dinâmica modular, adaptando-se o uso para crianças de 1 a 5 anos. Usa-se novamente a criação das malhas para atingir a dimensão das peças necessárias, e também o encaixe em “X” em seus travamentos.

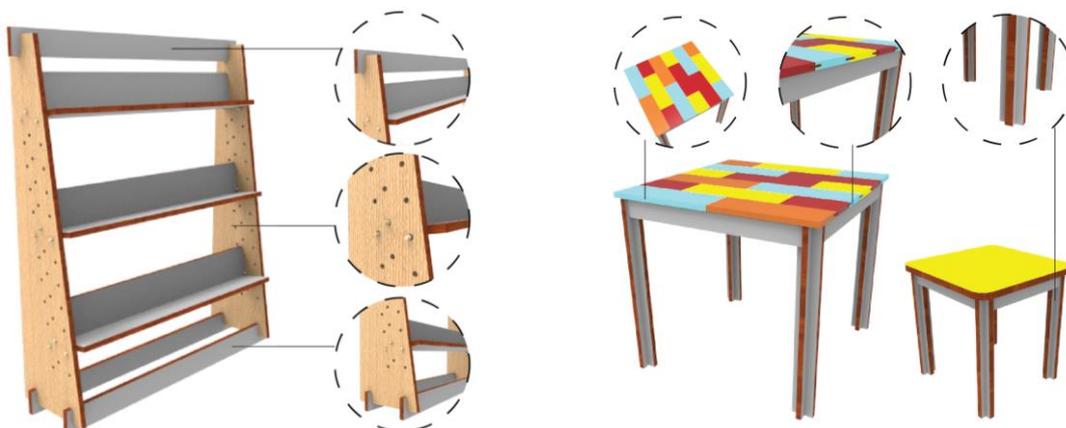


Figura 7: Projeto de Mobiliários feitos de resíduos. Fonte: Abrão (2017).

4.1 Processos de prototipagem

Na etapa de fabricação dos protótipos foi possível observar uma série de questões fundamentais relacionadas à materialização de ideias, em objetos tangíveis. Uma delas está relacionada à diferença entre o projeto – ainda no papel e do projeto na etapa de execução. Nesta fase, o projeto é avaliado pelo marceneiro, e detalhes importantes referentes à estruturação, peso e viabilidade do projeto são revistos, incluindo aí as limitações do maquinário disponível. Outra questão está relacionada à dificuldade de se encontrar retalhos de MDF com revestimentos coloridos, pois o padrão atual dos móveis planejados segue o uso de cores neutras e tons amadeirados, impossibilitando alcançar o “lúdico” desejado no projeto, conforme proposto.

Outro aspecto muito relevante, constatado durante o processo de prototipagem, foi a impossibilidade do resíduo zero. Ou seja, mesmo reaproveitamento os resíduos, isto é, utilizando resíduo como recurso, ainda assim, não foi possível reaproveitar peças inteiras de resíduos e os cortes também geravam sobras menores. Com isso, é possível afirmar que o reaproveitamento de material é apenas **uma** das alternativas para a diminuição dos resíduos já gerados.

Embora considerar o resíduo como recurso para novos artefatos seja uma ação importante e necessária, é crucial que ocorra uma conscientização projetual por parte dos profissionais, que leve em conta o material (primário) utilizado bem como o processo de fabricação dos objetos, cuidando não somente do planejamento de corte das peças para minimizar desperdícios, mas também do armazenamento correto do restante, para viabilizar, então, o reaproveitamento.



Figura 8: Protótipos dos projetos de resíduos de MDF. Fonte: elaborado pelos autores.

5. Conclusões

Ao longo do processo de investigação foi possível perceber a dimensão dos problemas ambientais causados pelos resíduos; porém, entende-se também que há soluções viáveis para a diminuição desse impacto. Tomando como exemplo a fabricação de toda a demanda de mobiliário necessária para atender à creche municipal mencionada, ou seja: nove estantes, quatro mesas e dezesseis bancos, seriam possíveis reduzir 239 kg de resíduos apenas na execução deste projeto, estimativa essa baseada na pesagem dos protótipos. Mesmo considerando que os móveis prototipados possuem o material compacto (somente MDF) e os “recipientes” das empresas podem conter “espaços” internos em virtude dos formatos e dimensões das peças, é possível inferir que ações de reaproveitamento dessa natureza, seriam capazes de reduzir em torno de, no mínimo, 40% do volume semanal gerado por empresa. Caso fosse adotada uma política de reaproveitamento para uso de retalhos em projetos cotidianos, tal ação poderia obter ainda melhor resultado.

Outro aspecto a se destacar é a etapa de desenvolvimento dos projetos, considerada muito relevante em função da grande dificuldade de se trabalhar com resíduos, pelas limitações no processo de criação. Em contrapartida, essa dificuldade estimula o processo de criatividade em busca de soluções eficientes, resultando em novos projetos, e diferenciando-se dos já existentes. Os resíduos utilizados como matéria prima podem também proporcionar um maior significado e valor para o mobiliário ou outro objeto criado.

Embora as ações de reaproveitamento dos resíduos seja necessário, como mencionado, elas ainda são insuficientes, quando ocorrem de forma isolada. Nesse sentido, adotar estratégias e diretrizes de projeto deve fazer parte do planejamento da empresa, orientada pelo design estratégico, afim de auxiliar na minimização dos danos ambientais ainda na etapa projetual, transformando todo o processo - desde a criação até a sua fabricação, em um processo sustentável.

Nesse cenário, a busca de parcerias com as empresas moveleiras torna-se fundamental, no sentido de implementar diretrizes sustentáveis em sua gestão empresarial e também em seu processo de fabricação. Entende-se que ações desta natureza somente poderão ocorrer por meio de um processo de aprendizagem social que demandará tempo, vontade e determinação dos parceiros envolvidos. Ainda há muito que caminhar.

No entanto, ações pontuais iniciais podem e devem servir de exemplo para a busca de modelos mais colaborativos e também cooperativos. Acredita-se que um processo gradual e contínuo de intervenções isoladas pode conduzir a uma difusão de ações tanto em número (aumento de empresas participantes de iniciativas semelhantes) quanto em escala (proporção da ação dentro da mesma empresa). Nesse caso, o impacto das ações tenderá a orientar uma mudança de paradigma, de forma a permitir a consolidação das ações dessa natureza, e contribuindo não somente para resguardar o meio ambiente mas, principalmente para o despertar da consciência social e ambiental rumo a um planeta sustentável e mais verde.

Referências

ABRÃO, Julia Souza. Design e Sustentabilidade no Setor Moveleiro: diagnóstico e proposição de soluções estratégicas para o controle de resíduos nas MPEs de Uberlândia/MG. Orientador: profa. dra. Viviane G. A. Nunes. Design e criatividade no setor moveleiro de Uberlândia/MG: Estratégias sustentáveis para a redução dos resíduos da produção Relatório Final, 2017.

ABRÃO, Júlia Souza. Design, Estratégia e Colaboração: Criação de um sistema como alternativa para o reaproveitamento de resíduos no setor moveleiro sob medida. 2017. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Design, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

AZEVEDO, Luciana Teodoro da Rocha; MACHADO JUNIOR, Juscelino. Design Ecológico e Sustentável para todos? In: CASTRO, Maria Luiza A.C. de; NUNES, Viviane dos Guimarães Alvim. Os Desafios Projetuais na Construção da Sustentabilidade. Uberlândia: JT Soluções Gráficas Ltda/ufu, 2008. Cap. 11. p. 82-89.

CALES, Gilberto Dias. **Planejamento Estratégico, Competitividade E Sustentabilidade Na Indústria Mineral: Dois Casos De Não Metálicos No Rio De Janeiro.** Rio de Janeiro: Cetem, 2006. 237 p.

CASTRO, Gabriela Varanda de. **Design de Interiores e Consumo: A Percepção dos Aspectos Sócio-Ambientais em Móveis e Objetos Decorativos.** 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CASTRO, Maria Luiza A. C. de; NUNES, Viviane dos Guimarães Alvim. Apresentação: Projeto e Sustentabilidade. In: CASTRO, Maria Luiza A.c.de; NUNES, Viviane dos Guimarães Alvim. **Os Desafios Projetuais na Construção da Sustentabilidade.** Uberlândia: JT Soluções Gráficas Ltda/UFU, 2008. Cap. 1. p. 13-15.

CAVALCANTI, J. E. A década de 90 é dos resíduos sólidos. Revista Saneamento Ambiental – nº 54, p. 16-24, nov./dez. 1998. Acesso em 05 jan. 2005. GROSZEK, F. A deficiência na fiscalização. Revista Saneamento Ambiental – nº 54, p. 16- 24, nov./dez. 1998. Acesso em 15 jan. 2018.

CHELALA, Cláudia M.S. A Questão Urbana a partir do Enfoque da Evolução Social. In: CASTRO, Maria Luiza A.C. de; NUNES, Viviane dos Guimarães Alvim. **Os Desafios Projetuais na Construção da Sustentabilidade.** Uberlândia: JT Soluções Gráficas Ltda/UFU, 2008. Cap. 2. p. 17-25.

FEDERIZZI, Carla Link. **Design para inovação social: a cidade feita pelas pessoas.** 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2014.

KAZAZIAN, Thierry. **Design e desenvolvimento sustentável:** Haverá a idade das coisas leves. São Paulo: Senac, 2005. 194 p.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis:** os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MANZINI, Ezio. **Design para a inovação social e sustentabilidade:** Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. 103 p. Tradução de Carla Cipolla.

MERONI, Anna. Strategic design: where are we now? Reflection around the foundations of a recent discipline. **Strategic Design Research Journal**, [S.1]. v. 1, n. 1, Dec 1, p.31-38. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ecodesign**. Sem data. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental.html>>. Acesso em: 21 janeiro 2019.

NUNES, Viviane G. A. Design Sustentável: [IM]possível?. In: CASTRO, Maria Luiza A. C. de; NUNES, Viviane dos Guimarães Alvim. **Os Desafios Projetuais na Construção da Sustentabilidade**. Uberlândia: JT Soluções Gráficas Ltda/UFU, 2008. Cap. 9. p. 68-75.

NUNES, V. G. A. Design Pilot Project as a Boundary Object: a strategy to foster sustainable design policies for Brazilian MSEs. Milan, Italy: PhD Thesis in Design. INDACO Department, Polytechnic of Milan. Oct, 2013.

OLIVEIRA, P., ALVARENGA, A., PAES, F., FEITOSA, F., & SILVA, J. Cadeia produtiva da movelaria: o polo moveleiro do Triângulo Mineiro. Viçosa/MG: EPAMIG. 2012, 44p.

RESENDE, H.T.G.R. Design como contribuição para as Práticas Sustentáveis das micro e pequenas empresas moveleiras do Triângulo Mineiro. Relatório Final Iniciação Científica FAPEMIG Edital 05/2014. 2015

SÁ, Marcelo et al. RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: UM DESAFIO PARA A MICRO E PEQUENA EMPRESA. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 1., 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** . Rio de Janeiro: Seget, 2013. p. 1 - 11.

SCALETSKY, Celso Carnos; COSTA, Filipe Campelo Xavier da; BITTENCOURT, Paulo. Primeira parte:: Reflexões sobre Design Estratégico. In: SCALETSKY, Celso Carnos. **Design Estratégico em ação**. São Leopoldo: Unisinos, 2016. Cap. 1. p. 14-17.

SENAI, FIEMG, SEBRAE, & SINDMOB. (2006). Diagnóstico empresarial das indústrias moveleiras de Uberlândia e Região. Uberlândia: Sistema FIEMG. Pool Comunicação. 2006, 88p.

TACHIZAWA, Takeshy. **Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: Estratégias de Negócios Focadas na Realidade Brasileira**. São Paulo: Atlas S/A, 2002. 381 p.

TEIXEIRA, Joselena de Almeida. **O Design Estratégico Na Melhoria Da Competitividade Das Empresas**. 2005. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Cap. 5. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102212>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

THIOLLENT, Michel. Metodologia da Pesquisa-Ação. São Paulo: Cortez, 1985.

Shopping Centers: Análise das práticas de sustentabilidade aliadas ao bem-estar dos usuários

Shopping Centers: Analysis of sustainability practices coupled with user well-being

Adriel Simões de Mendonça, Mestrando, Universidade Federal de Uberlândia

adriel.mendonzza@gmail.com

Viviane dos Guimarães Alvim Nunes, Professora, Universidade Federal de Uberlândia

viviane.nunes@ufu.br

Juliano Aparecido Pereira, Professor, Universidade Federal de Uberlândia

julianopereira.arq@ufu.br

Resumo

Esse artigo tem por objetivo fazer uma análise exploratória sobre as práticas de sustentabilidade aplicadas a *shoppings centers* a partir do bem-estar. Por meio de pesquisas exploratórias através de estudos de caso, buscou-se compreender as principais práticas de sustentabilidade em dois *shoppings centers*, um que foi concebido com conceitos de sustentabilidade e outro que aplicou essas práticas em seu estabelecimento. A primeira parte do artigo busca compreender o conceito de sustentabilidade; a segunda, abrange as principais práticas desse conceito em *shoppings centers*; a terceira, conceitua o papel da sustentabilidade na perspectiva do bem-estar dos usuários nesses espaços e, por último, são apresentados os estudos de caso. A pesquisa permitiu concluir que essas práticas têm aumentado nesses tipos de equipamentos, seja em novos empreendimentos, seja em empreendimentos já construídos, assinalando uma grande preocupação com nosso planeta.

Palavras-chave: Sustentabilidade do ambiente construído; *Shopping Center*; Bem-Estar em *Shopping Centers*.

Abstract

This article aims to make an exploratory analysis of the sustainability practices applied to shopping malls based on well-being. Through exploratory research through case studies, we sought to understand the main sustainability practices in two shopping malls, one that was conceived with sustainability concepts and the other that applied these practices in its establishment. The first part of the article seeks to understand the concept of sustainability; the second covers the main practices of this concept in shopping malls; the third, conceptualizes the role of sustainability in the perspective of the well-being of users in these spaces, and, finally, the case studies are presented. The research allowed us to conclude that these practices have increased in these types of equipment, be it in new ventures or already built ventures, signaling a great concern with our planet.

Keywords: *Sustainability of the built environment; Shopping center; Wellness in Shopping Centers.*

1. Introdução

O termo sustentabilidade tem ficado mais evidente nas últimas décadas e gerado debates no meio empresarial. Existem várias definições e conceitos para o termo “sustentabilidade” que foram elaboradas de acordo com a área e os objetivos dos estudos desenvolvidos, o que levou à ampliação excessiva de seu significado. A definição de sustentabilidade mais difundida é do Relatório *Brundtland* (WCED, 1987), o qual considera que o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as do futuro. A partir daí, surgiram novas definições, e ainda surgirão várias outras no futuro; entretanto, todas elas terão um ponto comum que está nas dimensões que compõem o termo sustentabilidade.

Essas dimensões são também conhecidas como *Triple Bottom Line*, e formam o tripé da sustentabilidade, seguido de três conceitos básicos, onde cada um desses aspectos deverá estar estritamente ligado e de forma bem definida. As dimensões social, econômica e ambiental, compõem esse tripé e deve estar em sintonia e para se desenvolver de forma sustentável, uma empresa deve atuar de forma que esses três pilares coexistam e interajam entre si de forma plenamente harmoniosa.

Sendo assim, na aplicação desse conceito, estão as organizações que adotam o modelo de administração de serviços como meio de se destacarem no mercado (ALBRECHT, 2002). A prestação de serviços se diferencia de bens físicos, principalmente por ser um processo e não um produto. Na maioria, são atividades produzidas e consumidas ao mesmo tempo e há casos em que o cliente participa do processo de produção (GRÖROOS, 2004). Assim sendo, o *shopping center* tem papel importante na evolução do varejo em relação à introdução das atividades focadas em serviços para aumento da competitividade das organizações (LEWISON, 1994).

As ideias de bem-estar operam como atrativos sociais, capazes de estimular e direcionar ações, tanto de demanda quanto de oferta de produtos e serviços. Sendo assim, os *shoppings center* passam a serem lugares onde as pessoas buscam bem-estar, fazendo com que o tempo de permanência nesses espaços seja elevado, a partir da prestação de serviços e do lazer oferecidos por esses empreendimentos.

Portanto, esse artigo tem como finalidade, fazer uma análise exploratória sobre as práticas de sustentabilidade, aplicadas a *shoppings centers* gerando bem-estar aos seus usuários.

2. O Conceito de Sustentabilidade

A propagação das tecnologias de informação e comunicação (TICs), estimulam a consciência das preocupações com a saúde do nosso planeta. Assim, a aplicabilidade da sustentabilidade se tornou mais frequente, tendo como objetivo diminuir os impactos ambientais no planeta e conseqüentemente melhorar nossa qualidade de vida. (MIKHAILOVA, 2004)

Mas afinal, o que é sustentabilidade? Do latim, *sustentare*, a palavra “sustentável” significa cuidar, sustentar, conservar e apoiar. Definir as ações e atividades humanas que pretendem suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer as gerações

futuras é o fundamento da Sustentabilidade. (CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008, p. 289). Esta está relacionada diretamente ao desenvolvimento econômico, social e material, usando os recursos naturais de forma inteligente, reduzindo impactos no meio ambiente e propondo sua conservação.

A humanidade pode garantir o desenvolvimento sustentável, segundo a WWF Brasil:

“Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, garantindo a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.” (2018, p. 1)

São considerados os três pilares da sustentabilidade, - *Triple Bottom Line* - aspectos ambientais, sociais e econômicos. Esses precisam estar integrados entre si, para que a sustentabilidade aconteça. De acordo com Almeida (2002), a dimensão econômica inclui não só a economia formal, mas também as atividades informais que provêm serviços para os indivíduos e grupos e aumentam, assim, a renda monetária e o padrão de vida dos indivíduos. Na esfera ambiental, estimula empresas a considerarem o impacto de suas atividades sobre o meio ambiente, na forma de utilização dos recursos naturais, e contribui para a integração da administração desses recursos na rotina de trabalho. No que tange os aspectos sociais, consiste nas qualidades dos seres humanos, como suas habilidades, dedicação e experiências, abrangendo tanto o ambiente interno da empresa quanto o externo (ALMEIDA, 2002).

Nas décadas de 1960 e 1970, ainda na efervescência das profundas mudanças socioculturais, iniciam-se as grandes reflexões sobre os danos causados ao meio ambiente, gerando os primeiros esforços de uma consciência ecológica com uma postura ativa. Gradualmente, o tema deixa de ser uma esquisitice de grupos específicos e se torna desafio global. No final dos anos 1960, o Clube de Roma debatia as questões ambientalistas em várias partes do planeta. A comunidade científica foi impactada com o primeiro relatório gerado pelos mesmos (*Limits to Growth* de 1972). Apontou-se cenários bastante preocupantes a respeito do destino do planeta se o desenvolvimento permanecesse como no momento.

A partir daí vários outros relatórios foram elaborados, todos com o mesmo fundamento: preservar o meio ambiente. Alguns que são referência como Desenvolvimento Sustentável (CORRÊA, 2009): Relatório do Clube de Roma: Limites do Crescimento (1972); Declaração de Estocolmo (1972); Relatório de *Brunland*: Nosso Futuro Comum (1987); Declaração do Rio (1992); Agenda 21 (1992).

O conceito de sustentabilidade vigente teve origem em Estocolmo, na Suécia, na Conferência da ONU (Organização das Nações Unidas) em 1972 - a Conferência de Estocolmo - foi a primeira sobre meio ambiente e chamou atenção internacional principalmente para as questões relacionadas à degradação ambiental e à poluição. (CORRÊA, 2009)

Em 1992, na Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92 ou Rio-92), que aconteceu no Rio de Janeiro, foi consolidado o conceito de desenvolvimento sustentável. Ou seja, a longo prazo, de maneira que não fossem exauridos os recursos naturais utilizados pela humanidade. Originou-se também a Agenda 21, um documento que estabeleceu a importância do comprometimento de todos os países com as soluções dos problemas socioambientais. Sua meta era estimular a criação de uma nova organização econômica e civilizatória, e trouxe reflexões sobre o planejamento participativo em nível local, nacional e global.

A partir de então, o termo "sustentabilidade" foi incorporado no meio político, empresarial e nos meios de comunicação de massa de organizações da sociedade civil. Entretanto, os que utilizam o termo, não parecem entender as causas da "insustentabilidade". Isso porque o desenvolvimento dos países continua a ser medido por meio do crescimento perpétuo da produção, que se dá através da exploração dos recursos naturais. Em contraste com esse paradigma surgiu a proposta do "decrecimento" econômico. Ao lado desse debate, outras visões competem para se posicionar, por exemplo as economias solidárias, circular, criativa, regenerativa. (ECYCLE, 2018)

3. A sustentabilidade ambiental em *shoppings centers*

A partir de 1980, as indagações sobre a sustentabilidade se desdobraram em diversos segmentos na sociedade, dentre eles, a construção civil. Sua incorporação às práticas da construção é crescente no mercado entre governos, consumidores, investidores e associações que advertem e estimulam o setor a praticar atividades sustentáveis. (NÄÄS, YEMAL, TEIXEIRA, 2011). O setor deve ainda, propor soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento. Assim, tornar-se-á o empreendimento sustentável desde a construção até a execução. (CORRÊA, 2009)

Aplicando esses conceitos à grandes empreendimentos comerciais, como *shopping centers*, podemos observar que o consumo de energia - um dos principais gastos mensais - pode ser amenizado. Segundo a Associação Brasileira de *Shopping Centers* (ABRASCE, 2018), as despesas em alguns casos, pode chegar até 45% dos gastos condominiais. Assim, voltando o projeto para a sustentabilidade, os benefícios de tornar o empreendimento ambientalmente correto e desde o *design* até a operação diária, são de grande valia para o meio ambiente e economia.

Os *shoppings centers* são equipamentos comerciais e de serviços, reúne um ou mais prédios contíguos, com variadas lojas de vendas a varejo e diversas mercadorias. Esses edifícios são instalados geralmente em locais de fácil acesso, ao longo das principais vias arteriais e expressas das cidades.

No Brasil e no mundo já temos vários exemplos de *shopping centers* sustentáveis: na maioria das vezes, os gestores ambientais buscam soluções como adoção de luminosidade natural, com vãos de vidro e claraboias ou iluminação com lâmpadas de LED; sistemas inteligentes de escadas rolantes e ar-condicionado; economia de água; água de reuso para determinados fins, e substituição de energia elétrica por energias renováveis com eficiência energética; entre outros procedimentos. (ROMERO, 2017)

O setor exige uma contínua revisão de procedimentos na busca de maior eficiência e menor impacto ambiental, assim como promoção de melhorias na área ao redor do empreendimento. A evolução tecnológica possibilita uma ampla gama de medidas para atingir tais objetivos, como: substituição de materiais por equivalentes energeticamente mais econômicos; utilização de sistema de "entalpia" para a climatização dos ambientes, o que promove a troca de ar quando a temperatura externa é favorável; utilização de fontes renováveis de energia; reaproveitamento e economia de água; coleta seletiva do lixo; uso de produtos de limpeza biodegradáveis; estação própria de tratamento de esgoto; e utilização crescente de iluminação natural.

Além do alto consumo de energia, outro fator que impulsiona a sustentabilidade nos *shoppings centers* é a preferência por empreendimentos verdes, investindo na construção dos chamados “*Green Buildings*”, contribuindo para que cada vez mais as empresas adotem na sua política global, a aplicação de práticas ambientais. *Green Building* é um edifício ou qualquer espaço ou ambiente construído considerando a sustentabilidade social, ambiental e econômica, desde a sua concepção, construção e durante toda a sua operação. No Brasil, esse tipo de construção é certificado pela organização não governamental *Green Building Council Brasil*. De acordo com a GBCB, mais de mil construções já possuem certificação sustentável, o que deixa o Brasil na 4ª posição mundial. (ROMERO, 2017)

Baseado em novas necessidades tanto do mercado quanto da sociedade, o setor exige uma revisão contínua dos processos em busca de maior eficiência e menor impacto ambiental. Ao estruturar-se nessas premissas surge o conceito de construções sustentáveis. Coligado com a evolução tecnológica, já pode ser visualizado um engajamento do setor nas construções de novos empreendimentos seguindo os conceitos sustentáveis. As iniciativas associadas com a ideia de construções sustentáveis são fatores a serem considerados na gestão eficiente e eficaz de um *shopping* (CASTELLO et al., 2015).

Todas essas práticas sustentáveis adotadas pelos *shopping centers* são um imenso ganho para a sociedade, entretanto, não se pode refutar a ideia de que o *shopping center* está intimamente entrelaçado com o consumismo exacerbado, impulsionado por várias razões, tais como o desejo de posse para se sentir parte de algum grupo, a influência maciça da mídia no comportamento do consumidor, o perfil impulsivo do indivíduo. Embora as práticas ambientais estejam se consolidando em edificações desta natureza, ainda há um longo caminho a percorrer com relação às práticas de consumo contemporâneas. (ROMERO, 2017)

Vale ressaltar, entretanto, que um dos maiores desafios da manutenção do projeto sustentável em um *shopping* é a garantia de que o cliente final não será afetado com as mudanças realizadas. Reduzir o consumo de energia ou otimizar a operação de infraestrutura não deve interferir no grau de adequabilidade do ambiente. (BONFIM, 2009)

4. O papel do bem-estar em *shoppings centers*

A sustentabilidade social sugere a igualdade dos indivíduos, baseada no bem-estar da população. Para isso, é necessária a participação da população, com intuito de fortalecer as propostas de desenvolvimento social, acesso à educação, cultura e saúde. As ações socialmente sustentáveis não são importantes apenas para as pessoas menos favorecidas. Quando colocadas efetivamente em prática, possuem a capacidade de melhorar a qualidade de vida de toda população.

Assim, as ideias de bem-estar operam como atrativos sociais capazes de estimular e direcionar ações tanto do lado da demanda quanto da oferta de produtos e serviços. A fim de minimizar riscos e incrementar oportunidades intrínsecas a transição para a sustentabilidade, devemos considerar e mudar profundamente as ideias dominantes nesse campo. (MANZINI, 2007)

De acordo com Veiga e Zatz (2008), “bem-estar” significa a plena satisfação das necessidades e desejos do ser humano, através de soluções harmônicas com os limites do meio ambiente. Características elementares para se alcançar este bem-estar incluem: ter uma

vida longa e saudável; ter instrução e acesso a recursos que permitam um nível de vida digno, além de ser capaz de participar da vida em comunidade. Sem estas características não é possível fazer outras escolhas, garantir seus direitos e se envolver em decisões.

“Dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável, a “produção de bem-estar” substitui a busca pela “produção de produtos”, o que se configura em uma mudança radical de paradigma em relação ao pensamento ortodoxo do crescimento.” (VEZZOLI, 2018). De fato, Daly (2010) argumenta que a partir de certo patamar, o crescimento econômico e aumento do consumo e acúmulo de bens serviços ficam dissociados da felicidade e bem-estar. Portanto, alcançar este bem-estar pode estar desvinculado da oferta de novos artefatos físicos.

Os *shoppings centers* passam a serem locais onde as pessoas buscam pelo bem-estar. Assim aumentando o tempo de permanência nesses espaços, a partir da prestação de serviços e do lazer oferecidos por esses empreendimentos. A partir dessa ideia, os conceitos de bem estar citados anteriormente passam a ser mais difundidos nesse setor, com a adaptação dessas práticas, como iluminação com lâmpadas de LED; sistemas inteligentes de escadas rolantes e ar-condicionado; reaproveitamento da água pluvial, e energias renováveis com eficiência energética; entre outros procedimentos, e a concepção de novos projetos com esses conceitos e práticas de sustentabilidade e bem-estar.

5. Estudos de caso

Para compreender melhor como é aplicação dos conceitos de sustentabilidade ligados à dimensão ambiental discutidos, será feita a análise de dois *shoppings centers*: 1) o *Serramar Parque Shopping*, que foi originalmente concebido a partir de conceitos sustentáveis; 2) o *Shopping Eldorado*, que adotou tais práticas em seu estabelecimento.

5.1 *Serramar Park Shopping*

Localizado em Caraguatatuba, São Paulo, uma cidade litorânea, a 600m da praia de Caraguatatuba, no litoral Norte de São Paulo, na rodovia que liga a cidade à vizinha São Sebastião, em um novo eixo de desenvolvimento da cidade. Além do aspecto da localização, alguns dos elementos da paisagem do entorno também foram levados em consideração: a presença de um córrego, o sentido dos ventos predominantes; a vista para a serra da mantiqueira; e as possíveis intervenções futuras. Assim, o resultado do projeto é uma consequência natural da inspiração do lugar, aliado ao conceito de *shopping* das grandes cidades. (HELM, 2012)

Através de estudos minuciosos das condições geográficas e climáticas para atender as necessidades do cliente, precisavam fazer um shopping sustentável financeiramente, ou seja, com baixo custo de manutenção. Com essas diretrizes, os arquitetos optaram por um empreendimento térreo, sem elevadores nem escadas rolantes e limitaram o uso do ar-condicionado ao interior das lojas e à parte fechada da praça de alimentação. (HELM, 2012)



Figura 1: Possibilidades de Acessos.

Fonte: Mello, modificado pelo autor, 2018.

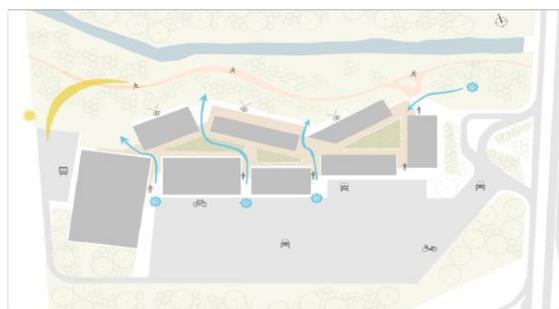


Figura 2: Implantação.

Fonte: Helm, 2012

Com esses aspectos, nasce o conceito de um espaço aberto e integrado à natureza, horizontal, negando o conceito de *shopping* fechado, com térreo aberto e pátios internos arborizados (figura 5) e lojas abertas para corredores. (figura 3 e 4). Os blocos são implantados de forma irregular e angulada, separados uns dos outros, permitindo uma ventilação natural e oferecendo uma dinâmica a circulação (figura 1 e 2). São utilizados ventiladores mecânicos para impulsionar a circulação de ar, aproveitando dos ventos predominantes. Dessa forma, com a implantação da volumetria dos blocos com o mesmo desenho angulado, de forma simples e forte, garantiu personalidade à arquitetura e chamando a atenção de todos que passam pelo local. (Figura 3)

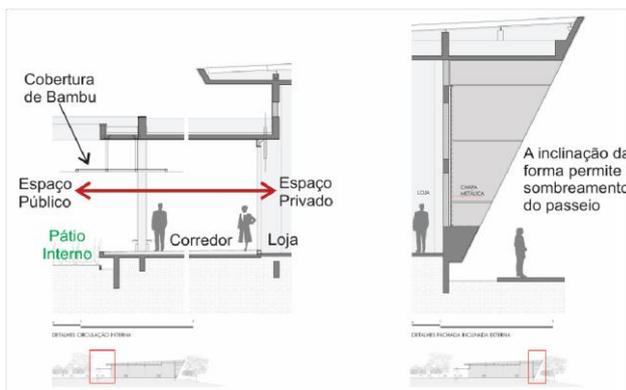


Figura 3: Corte e detalhamento.

Fonte: Helm, modificado pelo autor, 2018

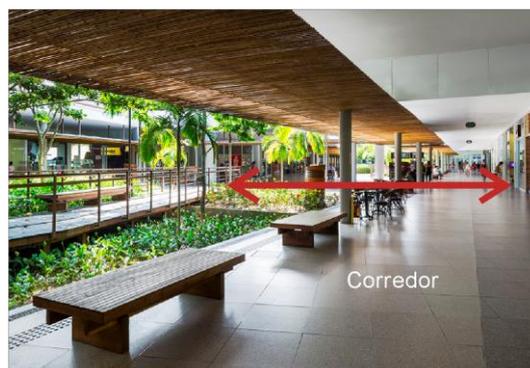


Figura 4: Corredores do shopping

Fonte: Helm, modificado pelo autor, 2018.

Foram projetados três pátios internos arborizados. Além do espaço agradável ao ar livre, os pátios também garantem o conforto térmico dentro dos blocos. O bambu está presente nos brises dos corredores, para proteger melhor a circulação. De cor amendoada, o bambu, um material singular para um *shopping center*, além de barato, permite a retenção de calor, tornando o espaço mais confortável, despojado e aconchegante, dialogando com a atmosfera praiana. (figura 5)



Figura 5: Pátios internos com cobertura de bambu

Fonte: Mello, modificado pelo autor, 2018.



Figura 6: Pátios Internos.

Fonte: Helm, 2012.

O programa foi dividido em blocos, com uma implantação dinâmica que cria aberturas entre as construções e garante a circulação cruzada de ar, tomando o máximo proveito da ventilação natural e da brisa do mar. (Figura 2) O complexo horizontal tem, aproximadamente, 20.3m² de área bruta locável (ABL), 100 lojas – entre âncoras, megalojas e lojas satélites (comércios menores) -, além de hipermercado, *home center*, praça de alimentação, quatro salas de cinema e mil vagas para estacionamento. (HELM, 2012)

5.2 Shopping Eldorado

O *Shopping Center Eldorado* foi o terceiro de São Paulo, inaugurado em setembro de 1981, é administrado por uma empresa privada do ramo de administração de *shopping centers*. Atualmente conta com alamedas de serviços com cerca de 40 opções para o consumidor. No âmbito do lazer e esporte, desde 1993 investe em novas operações, com o espaço cultural e a academia. Em um terreno total de 70.726 metros quadrados, o estacionamento comporta 3500 vagas e oferece serviço de manobrista gratuito, para portadores de deficiência física (RIBEIRO *et al.* 2018). Entre as opções de entretenimento, além do cinema e do teatro, tem boliche, jogos eletrônicos e parques internos (ABRASCE, 2015; SHOPPING ELDORADO, 2015). Inaugurada em 1992, a praça de alimentação foi a primeira a ser inaugurada em *shoppings*, contando com grandes redes de fast food e restaurantes de renome, e um Terraço *Gourmet* (SHOPPING ELDORADO, 2015).

O *Shopping Eldorado* preocupado com o Meio Ambiente buscou ações sustentáveis em seu dia-a-dia, e criou o Projeto Recicla Mundo, um projeto baseado no desenvolvimento sustentável, através de ações Sociais, Econômicas e Ambientais.

O “Projeto de Sustentabilidade – Recicla Mundo” do *Shopping Eldorado*, tem como base a prática de ações ambientalmente corretas que atendam legislações ambientais e priorize a redução do consumo de recursos naturais (energia elétrica, água potável), redução da geração de resíduos, a reciclagem e a reutilização de materiais, a garantia da qualidade do ar interior e a destinação ambientalmente correta de lâmpadas, pilhas, baterias, óleos vegetais e minerais e todos os demais resíduos que normalmente são gerados nestes empreendimentos e podem provocar algum dano ambiental. As sobras de alimentos recebem enzimas que aceleram o processo de compostagem, retiram o odor desagradável e são transformadas em

adubo usado em uma horta no telhado do *Shopping*. (figura 7) No local são produzidos legumes e verduras livres de agrotóxicos e destinados aos próprios colaboradores do *Shopping Eldorado*. (SHOPPING ELDORADO, 2015)



Figura 7: Telhado Verde do Shopping Eldorado Fonte: (SHOPPING ELDORADO, 2015)

O objetivo deste projeto é garantir o desenvolvimento sustentável, a preservação do meio ambiente e o emprego de conceitos de arquitetura que possam contribuir com a redução do consumo de recursos naturais e que possam ser facilmente replicáveis a outras instituições do mesmo segmento.

Dentre os inúmeros benefícios alcançados destacam-se alguns, como: a melhoria da imagem perante os diversos atores que interagem com o empreendimento (*stakeholders*); redução dos custos ambientais; menores riscos de infrações e multas; aumento de produtividade; melhoria da competitividade e surgimento de alternativas tecnológicas inovadoras.

As ações descritas abaixo fazem parte deste projeto e estão totalmente alinhadas com a política ambiental do *Shopping Eldorado*: Reuso da água nos banheiros; Separação de resíduos na praça de alimentação; Coleta seletiva de lixo; Coleta de lixo reciclável; Compostagem; Recicle um sorriso; Descarte correto de pilhas e baterias; Descarte correto de lâmpadas, louças e metais; Secadores de mão nos banheiros; Utilização de água ozonizada nos banheiros; Economia de energia elétrica.

A experiência do *shopping* teve ampla repercussão, se tornou referência e ganhou prêmios de sustentabilidade. No entanto, nada aconteceu sem muito esforço, persistência e também frustrações. O exemplo serve para empresas de qualquer setor e tamanho, que, em algum momento, precisarão responder às exigências (e aos custos) da Lei de Resíduos Sólidos.

5.3 Comparativo analítico dos estudos de caso

Com os estudos de caso, constata-se a ponderação dos investidores e empresários em adotar as principais práticas de sustentabilidade nos *shoppings* desde a sua concepção, como no *Serramar Park Shopping*, que através de estudos feitos do local, como das condições geográficas e climáticas, permitiram construir um shopping sustentável financeiramente, em outras palavras, com baixo custo de manutenção, atendendo assim as necessidades do cliente. Com esses condicionantes, os arquitetos conceberam um empreendimento térreo,

com um programa dividido em blocos, formando uma implantação dinâmica que cria abertura entre as construções e garante a ventilação cruzada, aproveitando o máximo da ventilação natural e a brisa do mar, por estar em um região litorânea, permitindo que não tenha o uso de elevadores e/ou escadas rolantes, limitando o ar-condicionado apenas ao interior das lojas e a parte fechada da praça de alimentação. Nasce então, o conceito de um espaço aberto e integrado a natureza, com o térreo todo aberto e lojas voltadas para corredores e pátios internos arborizados, negando totalmente o *shopping* tradicional fechado. O uso do bambu nos brises dos corredores, sendo um material de baixo custo, além de proteger melhor a circulação, permite a retenção do calor, tornando o espaço mais confortável, despojado e aconchegante, dialogando com a atmosfera praiana, sendo um material singular para um *shopping center*.

Já o *Shopping Eldorado* buscou soluções sustentáveis para seu dia-a-dia, e criou o Projeto Recicla Mundo, um projeto baseado no desenvolvimento sustentável, através de ações Sociais, Econômicas e Ambientais., tendo como objetivo, assegurar o desenvolvimento sustentável, a preservação do meio ambiente e a aplicação de conceitos que possam colaborar com a redução de recursos naturais e da geração de resíduos, a reciclagem e a reutilização de materiais, a garantia da qualidade do ar interior e a destinação ambientalmente correta de lâmpadas, pilhas, baterias, óleos vegetais e minerais e todos os demais resíduos que normalmente são gerados nestes empreendimentos e podendo provocar algum dano ambiental.

Nos dois estudos de caso, constatou diversas práticas de sustentabilidade tanto na concepção do *Serramar Park Shopping*, pensando na disposição dos blocos com uma implantação dinâmica que cria aberturas entre as construções e garante a circulação cruzada de ar, tomando o máximo proveito da ventilação natural e da brisa do mar; tanto no *Shopping Eldorado* que buscou soluções sustentáveis com a redução de recursos naturais e da geração de resíduos, a reciclagem e a reutilização de materiais, a criação do telhado verde, a garantia da qualidade do ar interior e a destinação de todos os demais resíduos que normalmente são gerados nestes empreendimentos e podem provocar algum dano ambiental. Assim, em ambos os empreendimentos, as soluções de sustentabilidade são sempre voltadas pensando no bem-estar e qualidade de vida do usuário, fazendo com que se sintam em locais agradáveis, confortáveis, garantindo sua maior permanência nesses locais, assegurando o bem-estar de seus clientes.

Considerações Finais

É crescente a adoção dessas técnicas na construção civil, estimulando o setor a praticar atividades sustentáveis, propondo soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis, tornando qualquer empreendimento sustentável desde a construção até a execução. É possível perceber que essas práticas têm aumentado em *shoppings center*, seja em novos empreendimentos, seja em empreendimentos em operação, assinalando uma grande preocupação em reduzir impactos ambientais e também no bem-estar dos seus usuários. Desde a concepção arquitetônica, passando pelo *design* até o funcionamento diário, os benefícios são de grande importância para o meio ambiente e para a economia. Com a adoção de práticas sustentáveis, os *shoppings center* tem se preocupado em garantir o conforto e o bem-estar dos seus usuários, como visto nos estudos de casos, onde cada um adotou soluções de acordo com a necessidade de seus clientes e dos condicionantes locais.

Portanto, nesses espaços a preocupação com o bem-estar dos seus usuários, aliado as práticas de sustentabilidade são fundamentais, fazendo com que o usuário se sinta em um local agradável, permanecendo por mais tempo, garantindo o conforto dos seus usuários. Além é claro, da contribuição com o meio ambiente e a diminuição dos impactos financeiros provenientes da adoção de medidas que contemplem o custo-benefício do empreendimento.

Referências

ABRASCE – Associação Brasileira de Shopping Center. (2018). Disponível: <<http://www.portaldoshopping.com.br>>. Acesso em: 17 dez 2018.

ABRASCE. (31 de 01 de 2018). **Desempenho da Indústria de Shopping Centers no Brasil**. Fonte: <http://www.portaldoshopping.com.br>: <http://www.portaldoshopping.com.br/monitoramento/desempenho-da-industria>

Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 158 p.; 21 cm.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

BONFIM, Heloísa. **Sustentabilidade em shopping centers: um caminho sem volta**. Administradores, 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/noticias/negocios/sustentabilidade-em-shopping-centers-um-caminho-sem-volta/28561/>> Acessado em: 21 dez 2018

CASTELLO, C.E.; FONTENELLE, A.P.; FONSECA, E.M.; PIMENTEL, M.O. (2015). **BNDES - Setor de shopping center no Brasil: evolução recente e perspectivas**. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2575/1/BS%2026%20Setor%20de%20shopping%20center%20no%20Brasil_P.pdf>. Acesso em: 22 dez 2018.

CLARO, P. B. O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. (2008). **Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações**. Revista de Administração - RAUSP, vol. 43, núm. 4, outubro-dezembro, 2008, pp. 289-300. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na Construção Civil**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2009. 70p.

ECYCLE. **O que é sustentabilidade: conceitos, definições e exemplos**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/3093-sustentabilidade-o-que-e-conceito-de>> Acessado em: 20 dez 2018.

GRÖROOS, C. **Marketing: gerenciamento e serviços**. Rio de Janeiro: Elsevier (2004).

HELM, Joanna. "Serramar Parque Shopping / Aflalo & Gasperini Arquitetos " 10 Fev 2012. ArchDaily Brasil. Acessado 27 dez 2018.

<<https://www.archdaily.com.br/29619/serramar-parque-shopping-aflalo-e-gasperini-arquitetos>> ISSN 0719-8906

LEWISON, D. M. (1994). Retailing, 5ª. ed. New York, USA: Macmillan College.

MANZINI, Enzo. **Design para a Inovação Social e Sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

MELLO, Tais. **Voltado para o mar. Serramar Parque Shopping**. Galeria da Arquitetura. Disponível em: <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/aflalogasperini-arquitetos/_serramar-parque-shopping/104> Acessado em: 27 dez 2018

MIKHAILOVA, I. **Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática**. Revista Economia e Desenvolvimento, nº 16, 2004.

NÄÄS, I. A. YEMAL, J. A., TEIXEIRA, N. O. V. **Sustentabilidade na Construção Civil**. 3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production. São Paulo, Brazil – May/2011. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6B/8/Yemal_JA%20-%20Paper%20-%206B8.pdf> Acessado em: 16 dez 2018.

RIBEIRO, Soraia Pinheiro. *et. al.* **Sustentabilidade aplicada a serviços de varejo: um estudo empírico em um shopping center de São Paulo**. Universidade Presbiteriana Mackenzie, Revista Metropolitana de Sustentabilidade - RMS, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 72-93, Jan./Abr., 2018.

ROMERO, Roberta. **Um novo conceito de shopping sustentável**. 2017. Papo na Web. Disponível em: <<http://paponaweb.com.br/blogs/espaco-sustentavel/um-novo-conceito-de-shopping-sustentavel/>> Acessado em: 22 dez 2018

SANTOS, G. S., SEHNEM S. **Análise de práticas voltadas para sustentabilidade em um shopping center catarinense, segundo as diretrizes do Global Reporting Initiative – GRI**. Universidade do Oeste de Santa Catarina. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão Volume 11, Número 2, 2016, pp. 216-227.

Shopping Eldorado (2015). Disponível em: <<http://www.shoppingeldorado.com.br/card/projeto-telhado-verde>>; <<http://www.shoppingeldorado.com.br/card/historia>> Acesso em: 5 dez 2018.

VEZZOLI, Carlo. **Sistema produto + serviço sustentável: fundamentos** / Carlo Vezzoli, Cindy Kohtala, Amrit Srinivasa ; traduzido por Aguinaldo dos Santos. - Curitiba, PR : Insight, 2018. 178p.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENTAL AND DEVELOPMENT (WCED). Our common future. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WWF BRASIL. **Da teoria à prática**. WWF Brasil. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/participe/porque_participar/sustentabilidade/> Acessado em: 20 dez 2018.

Substituição de 80 e 90% de Cimento por de Cinza de Casca de Arroz e Cinza Volante na Argamassa

Substitution of 80 and 90% of Cement per Grain of Rice Peel and Fly Ash in the Mortar

Andréia Balz, Acadêmica do Curso de Engenharia Civil.

E-mail: bzandreaia@yahoo.com.br

Marcos Tres, Acadêmico do Curso de Engenharia Civil.

E-mail: marcos-tres@hotmail.com

Jeanine Bieger, Acadêmica do Curso de Engenharia Civil.

E-mail: jeaninebieger@hotmail.com

Samara Iasmim Schardong, Acadêmica do Curso de Engenharia Civil.

E-mail: samiasmim@hotmail.com

Resumo

Atualmente, torna-se cada vez mais relevante a busca por materiais alternativos que possam substituir o cimento em misturas de argamassas, e dois exemplos de potenciais materiais são a Cinza de Casca de Arroz e a Cinza Volante. Sob este contexto, buscou-se por pesquisa referencial e experimental, realizar a substituição máxima do cimento por diferentes teores de cinza de casca de arroz e cinza volante na argamassa, realizando ensaios de resistência à compressão e a tração. Em uma mistura substituiu-se 90% do cimento e nas outras a substituição foi de 3,80%. A partir da análise experimental, obteve-se resultados abaixo do esperado, porém, é possível observar a possibilidade de substituição quase total do cimento é viável quando a argamassa a ser utilizada não necessita um alto desempenho de resistência.

Palavras-chave: Argamassa; Cinza de casca de arroz; Cinza volante

Abstract

Nowadays, the search for alternative materials that can replace cement in mortar mixes is becoming more relevant, and two examples of application materials are Rice Peel Ash and Fly Ash. In this context, search for reference and experimental research, to conduct a study type license for samples of paper and gray bark experience, and carry out tests of resistance to compression and traction. In one mixture, 90% of the cement replaced, and in the others, the replacement was 3.80%. From the experimental analysis, a lower than expected value is obtained, however, it is possible to observe the possibility of replacing the entire resistance performance.

Keywords: Mortar; Rice peel ash; Fly gray

1. Introdução

O cimento é o constituinte mais caro de concreto e argamassas, o qual também necessita do aquecimento de matérias prima em fornos para sua produção e libera aproximadamente uma tonelada de gás carbônico para cada tonelada de cimento produzido. Desta maneira torna-se cada vez mais relevante a busca por materiais alternativos, que possam diminuir custos, preservar recursos naturais e se possível agregar características ao concreto (DUARTE, 2008).

Um exemplo de materiais alternativos são as adições minerais chamadas de pozolanas que são há muito tempo utilizadas, com a intenção de melhorar a qualidade da pasta do cimento. A sílica ativa, a cinza volante com teores de cálcio baixos e a cinza proveniente da casca de arroz são chamadas de pozolanas, já a escória de alto forno e a cinza volante com teores elevados de cálcio, são denominados como materiais cimentícios, por gerar compostos hidratados de cálcio no concreto (FRIZZO, 2001).

A cinza de casca de arroz (CCA) é um resíduo da queima da casca de arroz, sendo que geralmente não há uma destinação específica. Essa casca é usualmente queimada para combustível como beneficiamento das próprias indústrias de arroz, gerando uma cinza que pode ser incorporada aos concretos e argamassas, como pozolana, em substituição parcial do cimento (BEZERRA, 2010).

Para a utilização da cinza de casca de arroz como adição ou substituição parcial no cimento é necessário um processo controlado de queima e moagem para ela se tornar uma pozolana viável de aplicação. (MISSAU, 2004) Uma característica única da CCA, que a diferencia das demais pozolana é o fato de contribuir na resistência nas idades iniciais, assim havendo a possibilidade de inserção da mesma com outras pozolanas (ISAIA 1995).

Segundo Pereira et al (2015) a substituição de cimento Portland por cinza de casca de arroz em concretos e argamassas se mostra satisfatória para os teores de 5% a 10% quando analisado o ganho de resistência à compressão axial, obtendo percentuais de 24% para o concreto, na idade de 28 dias considerando cura úmida.

Um dos principais componentes químicos da CCA é a sílica, que é um fator importante para concretos e argamassas. A sílica atua quimicamente através da reação pozolânica, favorecendo a resistência da pasta do cimento e fisicamente através do efeito filler, de acordo com suas dimensões irá preencher os vazios da estrutura (efeito de empacotamento). Essas duas maneiras de beneficiamento da pasta cimento é consequência da reação do hidróxido de cálcio com a sílica chamada de reação pozolânica (BEZERRA, 2010).

Já a cinza volante é um subproduto industrial que resulta da queima do carvão mineral em fornalhas, entretanto, não é considerada como produto industrial por não ser padronizada. A utilização de rejeitos industriais colabora com a redução da emissão de CO₂ na atmosfera, já que esses rejeitos substituem parte do cimento na produção do cimento Portland (PETRY, 2004).

As propriedades químicas da cinza volante são influenciadas pelas propriedades do carvão mineral a qual a originou. A sua atividade pozolânica está relacionada com a sílica amorfa que reage com a cal livre e água. A utilização em concretos e argamassas pode ser combinada com outras pozolana, no estado fresco irá melhorar a trabalhabilidade,

diminuindo a exsudação, a segregação e aumentando o tempo de pega. Já no estado endurecido gerará ganhos na resistência e na durabilidade, entretanto, nas primeiras idades contribuem para a diminuição das características mecânicas (CARDOSO, 2014).

Frizzo (2001) realizou um estudo de concretos com cinza volante com o acréscimo de teores e finuras variáveis, suas conclusões apontaram a significância do uso desta incorporação em teores altos (50%), também observou que o benefício derivado do uso de cinzas com finuras mais elevadas não compensa o custo da moagem das mesmas, quando analisada a absorção capilar e a permeabilidade do oxigênio.

A proporção ótima para a substituição do cimento por diferentes adições varia de acordo com o tipo de adição que se deseja realizar. Diversos experimentos realizados por pesquisadores indicam os valores mais usuais, que são de 25 a 60% para cinza volante e de 15 a 50% para a cinza de casca de arroz. (FRIZZO, 2001).

Sob este contexto este artigo baseou se em uma pesquisa referencial e experimental, realizando a substituição parcial do cimento por diferentes teores de cinza de casca de arroz e cinza volante na argamassa, pretendendo deixar o mínimo possível de cimento na composição da massa, para teste da resistência à compressão e resistência a tração.

2. Metodologia

Este estudo baseou-se em uma pesquisa experimental, realizada no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul na cidade de Santa Rosa – RS. Efetuando os ensaios de resistência a compressão e a tração, seguindo a NBR 13279 (ABNT 2005).

Realizou-se três amostras por mistura para cada as idade (28 e 91 dias), sendo quatro misturas diferentes mais a referência, que não contem substituição no cimento, o traço escolhido foi 1:0,6:5 (cimento:cal:areia). Após a preparação da argamassa moldou-se os corpos de prova, espalhando a massa uniformemente e em seguida aplicou-se 30 quedas através da mesa de adensamento, sendo esse procedimento realizado em duas camadas. Após desmoldado os corpos de prova mantivesse-os em temperatura ambiente até a idade de rompimento.

Na dosagem de referência utilizou-se 0,8 Kg de cimento, 0,48 Kg de cal, e 4 Kg de areia como pode ser observado na Tabela 1. A mistura 1 fez-se uma substituição no cimento de 30% de Cinza de Casca de Arroz e 50% de Cinza Volante, como ilustrado na Tabela 2. Na mistura 2 substituiu-se o cimento por 20% de Cinza de Casca de Arroz e 60% de Cinza Volante, demonstrado na Tabela 3. A mistura 3 substituiu-se o cimento por 10% de Cinza de Casca de Arroz e 70% de Cinza Volante, como pode ser constatado na Tabela 4. Já a mistura 4 o cimento foi substituído por 30% de Cinza de Casca de Arroz e 60% de Cinza Volante como pode ser verificado na Tabela 5. As misturas 1, 2 e 3 mantiveram um percentual de 20% de cimento, já a mistura 4 optou-se em deixar apenas 10% de cimento na composição, assim para conseguir obter hidratação do cimento acrescentou-se o cal em todas as misturas. Na Figura 1 está os corpos de prova desmoldados das misturas, prontos para ficar em cura em temperatura ambiente até a idade de ruptura.

Referência

Cimento	0,8 kg
Cal	0,48 kg
Areia	4 kg

Tabela 1: Dosagem de Referência. Fonte: elaborado pelos autores.

Mistura 1: 20% cimento, 30% Cinza de Casca de Arroz e 50% Cinza volante

Cimento	0,8 kg	Cimento	0,16 kg
Cal	0,48 kg	Cinza de Casca de Arroz	0,24 kg
Areia	4 kg	Cinza Volante	0,4 kg

Tabela 2: Dosagem da Mistura 1. Fonte: elaborado pelos autores.

Mistura 2: 20% cimento, 20% Cinza de Casca de Arroz e 60% Cinza volante

Cimento	0,8 kg	Cimento	0,16 kg
Cal	0,48 kg	Cinza de Casca de Arroz	0,16 kg
Areia	4 kg	Cinza Volante	0,48 kg

Tabela 3: Dosagem da Mistura 2. Fonte: elaborado pelos autores.

Mistura 3: 20% cimento, 10% Cinza de Casca de Arroz e 70% Cinza volante

Cimento	0,8 kg	Cimento	0,16 kg
Cal	0,48 kg	Cinza de Casca de Arroz	0,08 kg
Areia	4 kg	Cinza Volante	0,56 kg

Tabela 4: Dosagem da Mistura 3. Fonte: elaborado pelos autores.

Mistura 4: 10% cimento, 30% Cinza de Casca de Arroz e 60% Cinza volante

Cimento	0,8 kg	Cimento	0,08 kg
Cal	0,48 kg	Cinza de Casca de Arroz	0,24 kg
Areia	4 kg	Cinza Volante	0,48 kg

Tabela 5: Dosagem da Mistura 4. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 1: Corpos de prova das misturas. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Resultados e Discussões

Após realizados os devidos ensaios, obteve-se então os resultados das resistências a compressão e a tração. Uma vez que os mesmos foram separados por duas idades 28 e 91 dias para compressão e para tração, obteve-se os Gráficos 1, 2, 3 e 4.

Na resistência à compressão aos 28 dias, observa-se no Gráfico 1, que os moldes referências atingiram entorno 16 a 17 MPa, entretanto as misturas todas ficam abaixo de 3 MPa, equivalendo a uma significativa perda de resistência. Para esta situação a mistura 3 foi a que apresentou melhor desempenho entre as 4.

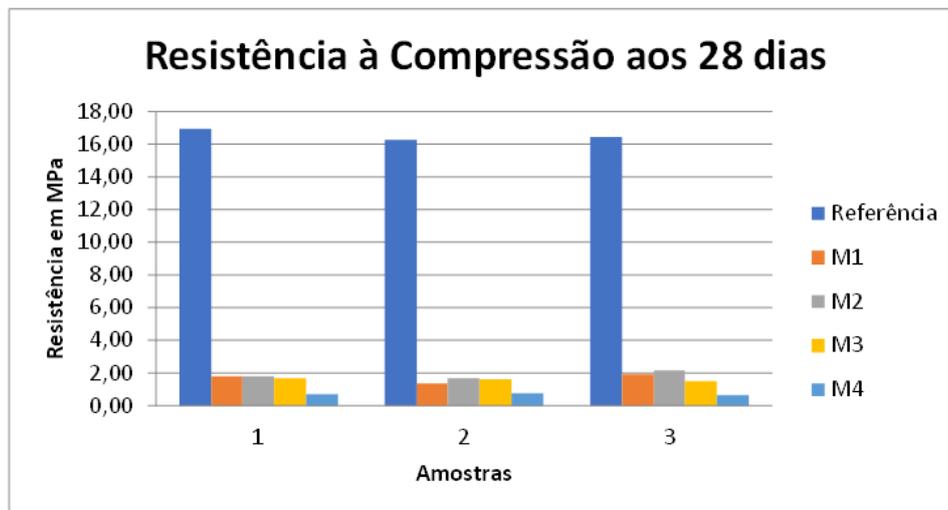


Gráfico 1: Resistência à compressão aos 28 dias. Fonte: elaborado pelos autores.

No Gráfico 2 consta a resistência a compressão aos 91 dias, percebe-se que a mistura de referência não obteve um ganho significativo de resistência, passando a ser de aproximadamente 17 MPa. As demais misturas também não tiveram uma elevação considerável, sendo a M2 a mistura que obteve o melhor desempenho.

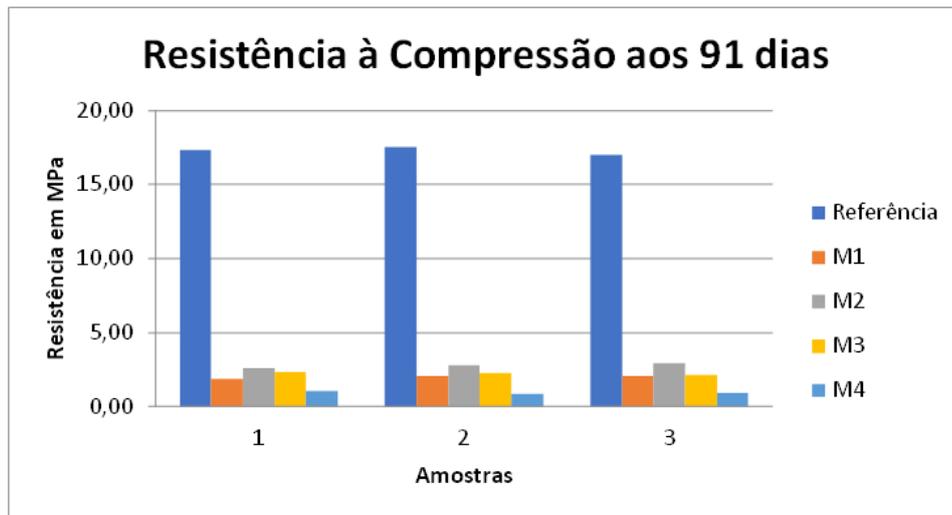


Gráfico 2: Resistência à compressão aos 91 dias. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a resistência a tração os valores obtidos são menores, porém, mais promissores. Ao analisar o Gráfico 3 constata-se que a resistência a tração aos 28 dias para o ensaio referência obtém-se aproximadamente 2,7 MPa e as demais misturas realizadas aproximam-se de 1 MPa, das quais a mistura 1 tem o melhor desempenho.

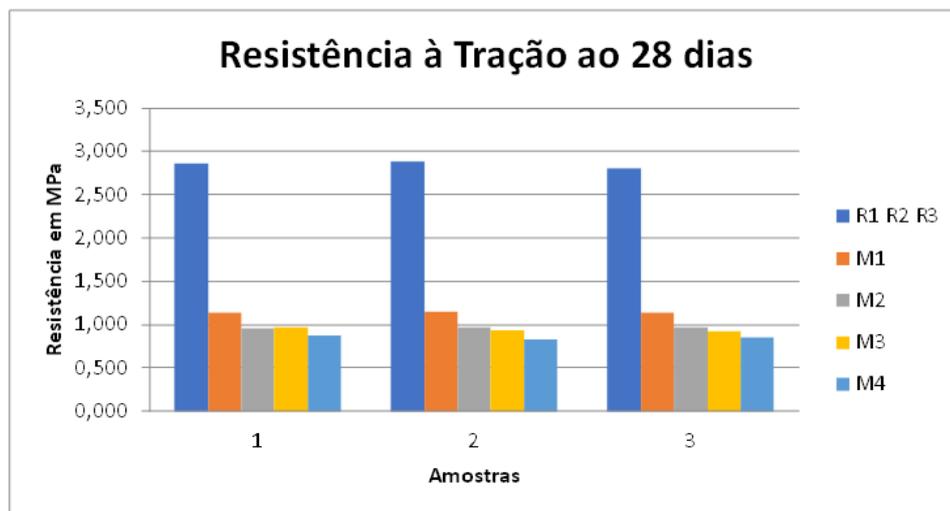


Gráfico 3: Resistência à Tração aos 28 dias. Fonte: elaborado pelos autores.

Na idade de 91 dias, representada no Gráfico 4, nota-se um crescimento das resistências, sendo que a mistura de referência atinge um valor de 3,1 MPa e as misturas com adição também obtêm um significativo crescimento. Nesse caso, novamente a mistura 1 foi a que obteve o melhor desempenho alcançando um valor de aproximadamente 1,2 MPa.

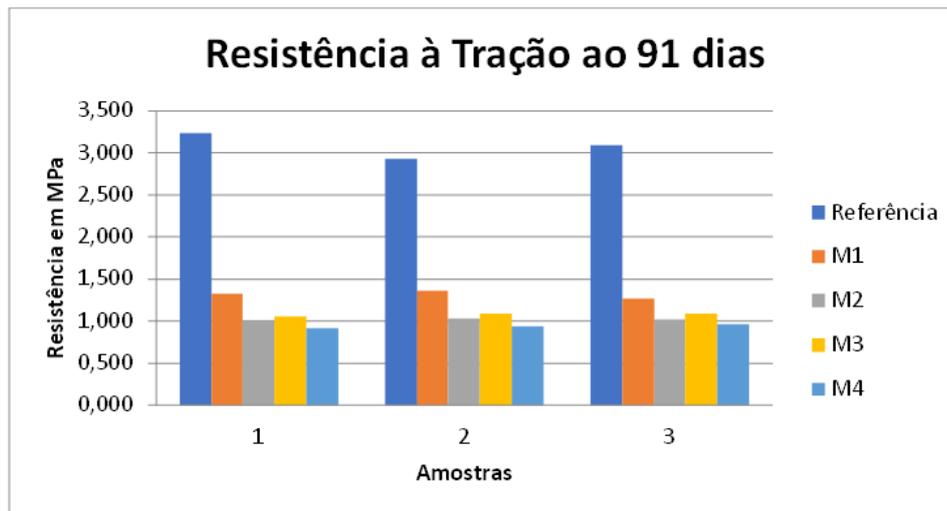


Gráfico 4: Resistência à Tração aos 91 dias. Fonte: elaborado pelos autores.

A Mistura 4 que foi realizada com apenas 10% de cimento na composição, obteve resultado de resistência à compressão bem abaixo das demais misturas, porém ao analisar a resistência à tração há uma proximidade com os resultados das demais.

Tendo esses dados pode-se dizer que a substituição do cimento por Cinza de Casca de Arroz e Cinza Volante em proporções tão altas, e utilizadas em conjunto, originaram misturas com um desempenho reduzido. Essa redução pode ser observada nos baixos valores obtidos nos ensaios de resistências à compressão e tração, e esse fato pode ser justificado pela falta de cimento que dificulta a reação das partículas da argamassa.

Sendo assim, a composição de argamassa com esses dois resíduos, não pode ser descartada, entretanto, é necessário um estudo mais aprofundado dessas composições e considerar a utilização de misturas em que as proporções de cimento sejam maiores. Também é válido realizar adições desses materiais, ao invés de substituição, a fim de verificar as reações que podem ser ocasionadas com o cimento em conjunto com a cinza de casca de arroz e a cinza volante, necessitando assim novas pesquisas e ensaios laboratoriais.

4. Conclusão

Este estudo possibilitou o conhecimento de materiais alternativos que podem substituir o cimento, o qual é um dos grandes responsáveis pela emissão de CO₂ em nosso planeta. Como visto anteriormente, os materiais como a Cinza de Casca de Arroz e a Cinza Volante podem substituir parcialmente o cimento nas argamassas, porém, não em teores tão elevados como neste estudo. Assim, ainda é necessário realizar estudos minuciosos para determinar o teor dessa substituição, a fim de encontrar misturas que possuem viabilidade de serem utilizadas nas argamassas.

A ideia inicial do estudo foi verificar a possibilidade de substituir o maior percentual possível de cimento, por Cinza de Casca de Arroz e a Cinza Volante. Dessa forma a substituição escolhida para as 4 misturas, testadas neste trabalho, levou em consideração os

menores teores possíveis de cimento. Sendo a mais crítica a Mistura 4 com apenas 10% de cimento na composição. Entretanto os resultados de resistência à compressão e a tração não foram satisfatórios, demonstrando a importância de maiores teores de cimento e a necessidade do mesmo para se ter resistências adequadas para a utilização.

A partir desta análise, é interessante elaborar mais ensaios com teores de cimento um pouco maiores, utilizando as cinzas em menores substituições e como adições, de maneira que não prejudique tanto o desempenho mecânico da argamassa. Também é importante que se torne possível utilizar uma quantidade menor de cimento, obtendo as mesmas características das misturas que o possuem, porém, com o uso de materiais alternativos, que de modo geral, não possuem uma destinação definitiva.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1327: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

BEZERRA, Izabelle Marie Trindade. Cinza de casca do Arroz Utilizada em Argamassas de Assentamento e Revestimento. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campinas Grande. Campina Grande, PB, 2010.

CARDOD, Dilson Nazareno Pereira. Influência do Teor de Cinza Volante na Reologia de Argamassas de Assentamento. Fabricado com Reciclagem de Resíduos. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química) – Universidade Federal do Pará. Belém, PA, 2014.

DUARTE, Marcelo Adriano. Estudo da Microestrutura do Concreto com Adição de Cinza de Casca de Arroz Residual Sem Benefício. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2008.

FRIZZO, Benildo Tocchetto. Influência do teor e da finura de pozolanas na permeabilidade ao oxigênio e na absorção capilar do concreto. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. RS, 2001.

MISSAU, Fabiano. Penetração de Cloretos de Concretos Contendo Diferentes Teores de Cinza de Casca de Arroz. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2004.

MISSAU, Fabiano. Penetração de Cloretos de Concretos Contendo Diferentes Teores de Cinza de Casca de Arroz. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2004.

PEREIRA, Adriana Maria et al. Estudo das propriedades mecânicas do concreto com adição de cinza de casca de arroz. Revista Matéria (Rio J.) vol. 20. Rio de Janeiro, 2015, pp. 227-238.

PETRY, Simone Bassan. Estudo da permeabilidade à água na camada de cobertura de protótipos concretos com altos teores de cinza volante. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. RS, 2004.

Desenvolvimento de compósito de fibra têxtil desfibrada advindas de uniformes e resina poliuretana vegetal de mamona

Development of composite of defibered textile fiber from uniforms and castor polyurethane resin

Iris Fabrin Sototuka, Bacharel em Design, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

iris.sototuka@gmail.com

Cristiane Aun Bertoldi, Doutora, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

craun@usp.br

Resumo

Conhecendo os impactos ambientais gerados pela cadeia produtiva da indústria da moda, foram estudadas alternativas para a diminuição da geração destes resíduos têxteis descartados incorretamente no meio ambiente. O trabalho apresenta o processo de desenvolvimento de um material utilizando fibras têxteis descartadas da indústria da moda, identificando e apresentando possibilidades de uso em projetos de design de produtos. Para entendimento do cenário da indústria têxtil atual, foram levantados dados por meio de pesquisas bibliográficas e pesquisas de campo com pequenos produtores e iniciativas que já trabalham com resíduos têxteis em sua produção. Foram analisadas as possibilidades de atuação e formas de ressignificar estes resíduos que seriam descartados de maneira incorreta no meio ambiente. A alternativa explorada foi o uso dessas fibras em um compósito com outro material que não agredisse o meio ambiente. Após pesquisas e conhecimento do material, optou-se por utilizar a resina vegetal de mamona combinada com o desfibrado têxtil para a criação do compósito. Foram feitas experimentações com a resina e o desfibrado têxtil, possibilitando o entendimento sobre esses materiais e seus aspectos como textura, maleabilidade e aparência. Chegando em resultados satisfatórios e de padronização da produção, foram explorados aspectos como a variação de espessura, criação de relevos e formas de acabamento no material, viabilizando suas possíveis aplicações futuras.

Palavras-chave: Resíduos têxteis; Resina poliuretana; Design de materiais; Fibra têxtil.

Abstract

With the environment impacts generated by the fashion industry's productive chain in mind, alternatives were studied in order to lower the textile's residues incorrectly discarded in the environment. This paper aims to show the process of the development of a material reusing textile fibre discarded by the fashion industry, identifying and presenting possibilities of its use in product design projects. For a better understanding of the current textile scenario industry, data were collected by bibliographic and field research with small producers and some initiatives that already work with textile residues in their production. After the interviews some possibilities of actions and ways of reframing the textile residues were analysed before being incorrectly discarded into the environment. The explored alternative was the use of these fibre in a composite with another material that didn't cause any damage to the environment. After researches and knowledge of the material, we opted to use vegetable oil-based castor resin combined with unfibred textile to create a new material. A number of experiments were made with the resin and unfibred textile, allowing the understanding of these materials and aspects such as its texture, malleability and appearance. Achieving both satisfactory results and production padronization, aspects like the thickness, the creation of reliefs and final touches of the material were explored, enabling its future applications.

Keywords: *Textile residues; Polyurethane resin; Material design; Surface design; Textile fibre.*



1. Introdução

Nas últimas décadas, o crescente avanço tecnológico das indústrias, acompanhado do incentivo ao consumo de bens materiais, vem sendo motivo para alertas ambientais quanto ao esgotamento de recursos naturais e o uso irresponsável de materiais sintéticos, ainda mais prejudiciais ao meio ambiente, que são descartados no mesmo ritmo. No livro “Materiais e Design”, Michael Ashby aponta dados preocupantes: a uma taxa global de crescimento de 3% ao ano, extrairemos, processaremos e descartaremos mais coisas nos próximos 25 anos do que em toda a história da civilização (ASHBY, 2011, p.12).

Uma das indústrias que tem crescido exponencialmente e que contribui para o aumento do uso desses recursos naturais é a indústria têxtil e da moda, que estão entre as mais poluentes do mundo. Em suas cadeias produtivas estão envolvidos muitos processos agressivos ao meio ambiente, desde o uso de agrotóxicos nas plantações, do tingimento das fibras com corantes e a consequente eliminação dos despejos industriais até o descarte incorreto de tecidos e fios em lixões a céu aberto. A destinação correta para o resíduo têxtil é o aterro sanitário, para que receba tratamento adequado e não libere elementos poluentes durante sua decomposição, mas na maioria das vezes são descartados antes mesmo de esgotarem as possibilidades de reuso e reciclagem, acabando em solos sem o devido preparo e a consequente contaminação destes por esses resíduos.

Segundo dados da ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil) de 2012, o Brasil gera cerca de 170 mil toneladas de resíduos têxteis vindos da Indústria da moda anualmente e 90% desse material ainda é descartado de forma incorreta. Esses resíduos estão em sua maioria na forma de retalhos e aparas de confecção, mas ainda assim são materiais com valor comercial implícito e que podem ser reaproveitados para a criação de novos produtos e consequentemente ter seu ciclo de vida aumentado (*upcycling*), possivelmente gerando renda.

O presente trabalho tem como objetivo a colaboração para a diminuição do número de resíduos têxteis destinados de forma ambientalmente incorreta, trabalhando com os refugos da indústria têxtil e apresentando alternativas de reuso para esses materiais.

2. Desenvolvimento

2.1. Fundamentação

2.1.1. Pesquisa de Campo

A partir do levantamento de dados sobre a indústria da moda e da constatação sobre a enorme quantidade de descarte incorreto de seus resíduos, viu-se a necessidade de ir a campo para compreensão das ações praticadas em relação ao descarte ou reuso de sobras de materiais, assim como para conhecimento das possíveis oportunidades de trabalho.

Foram realizadas visitas em 2 ateliês de costura, 1 sapataria, 3 tapeçarias e em 2 lojas de vestidos de noiva na região central da cidade de São Paulo, seguidas de entrevista



com os proprietários e funcionários cujo objetivo era levantar informações sobre: o volume de consumo de tecidos; destinação dos resíduos têxteis, suas tipologias (retalhos ou fibras) e o interesse na coleta seletiva desses materiais.

Nos ateliês visitados, percebeu-se que os retalhos quando muito pequenos são, em geral, vistos como materiais sem valor comercial e por esse motivo são descartados em lixo comum, inviabilizando seu uso, ou são doados para familiares, ONG's e igrejas para trabalhos artesanais, na confecção de fuxicos, bichinhos de pelúcia, acessórios, etc.

A maioria dos proprietários entrevistados diziam aproveitar o máximo possível dos tecidos, mas quando muito pequenos eram descartados em lixo comum pois não tinham utilidade. Essa ação pode parecer inofensiva pensando em casos individuais, mas considerando o grande número de pequenos comerciantes soma-se uma quantidade considerável de material passível de ser reaproveitado.

Nos últimos anos vêm crescendo a conscientização sobre os resíduos sólidos gerados e provocando, mesmo que em números baixos, o surgimento de iniciativas e empresas têxteis e de vestuário que trabalham com moda de maneira mais consciente, repensando sua cadeia e incorporando práticas para minimizar o resíduo gerado nesse processo.

Foram realizadas entrevistas também com algumas dessas organizações e empresas que trabalham com material de refugo, foram elas a cooperativa Charlotte Arte em Costura e as empresas Ecosimple, Avah!, Puket e Retalhar. Procurou-se entender o que levou ao início desse trabalho e como funciona a dinâmica de manejo desses materiais.

Após as entrevistas com essas organizações e empresas, foram identificadas as principais ações que envolvem o reaproveitamento e reuso destes materiais, são elas: a transformação em outros produtos (reuso), em não tecidos (reciclagem), em fio para criação de novos tecidos (reciclagem) ou em outros materiais quando combinados com outro componente (*upcycling*).

Mesmo com algumas opções para destinação de resíduos têxteis, o número descartado incorretamente é muito alto por conta da difícil gestão desse material e pela falta de valorização e de investimento em formas de aproveitar esse resíduo. Cada tipo de fibra, seja ela natural, sintética ou artificial, tem características únicas de comprimento (longa ou curta), elasticidade e resistência e cada um desses fatores influencia no momento de sua fiação, no resultado final do tecido e conseqüentemente na dificuldade de separação das fibras por categorias para possíveis reaproveitamentos.

Um dos aspectos interessantes e que despertou atenção nesses processos foi o resultado da reciclagem, onde diferentes cores de retalhos são misturadas e desfibradas para a criação de não tecidos, a mescla obtida do novo material apresenta uma cor acinzentada, totalmente dessaturada com traços de coloração dispersos no material. Perde-se a qualidade cromática, os vários matizes e a cor saturada que diferencia um de outro retalho.

Considerando que os tecidos tingidos têm a capacidade de manutenção de cor por muito tempo e entendendo que o processo de tingimento dos tecidos é altamente poluente, parece um desperdício não considerar a saturação de cor de um material previamente tingido. Viu-se então um potencial de aproveitamento e transformação enorme nesse material. Por esse motivo também notou-se a importância da separação por cor dos retalhos para o processo de reciclagem.

2.1.2. Definição de materiais

Após as entrevistas e o melhor entendimento sobre as possibilidades de manejo dos resíduos têxteis, buscou-se uma área de atuação com potencial de desenvolvimento para este trabalho. Foi feito um exercício para identificação de setores que produzem enorme volume de peças em determinada cor, para aproveitar esta característica cromática do material, pois como mencionado ao misturar tecidos de várias cores, obtém-se um material de coloração cinza, parda, com aspecto sujo. Os setores encontrados foram: confecções de vestidos de noivas e de uniformes.

Como resultado dessa busca, deparou-se com a empresa Retalhar, já entrevistada anteriormente, que realiza a gestão de resíduos de uniformes de grandes empresas. A Retalhar recebe os uniformes e fica responsável por garantir a destinação correta de descarte desses resíduos. Primeiramente, os logotipos, as marcas das empresas e os aviamentos são retirados dos uniformes que depois passam por uma higienização. A seguir, são enviados para o processo de reciclagem e transformados em diferentes tipos de não tecidos. Esses uniformes quase sempre são produzidos em tecidos com as cores predominantes das empresas e chegam para a Retalhar em grandes quantidades. Com a intenção de aproveitar o tingimento já existente nos uniformes, um teste de desfibramento foi feito com as vestimentas de somente uma empresa, e o resultado foi uma fibra com coloração forte.



Figura 1: Fibra têxtil desfibrada na coloração verde. Fonte: elaborado pela autora.



Figura 2: Fibra têxtil desfibrada na coloração laranja. Fonte: elaborado pela autora.

Notou-se nesse material um grande potencial de transformação para aproveitamento desses resíduos e da possibilidade de explorar sua coloração particular. O campo de uniformes de empresas particulares com o diferencial da coloração única de seu desfibrado têxtil, foi o nicho encontrado para atuação deste trabalho, com o intuito de aumentar seu valor agregado utilizando essa fibra para o desenvolvimento de um compósito e a possível aplicação desse material em projetos de design de produto.

2.1.3. Definições/ fundamentação de compósitos.

Segundo LIMA (2003), um compósito é o resultado da união de dois (ou mais) materiais distintos que, por consequência, resulta no somatório das diferentes propriedades, o que lhe confere desempenho superior ao que estes materiais, separadamente não conseguiriam atingir.

As fibras têxteis desfibradas escolhidas são advindas de uniformes de grandes empresas, não oferecendo opções de escolha da composição dessas fibras para o desenvolvimento do projeto. Por esse motivo, as chances desse desfibrado conter poliéster são muito altas, o que impossibilita um trabalho visando um material totalmente biodegradável. Ainda assim, o material contém valor agregado e está disponível para reutilização e aumento de seu ciclo de vida.

Definida a fibra como um dos materiais para o compósito, viu-se a necessidade de buscar um material com função de junção e ligação das fibras. Considerou-se utilizar uma resina poliuretana e após algumas pesquisas sobre resinas poliuretanas vegetais, foi identificada a de mamona, pois é um material orgânico renovável, já utilizado em alguns compósitos com fibras naturais por empresas, combinando a resina com fibras de coco, de pupunha e em conjunto com serragem de marcenaria.

Esta resina também foi identificada na tese de doutorado de Silva, 2003, em experimentações de compósitos com a fibra do sisal, demonstrando sua adequação e versatilidade e servindo de parâmetro para o início dos testes para desenvolvimento do compósito. A resina vegetal poliuretana de mamona é bicomponente e comercializada pela empresa Imperveg, a proporção dos componentes da resina sugerida pelo fabricante é de

1:1,5 (A:B). A resina tem as seguintes características segundo seu fabricante: fluída, coloração âmbar após a cura, apresenta perda de massa somente após 210°C, não libera elementos tóxicos, sua secagem ao toque é de 40 a 180 minutos, tensão de ruptura à tração: 15 Mpa, resistência à compressão: 28 MPa, alongamento de ruptura: +/- 8% e dureza Shore D: 65.

2.2. Aplicação e resultados

Os presentes testes para o trabalho de pesquisa foram realizados no LAME - Laboratório de Modelos e Ensaios da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Os testes foram realizados com fibras têxteis desfibradas doadas pela empresa Retalhar provenientes de descarte de uniformes nas cores verde e laranja e com resina bicomponente poliuretana de mamona da empresa Imperveg. A prensa utilizada nos ensaios é uma prensa hidráulica de 1 cilindro (220mm de diâmetro) da marca Omeco.

Apesar de existirem referências sobre o uso do material, não haviam detalhamentos quanto ao preparo das amostras: material do molde, necessidade de desmoldantes, força para prensagem. Os ensaios preliminares foram feitos por tentativa e erro e para entendimento do comportamento dos materiais.

Inicialmente foram experimentados moldes de gesso e madeira com diferentes dimensões utilizando goma laca, vaselina e polipropileno como desmoldante. O método para o desenvolvimento dessas amostras foi o seguinte: Pesagem da fibra, pesagem da resina, disposição da fibra no molde, mistura dos componentes da resina, deposição da resina no molde sobre a fibra, prensagem e desmolde.



Figura 3: Placa resultante da primeira fase de experimentações nas dimensões 600x450mm. Fonte: elaborado pela autora.



Esses ensaios preliminares exploraram diferentes proporções dos materiais possibilitaram o entendimento de algumas características dos materiais, como a coloração amarelada da resina, as proporções mais adequadas de cada componente, seus possíveis desmoldantes, a expansibilidade da resina, características visuais e a possibilidade de criação de padrões gráficos dos materiais após esses processos.

Os resultados iniciais não foram considerados satisfatórios para se chegar à aplicação em projetos de design, pois as amostras não apresentaram um padrão de distribuição uniforme das fibras na resina e conseqüentemente há variações na performance do material, inviabilizando essa aplicação.

A partir desse ponto, foi necessário recorrer a um especialista na área de engenharia de materiais com conhecimento prévio sobre a resina e sobre seu comportamento em compósitos. A consulta foi feita ao Designer e Engenheiro de materiais Bruno Temer, que desenvolveu sua dissertação de mestrado “Desenvolvimento e caracterização de chapas de fibras de palmeira de pupunha (*Bactris Gasipaes*)”, na qual trabalhou a fibra da pupunha junto com a resina da mamona, adquirindo experiência no manuseio desse material e na produção dessas chapas. Algumas de suas recomendações referem-se à maneira de melhorar o material para tornar o resultado mais homogêneo e possibilitar sua aplicação em projetos. Um dos pontos importantes para a modificação de parâmetros de conformação de amostras foi o aumento da força aplicada na prensagem e cura do material. Outra sugestão foi a diminuição da proporção da quantidade de resina para a quantidade de fibra têxtil. O método como a resina é aplicada na fibra também foi alterado. Sugeriu-se misturar a fibra na resina antes de ser distribuída no molde, para promover maior uniformidade da placa.

Para iniciar essa segunda fase de experimentações foi desenvolvido internamente um molde macho/fêmea em madeira. As dimensões das amostras foram estabelecidas de 200x200x6mm, para garantir a confecção de placas mais uniformes, passíveis de serem avaliadas. A espessura escolhida foi baseada em padrões de produção já existentes no mercado, como por exemplo as chapas de MDF, possibilitando se aproveitar peças para acabamento já existentes. O molde foi forrado com películas de plástico polipropileno e prensado a uma pressão aplicada de 400kgf/cm².

Após ensaios preliminares para definição de parâmetros foram estabelecidas algumas constantes em relação ao desenvolvimento e preparo das amostras para que em seguida fossem trabalhados os aspectos visuais. O preparo do material para prensagem foi estabelecido da seguinte forma: Pesagem do componente A e do B (66,6%; 96g de A e 144g de B); Pesagem da fibra (33,3%; 120g) ; Misturas dos componentes A e B da resina; Adição da fibra e mistura para homogeneização; Disposição da mistura no molde; Prensagem e Desenforme. O tempo de prensagem de 3 horas também foi estabelecido como uma constante.

Tomados essas constantes iniciais foram experimentadas algumas variantes como a espessura da placa de 1mm, a coloração das fibras e a criação de relevos nas placas.



Figura 4: Placa de 6mm com fibras de coloração verde. Fonte: elaborado pela autora.

As placas confeccionadas com espessura de 1mm mantiveram a constante de proporção de fibra(33,3%) e resina(66,7%), com 50g de fibra e 100g de resina, adicionando uma placa de polipropileno de 200x200x5mm de espessura entre o molde e a mistura a ser prensada. O resultado visual das placas de 1mm foi muito semelhante às de 6mm porém mais maleáveis, permitindo explorar essa característica em futuras aplicações.

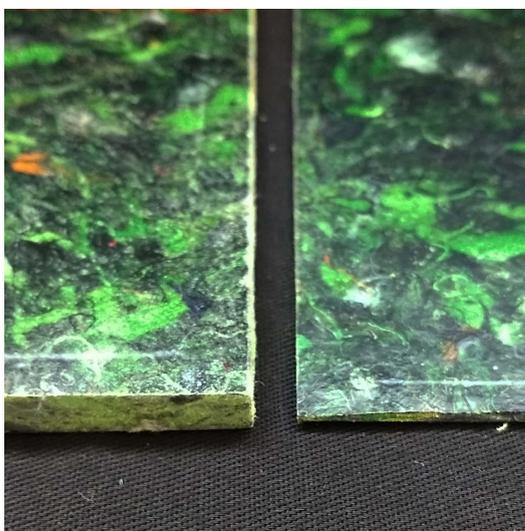


Figura 5: Placas com espessura de 6 e 1mm. Fonte: elaborado pela autora.

As fibras de coloração laranja se comportaram de maneira semelhante às verdes em contato com a resina, cada uma com características visuais e personalidades muito interessantes. Feitos esses testes, expandiram-se as opções de aplicação e possíveis composições visuais.



Figura 6: Placa prensada com fibras de coloração laranja. Fonte: elaborado pela autora.

Para a geração de relevos na superfície do material, foi necessário adicionar uma placa de polipropileno usinada no molde para que a placa reproduzisse o relevo e fosse desmoldada facilmente. Para isso, utilizou-se uma chapa de PP de 5mm de espessura, usinada com o relevo desejado.

O desenho do relevo foi feito em software 3D e usinada na fresadora CNC de 3 eixos. A prensagem para a geração de relevos na superfície criou resultados muito interessantes. O compósito reproduziu fielmente os relevos, abrindo uma enorme gama de possibilidades de criação na superfície do material.



Figura 7: Placa prensada com relevos. Fonte: elaborado pela autora.

Testadas as possibilidades com essas variantes e entendendo melhor o comportamento dos materiais em conjunto, foram testadas algumas possibilidades de acabamento para possíveis aplicações futuras em projetos de design de produto.

Para acabamentos de corte foram testados serra circular e serra de fita e para usinagem o material sofreu remoção do cavaco por tupa e fresa de máquina CNC de 3 eixos. Todos os casos foram bem sucedidos, o material se mostrou semelhante à um MDF quanto à facilidade de corte e usinagem.

Como procedimentos de melhoria foram experimentados componentes naturais aplicados com estopa à superfície, são eles: cera de abelha, resina de mamona (bicomponente), óleo de mamona e verniz de mamona (bicomponente). A melhor solução encontrada foi a impermeabilização com cera de abelha e finalizada com óleo de rícino para dar brilho ao material.

3. Considerações finais

O trabalho desenvolvido teve como objetivo inicial a abordagem de resíduos têxteis e otimização da destinação correta desse material, minimizando impactos ambientais causados por seu descarte incorreto.

O conhecimento do cenário atual em relação ao manejo desses resíduos tanto por parte dos consumidores quanto dos produtores e seu entendimento como resíduo sólido e formas de manejo adequado sugeridos por lei foram de extrema importância para o direcionamento do campo de atuação da pesquisa. O tempo e os recursos disponíveis para a realização do trabalho também foram levados em conta no momento de decisão entre as alternativas de projeto.

O material criado a partir do reaproveitamento de fibras desfiadas advindas de uniforme de empresas particulares em conjunto com a resina vegetal de mamona, se mostrou muito promissor no uso em design, por suas qualidades táteis e visuais, o compósito apresentou uma superfície rígida e opaca com toque quente. Quanto às características visuais se mostrou um material com muita personalidade, com cores bem vivas e texturas irregulares na superfície, possibilitando grande variedade na criação de padrões compostos pelas fibras de diferentes tonalidades.

O desmoldante mais adequado foi o polipropileno, que propiciou o destacamento da peça e garantiu a reprodução das superfícies planas ou com relevos. Quanto aos acabamentos testados nas amostras, os resultados alcançados se mostraram suficientes para a finalização das peças, que podem receber também fácil furação.



A coloração viva e saturada das fibras mostrou-se fundamental para o resultado satisfatório das peças, sem as quais não haveria um diferencial comercial e de uso para o compósito, dependendo apenas da disponibilidade do material para reciclagem.

Para a continuidade deste trabalho, vê-se a necessidade de realização de testes mecânicos para a geração de resultados mais concretos quanto às suas características técnicas. Também considera-se importante a separação de cores de resíduo têxtil para a obtenção a extensa paleta cromática. A realização de testes com peças em maiores dimensões e com mais variações de relevo também se mostram necessárias para real entendimento do comportamento do material em maiores proporções.

Referências

- ASHBY, M. e Johnson, K. Materials and design: the art and science of material selection in product design, 2011.
- BRAUNGART, M. e McDOUNOUGH, W. Cradle to cradle: Remaking the Way We Make Things. Barcelona, 2014.
- CNLT – SENAI. Produção mais limpa em confecções. Porto Alegre: Senai, 2007.
- FERRARI, G. Não Geração de resíduos da indústria têxtil no distrito do Brás. 2014. Disponível em: <
<http://www.portalresiduossolidos.com/nao-geracao-de-residuos-da-industria-textil-no-distrito-do-bras/> . Acesso em 16 jun. 2018.
- MENDES, Francisca Dantas. Cradle to cradle na manufatura do vestuário de moda: o design como ferramenta de gestão de geração de descarte de resíduos têxteis. São Paulo, 2017.
- PARISI, S., Rognoli, V., Sonneveld, M.H. Material Tinkering. An inspirational approach for experiential learning and envisioning in product design education, The design journal, 20.
- PEZOLLO, Dinah Bueno. Tecidos: história, tramas tipos e usos. São Paulo, 2012.
- SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos . Design, resíduo e dignidade. São Paulo, 2014.
- TEMER, B., Desenvolvimento e caracterização de chapas de fibras de palmeira de pupunha (Bactris Gasipaes). 2010. 91f. Dissertação de mestrado - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2010.
- SILVA, Rosana Vilarim da. Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais. São Carlos, 2003, Tese de Doutorado.

Uma visão sobre o atual (e futuro) cenário produtivo de bioplásticos, a partir das ações em Design

A view on the current (and future) scenario of bioplastics, from design action

Caroline Balbio, Graduação em Desenho Industrial

carolbalbio@gmail.com

Viviane Cruz, Graduação em Desenho Industrial

viviane.cruz88@yahoo.com.br

Vicente Cerqueira, Doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros

vcerqueira@ufrj.br

Resumo

Atualmente observam-se várias iniciativas para reduzir, ou até mesmo, substituir o consumo de derivados de petróleo em diversos segmentos industriais. Uma das iniciativas mais interessantes no cenário produtivo é a incorporação de biopolímeros, em especial os bioplásticos, ao sistema de produção industrializada. Logo, o presente artigo, corresponde à primeira parte do estudo realizado como Iniciação Científica, vinculado ao laboratório de Gestão Tecnológica em Design – GT-Design/UFRJ, com o objetivo de analisar os aspectos aplicativos dos bioplásticos. Para o estudo foi utilizado o método de pesquisa qualitativa, de caráter exploratório, a partir de levantamento em fontes bibliográficas. Como resultando foi verificado que os bioplásticos são fontes de extrema relevância às atividades produtivas, pois demonstram resultados significativos para a substituição ou incorporação aos polímeros sintéticos, reduzindo o consumo de hidrocarbonetos derivados do petróleo.

Palavras-chave: Bioplásticos 1; Biopolímeros 2; Design e Aplicações 3

Abstract

Currently, initiatives are being taken to reduce or even replace the consumption of petroleum products in various industrial segments. One of the most interesting initiatives in the production scenario is the incorporation of biopolymers, especially bioplastics, into the industrialized production system. Therefore, this article is first part of the study carried out as a scientific initiation, linked to the Laboratory of Technological Management in Design - GT-Design / UFRJ, with the objective of analyzing the application aspects of bioplastics, with reference to the Sustainable Design propositions. For the study, the qualitative research method was used, with an exploratory character, based on a survey of bibliographical sources. As a result of this work, it was verified that bioplastics are extremely relevant to productive activities, since it has demonstrated significant results for the substitution or incorporation into synthetic polymers, reducing the consumption of oil-derived hydrocarbons.

Keywords: Bioplastics 1; Biopolymers 2; Design and application 3

1. Introdução

O atual cenário industrial está passando por significativas alterações ao longo das últimas décadas. Entre essas mudanças no cenário produtivo, destacamos os novos paradigmas que envolvem as relações ambientais, principalmente, no uso dos recursos naturais e o descarte no meio ambiente. Tanto no campo científico, quanto na prática de desenvolvimento do Desenho Industrial estamos sempre à procura de soluções inovadoras que possam melhorar a qualidade de vida da sociedade, para que possam atendendo demandas e expectativas de consumidores e usuários.

Os polímeros plásticos formam um grupo de materiais de aplicabilidade muito versátil, empregado para produção de diversos produtos, há muito mais tempo do que muitos imaginam. Na Idade Média lanternas eram fabricadas utilizando chifres de animais. Chifres são compostos de queratina, uma proteína gerada por vários animais. Mas muito antes o povo Olmeca, no México empregava bolas produzidas com borracha natural para prática de jogos. Além desses, podemos mencionar o uso de outros exemplos de produtos fabricados por biopolímeros de origem animal e vegetal, para produção de diversos produtos, tais como óculos feitos em casco de tartaruga, tecidos com fibras produzidas pelo bicho da seda, gomas vegetais aplicadas para fabricação de tintas e vernizes entre vários outros exemplos.

Mas o que realmente impulsionou o crescimento da indústria de transformação de polímeros foi o desenvolvimento dos polímeros sintéticos em substituição aos polímeros naturais. Gradativamente, o grupo dos polímeros sintéticos, em especial dos materiais plásticos, foi ocupando o espaço dos biopolímeros, isto porque ofereciam maior padrão qualitativo, além de oferecerem uma amplitude de uso significativa. No entanto, o aumento do consumo desses materiais e problemas relacionados à educação ambiental no descarte de produtos ou resíduos plásticos vêm gerando uma forte preocupação o desgaste do meio ambiente, dado ao índices de poluição gerados por esses materiais, principalmente, em relação à fauna marinha.

Pensar em novos processos e novos materiais que possam ser aplicados aos produtos, são aspectos necessários às pesquisas sobre os materiais poliméricos se suas aplicações, principalmente, quando utilizados em determinados segmentos de mercado, tais como: produtos descartáveis e rotáveis, embalagens e sacarias, produtos de baixo valor agregado ou que apresentem ciclo de vida curto, entre outros segmentos considerados como *commodities*.

Logo, o objetivo geral deste trabalho de iniciação científica é realizar um levantamento bibliográfico de carácter prospectivo sobre o biopolímeros, em especial os qualificados como bioplásticos, com o intuito de verificar e propor novas aplicações e usos deste grupo de materiais poliméricos, tendo como finalidade desenvolver novos conceitos em design de produtos. Este artigo é referente a primeira parte da pesquisa, onde são apresentados e discutidos alguns conceitos pertinentes aos bioplásticos. Para a segunda parte, serão realizados alguns estudos prospectivos em design, tendo como finalidade propor conceitos de produtos que venham utilizar como matérias-primas os bioplásticos.

2. Revisão sobre o tema biopolímeros

Biopolímeros consistem em polímeros gerados por processos naturais (Biogenia) encontrados todos os organismos vivos. O amido, a celulose, a lignina e vários polissacarídeos, correspondem a biopolímeros de origem vegetal, denominados de fitopolímeros. Quando a origem do biopolímero é animal, recebem a denominação de zoopolímeros, tais como: a quitina, a seda, a caseína entre outros (MANO & MENDES, 2013).

Os biopolímeros apresentam diversas características mecânicas, podendo ser qualificados como plásticos, elásticos ou fibras, além disso, oferecem uma variedade significativa de propriedades o que possibilita a aplicação em diversos segmentos de produtos. Ao contrário dos polímeros sintéticos, derivados de hidrocarbonetos petroquímicos, os polímeros de base biológica são gerados a partir de matérias-primas renováveis ou em constante abastecimento.

Com base no *European Bioplastics* (2016) os biopolímeros aplicados em transformação podem ser classificados como “biobaseados” ou “biodegradáveis” e, em certos casos, com as duas características. Logo, os bioplásticos poderão ser qualificados como:

- **Plásticos Biobaseados-** corresponde aos materiais parcialmente derivado de componentes obtidos da biomassa, tais como aqueles derivados da cana-de-açúcar, celulose, milho, entre outros, que poderão ser compatibilizados ou não com polímeros sintéticos gerando um bioplástico;
- **Plásticos Biodegradáveis-** corresponde aos materiais apresentam condições de biodegradabilidade onde um agente biológico disponível no ambiente irá convertê-lo em alguma substância de fácil absorção natural, como dióxido de carbono ou compostos orgânicos (adubo). De modo geral, os bioplásticos degradáveis poderão ser obtidos a partir de fitopolímeros ou zoopolímeros.

Contudo, há a ocorrência de polímeros biodegradáveis de origem mineral, denominados de “geopolímeros”, como por exemplo os policarbonatos – grafite, o diamante e os polióxidos.

Embora as três classes remetam aos materiais poliméricos de origem natural orgânica, somente os polímeros de natureza biológica é que podem ser denominados de biopolímeros, pois estão ligados à vida vegetal ou animal e, apesar de serem inertes, alguns não apresentam biocompatibilidade ambiental. Da mesma forma alguns biopolímeros não apresentam propriedade mecânicas, o que limita sua aplicação em processos de transformação, apesar de serem largamente empregados pela indústria alimentícia.

As pesquisas e estudos com biopolímeros têm impulsionado a evolução dos materiais plásticos oferecendo duas grandes vantagens se comparados aos polímeros sintéticos: 1- Reduzem a utilização de recursos fósseis (petróleo), através do uso da biomassa que se renova anualmente; e 2- Promovem meios de aproveitar o material ao final de sua vida útil, seja por meio da reciclagem ou por meio da compostagem.

Apesar dessas vantagens, o biopolímeros ainda apresentam certas considerações críticas quanto a sua utilização, tais sejam: 1- o uso de determinados alimentos (batata, milho, entre outros polissacarídeos) que poderiam contribuir com produtos alimentícios; 2- a utilização do solo para geração de matérias-primas; 3- a restrição ou a especificidade de aplicações de determinados biopolímeros; 4- o custo de produção para transformar polímeros naturais em bioplásticos; e 5- a resistência tecnológico para transformação desses materiais. Essas e outras considerações demonstram que ainda existem uma série de barreiras tecnológicas e sociais que inibem projetos e pesquisas com esse grupo de polímeros.

3. Metodologia aplicada ao estudo

A metodologia utilizada para este estudo tem como base um levantamento sobre o cenário atual da produção e uso de biopolímeros, em especial os materiais com propriedades mecânicas na zona plástica, denominados de bioplásticos, com o intuito de estabelecer indicativos e parâmetros projetivos para o desenvolvimento de novos produtos e novos processos produtivos. Este estudo de iniciação científica adota critérios de pesquisa exploratória, com enfoque qualitativo, para coleta e seleção de dados e informações que posteriormente serão discutidas e processadas de maneira experimental (FLICK, 2004). Para tal, este pesquisa foi planejada para ocorrer em duas fases, tais sejam:

- **Primeira fase-** foi utilizado, fontes secundárias, a partir de livros, artigos científicos, teses e dissertações que versassem sobre o tema biopolímeros ou bioplásticos. Em seguida, foram verificados dados e informações disponíveis em *sites* e *home-pages* de institutos de pesquisas, empresas e associações técnicas para observar como se encontra a aceitação deste grupo de materiais em termos práticos, tendo como finalidade de estabelecer um panorama geral sobre a aplicação dos bioplásticos.
- **Segunda fase-** refere-se ao estudo prospectivo de segmentos de mercado e de produtos que poderão empregar os bioplásticos, sejam eles, biobaseados ou biodegradáveis, por meio do desenvolvimento de concepções de produtos, tendo como finalidade demonstrar a potencialidade aplicativa e econômica de aplicação desses materiais na manufatura.

Por fim, espera-se com esta pesquisa de iniciação científica, uma melhor compreensão sobre dos biopolímeros, em especial o uso e aplicação dos bioplásticos em manufatura de produtos, principalmente, aqueles de ciclo de vida curto.

4. Um estudo sobre o cenário dos bioplásticos

No mundo de hoje, os biopolímeros são normalmente vistos em muitas aplicações, desde a produção de *commodities* até o uso em tecnologias mais avançadas, graças ao progresso no campo da biotecnologia, da ciência dos materiais e, também, ao aumento da conscientização de alguns setores públicos. Pesquisas sobre biopolímeros vêm sendo feitas para encontrar novas tecnologias para a fabricação em larga escala, haja vista as vantagens que ele proporciona para determinados segmentos de produtos.

Emissões de carbono e de gases do efeito estufa, derivados da produção de alguns produtos e a economia derivada do petróleo com a substituição polímeros sintéticos por bio poliméricos acarretará novos panoramas para a fabricação de produtos industrializados. Logo, utilizar recursos renováveis para a obtenção de biopolímeros e, por conseguinte de bioplásticos, é vital para expandir a oferta de novos materiais. Assim como, a biomassa oriunda dos processos de produção de bioplásticos poderá ser aplicada como fonte de geração de energia, como, também, quando não mais utilizada como fertilizante natural.

Na literatura específica são indicados como os principais biopolímeros biodegradáveis o PLA - Poli (ácido-lático), os PHAs - Poli (hidroxi-alcanolatos, os PHBs Poli(hidroxi-butilato), assim como o PCL –Policaprolactana, sendo considerados, também, como os propulsores para o crescimento tecnológico deste grupo de bioplásticos). Esses bioplásticos são 100% biodegradáveis e possuem uma ampla gama de propriedades físicas e mecânicas, dependendo de sua composição química. De acordo com a *European Bioplastics* (2016) a capacidade de produção de PLA também devem crescer 60% até 2023 em comparação com 2018. O PLA é um material muito versátil e poderá substituir ou mesmo ser incorporado a plásticos sintéticos, tais como: PS (Poliestireno), PP (Polipropileno) e ABS Copolímero (acrilonitrila-butadieno-estireno).

Em linhas gerais, a aplicação dos biopolímeros é aumentada à medida que os métodos de produção avançam, resultando redução de custo de processos. Porém, esta categoria de materiais ainda é suscetível a variações de qualidade técnica ou mesmo de aplicabilidade em determinados segmentos de mercado. Parte dos bioplásticos pode substituir sem nenhuma desvantagem alguns plásticos, derivados de hidrocarbonetos fósseis, em diferentes setores de mercado, como embalagens de alimentos, componentes automotivos, utensílios domésticos, sacos e sacolas, recipientes de armazenamento entre outros.

Diversos tipos de vegetais, assim como os resíduos das plantações formam fontes abundantes (e renováveis) de matérias-primas para a produção de biopolímeros. Assim como é comum encontrarmos recursos de origem animal para a obtenção de bioplásticos, tais como os originários dos exoesqueletos de crustáceos que têm sido pesquisados como fonte viável de polímeros como a quitosana e a quitina para a produção de biodegradáveis ou na constituição de biobaseados compósitos.

De acordo como *BiopolySci*, (2018) no campo da nanotecnologia, nanopolímeros e nanoargilas, isto é, geopolímeros, ganharam enormes interesses de pesquisadores em recentes pesquisas. Nanopolímeros são usados em microeletrônica e os microdispositivos estão abaixo de 100nm. Ambos os Nanopolímeros e Biomateriais à base de polímeros naturais são usados para entrega de fármacos, partículas de miniemulsão, catalisadores ligados a polímeros de eléctrodos de células de combustível, filmes poliméricos, litografia de impressão, nanofibras e *blenders* poliméricos, são outros exemplos de produtos que utilizam os bioplásticos.

Os nanopolímeros apresentam propriedades físicas específicas que os qualificam na condição de materiais compósitos de matriz polimérica, os quais apresentam como principais características a resistência mecânica, as propriedades eletro-ópticas, a resistência ao calor, o baixo peso (leveza) entre outras. Nos últimos anos uma nova classe de polímeros biocompatíveis tem sido pesquisada e tem atraído à atenção nas áreas da ciência de polimérica. Polímeros que podem ser “bioassimilados” vêm ganhando atenção para dispositivos médicos ou implantes a partir de biopolímeros. Esses polímeros poderão dar origens a materiais como Polietilenos (PEs), Polipropilenos (PPs) entre outros que

possuem como principais propriedades a atoxicidade, apresentando boa interação com organismos vivos; a biomimesis que permite a engenharia de tecidos para o crescimento de órgãos e tecidos vivos para fins de enxertia, isto é, biocompatíveis que possibilitam o desenvolvimento de tecidos vivos. Logo, esses materiais são qualificados, também, como biomateriais (ORÉFICE, PEREIRA & MANSUR, 2012)

4.1 Perfil dos bioplásticos: Aplicações e características

A aplicação de biopolímeros em produtos é resultado de inovações que envolvem a combinação entre os materiais, os processos e os produtos. Logo, a especificação deverá compatibilizar as propriedades inerentes aos bioplásticos com às funções do produtos, estabelecendo uma visão ecologicamente sustentável ao processo (economia de energia, água entre outros recursos) e, com isso, cria-se mudanças de hábitos na fabricação de produtos e no uso. Na tabela abaixo, são apresentados os principais bioplásticos identificados na primeira fase da pesquisa e que nortearam estudos suas aplicações em produtos.

Biopolímeros	Aplicação	Características
POLI-HIDROXIALCANOATOS (PHA)	Sacola, aparelhos de barbear descartáveis, fraldas, produtos higiênicos femininos, embalagem de cosméticos, frascos de shampoo, canudos.	Biodegradáveis, biocompatíveis, insolúveis em água, atóxico, biocompatíveis na área médica e possuem um alto grau de polimerização
POLILACTATO (PLA)	Produção de garrafas para água mineral, copos e sacolas descartáveis, tecidos, fibras para preenchimento de estofamento, utensílios plásticos em geral e, até mesmo, em próteses e enxertos ósseos.	É um termoplástico bastante rígido e resistente, difícil de deformar ou flexionar, porém, devido a essa alta dureza, torna-se menos resistente a impacto
XANTANA	É usado como aglutinante e desagregante em comprimidos e cápsulas. É um aditivo bastante utilizado na indústria alimentícia, na farmacêutica, de higiene e de cosméticos como estabilizante, espessantes e emulsificantes.	Estabilizante e espessantes. Solúvel em água fria ou quente. Solução viscosa pouco afetada pelo pH ou pela temperatura. Não gelifica. Comportamento pseudo-plástico.
POLÍMEROS DE AMIDO	Embalagens alimentícias, embalagens cosméticas, sacolas plásticas de mercado, garrafas, canetas, vidros, tampas, talheres, frascos, copos, bandejas, pratos, filmes para a produção de tubetes, filamentos de impressão 3D, dispositivos médicos, tecidos não- trançados e etc.	É um carboidrato de reserva energética nos tecidos vegetais, com a maioria das células vegetais tendo capacidade de sintetizá-lo
QUITOSANA	Indústria alimentícia - fibras dietéticas, redutor de colesterol, conservante para molhos, fungicida e bactericida, recobrimento de frutas. Indústria de cosméticos - hidratante capilar, creme dental. Indústria Farmacêutica - Sutures cirúrgicas, implantes dentários,	Características mais promissoras da quitosana é sua excelente habilidade para ser processada em estruturas porosas para uso em transplante de células e regeneração tecidual. As estruturas de quitosana porosa podem ser formada por liofilização de soluções de quitosana-ácido acético em

	reconstituição óssea, lentes de contato, liberação controlada de drogas em animais e humanos, encapsulamento de materiais	moldes apropriados.
BIOPOLÍMERO FEITO A PARTIR ALGAS	Frascos de xampu, potes, copos, talheres, pratos, vasos, sapatos e solas, entre outros objetos, que irão se decompor no meio ambiente sem emitir poluentes.	Emite menos CO ₂ e possui proteção UV.
POLIBUTILENOSUCCINATO (PBS)	Embalagem de alimentos, vasos de plantas, produtos de higiene e redes de pesca.	É cristalino e flexível, normalmente é utilizado em utensílios que necessitam de uma capacidade de tolerância a altas temperaturas (100°C a 200°C)
POLIETILENO FURANONATO (PEF)	São ideais para embalagens de refrigerantes, água, bebidas alcoólicas, sucos de frutas, alimentos e produtos não alimentícios.	Alta temperatura de transição vítrea e ponto de fusão inferior a do PET

Tabela 1- Principais Bioplásticos e aplicações. (Fonte: Elaboração própria, 2018)

4.2 Aplicações e usos do bioplásticos

De acordo com os estudos realizados, foi possível verificar que os investimentos em pesquisas tecnológicas utilizando bioplásticos, não estão limitados a centros de pesquisas. Muitas empresas *start-ups*, no mundo todo, buscam soluções práticas em sustentabilidade para redução de problemas ambientais e o uso de biopolímeros tem se mostrado como um dos mais viáveis em termos tecnológicos em processos (inclusive, aditivos) e produtos, conforme os exemplos a seguir.

Em 2018 a empresa de brinquedos dinamarquesa Lego®, desenvolveu uma gama de novas peças feitas de polietileno bioplástico (Figura 2) derivado de hidrocarbonetos originários do etanol extraído da cana-de-açúcar. Enquanto as peças simbolizando vegetais representam apenas uma pequena porcentagem da produção da Lego, o objetivo final da empresa é produzir todos os seus componentes usando o bioplástico até 2030.



Figura 2- Componentes Lego® simbolizando vegetais produzidos com Polietileno Biobaseados (Fonte: Dezeen, 2016)

Com foco na pegada ecológica, a empresa de roupas esportivas Reebok® apresentou, em 2018, o primeiro produto de sua iniciativa 100% vegetal: tênis feitos de fibra de algodão orgânico e poliuretano, derivado do milho, que denominou de *Cotton + Corn*, com o propósito de reduzir os impactos ambientais da indústria da moda por uma alternativa à borracha à base de petróleo e solas de espuma usadas em calçados.



Figura 3- Tênis com uso de bioplásticos derivado de fontes renováveis (Fonte: Dezeen, 2016)

Os designers holandeses Eric Klarenbeek e Maartje Dros desenvolveram um bioplástico, feito de algas, que secam e transformam em um material que pode ser usado para imprimir objetos em 3D. Os designers acreditam que o bioplástico desenvolvido poderá ser aplicado utilizando diversas tecnologias e aplicações, desde frascos de xampu até utensílios de mesa. Outro exemplo do uso de algas na composição de bioplásticos, foi desenvolvida pela designer chilena Margarita Talep que criou um plástico biodegradável, utilizando o Ágar, uma substância polissacarídica gelatinosa que é extraída de algas vermelhas. O material pode ser aplicado para embalagens descartáveis, a partir da obtenção de polissacarídeos associados a outros componentes, cuja a variação de composição permite manipular o conjunto de propriedades do material final.

Um tipo de bioplástico compostável feito de amido de milho, açúcar e óleo de cozinha, criado pelo *Crafting Plastics Studio*, apresentado no London Design Festival em 2018, poderia substituir uma quantidade significativa de embalagens feitas com filmes plásticos. Segundo, um de seus inventores o Nuatan®, é mais durável do que os bioplásticos anteriores e é inofensivo quando compostado ou ingerido.



Figura 4- Exemplos de produtos obtidos com o bioplásticos (Fonte: Dezeen, 2016)

5. Resultados e discussões prévias

Os plásticos representam uma grande parte dos muitos produtos existentes na vida cotidiana. Para quase todos os materiais plásticos convencionais, existe uma alternativa de bioplásticos já disponível no mercado. Os bioplásticos são materiais altamente complexos e sofisticados que podem ajudar a tornar os produtos plásticos mais sustentáveis e continuar a desenvolver ainda mais os muitos benefícios dos plásticos. A crescente conscientização e demanda por produtos biodegradáveis e seu impacto no meio ambiente, os bioplásticos estão se tornando um material bastante procurado por um número crescente de marcas em todo o mundo. De acordo com a *European Bioplastics*, os dados mais recentes do mercado prevêem que entre até 2022, as capacidades de produção global de bioplásticos crescerão cerca de aproximadamente 2,44 milhões de toneladas em 2022.

Atualmente, os bioplásticos representam cerca de um por cento dos cerca de 335 milhões de toneladas de plástico produzidos anualmente. Mas à medida que a demanda aumenta e com materiais, aplicações e produtos o mercado vem crescendo muito dinamicamente.

Plásticos biobaseados como PET possuem propriedades que são idênticas às suas versões convencionais sintéticas. Esses bioplásticos são tecnicamente equivalentes às suas contrapartes fósseis; no entanto, ajudam a reduzir a pegada de carbono de um produto. Além disso, eles podem ser reciclados. Nas correntes de reciclagem já existentes. Novos materiais, como PLA, PHA, celulose ou materiais à base de amido, oferecem soluções com funcionalidades completamente novas, como biodegradabilidade e compostabilidade.

Hoje, os bioplásticos são produzidos principalmente de plantas ricas em carboidratos, como milho ou cana-de-açúcar. Chamadas de matéria-prima de primeira geração são atualmente a mais eficiente para a produção de bioplásticos, pois exige a menor quantidade de terra para crescer e produz os maiores rendimentos. As pesquisastambém concentram-se em subprodutos não comestíveis da produção de culturas alimentícias, que inevitavelmente geram grandes quantidades de subprodutos como palha, palha de milho ou bagaço de cana, que geralmente são deixados no campo onde se biodegradam em uma quantidade muito maior do que o necessário para adubo.

Os bioplásticos são adequados para uma ampla gama de opções no fim de sua vida útil, incluindo reutilização, reciclagem e recuperação de energia. Parte esmagadora do volume bioplástico produzido hoje pode ser facilmente reciclado ao lado de suas contrapartes convencionais, mesmo onde existem separação de reciclagem para certos tipos de material (por exemplo, PET biobaseado junto do PET convencional). Além disso, se os bioplásticos não puderem mais ser reutilizados ou reciclados, é possível usá-los na produção de bioenergia.

6. Conclusão

Devido razões econômicas e ambientais, o mundo está cada vez mais atento à utilização de fontes renováveis, principalmente, de energia e matérias-primas. Governos de diversos países vêm implementando políticas de incentivos para estimular desenvolvimentos de novas rotas baseadas em recursos renováveis, alternativos ao petróleo que além do preço instigam também seu esgotamento e questões ambientais.

Neste artigo foi abordado o assunto sobre biopolímeros, material que se adéqua como matérias-primas em diversos aspectos produtivos e trazem inovações tecnológicas e métodos que permitem desenvolver e aprimorar conhecimentos na fabricação de produtos. Foi observado que, atualmente, alguns biopolímeros estão sendo mais pesquisados e utilizados do que outros, dos quais destacamos: o amido de milho, a fécula de batata, as algas marinhas, PLA, PHA e o PHB isto devido às potencialidades de aplicação em substituição aos polímeros sintéticos, assim como no desenvolvimento de determinados segmentos de mercado como, por exemplo, a área de saúde, por meio de fármacos e produtos cirúrgicos. Tais materiais oferecem uma ampla gama de funcionalidades otimizadas para cada tipo de aplicação e, além disso, podem reduzir o impacto no meio ambiente, estimulando assim, pesquisas e desenvolvimentos de novos materiais bem como discussões sobre a aplicação desse material no atual contexto econômico.

Essa trajetória de inovações tecnológicas está cada vez mais se objetivando nas ideologias de conservação ao meio ambiente e fazendo perceber que os biopolímeros podem substituir os polímeros tradicionais, e assim, conseguir fazer parte da rotina social em forma de sacolas plásticas, embalagens, entre outros visto que os polímeros fabricados com base em matérias-primas renováveis, em sua maioria, têm as mesmas características do plásticos sintéticos.

Infelizmente, os bioplásticos atualmente são apenas uma fração da produção total de plástico global. Isso é resultado do alto custo de produção e baixo rendimento financeiro. Porém, o aumento dos preços do petróleo e o declínio da disponibilidade de plásticos sintéticos levaram à modernização da tecnologia de bioplásticos e à redução do custo total de produção.

Desenvolvimentos pelos avanços da biotecnologia podem garantir redução de custos de produção na ampliação da escala de produção, mas, principalmente, assegurar uma efetiva redução de custos que os coloque em condições de competição com os polímeros sintéticos.

Referências

- ANDRADE, C. *et al.* **Dicionário de Polímeros**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- CERQUEIRA, V. *Bioplastics taxonomy: Concepts and definitions from the perspective of productive sustainability* - Anais, Revista Mix Sustentável/UFSC, 2018.
- CERQUEIRA, V. *Sustainability in plastics manufacture in the context of Industry 4.0*. SBDS + ISSD 2017. Belo Horizonte, UFMG, 2017 (*on press*)
- FLICK, Uwe. **Uma introdução à pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- KATZ, S. *Plastics: common objects, classic designs*. London: Thales & Hudson, 1984.
- MANO, E. & MENDES, L. **Introdução a Polímeros – 2ª Edição**. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.
- MANO, E. & MENDES, L. **A Natureza e os Polímeros: Meio ambiente, geopolímeros, fitopolímeros e zoopolímeros**. São Paulo: Edgar Blücher, 2013.
- MANO, E.; PACHECO, E.; BONELLI, C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005.
- MEI, L. H. **Bioplásticos: biodegradáveis e biobaseados**. Campinas: Unicamp, 2015.
- _____. *Environmental communication guide for bioplastics*. Disponível em <http://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>; Acesso em 23/03/2016.

- ___, ___. **Plastics and Sustainability**. Disponível em <http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017.aspx>; Acesso em 21/01/2017.
- ___, ___. **Biodegradable Products Institute – BPI**. Disponível e <http://www.bpiworld.org/>, Acesso em 09/05/2017.
- ___, ___. **The New Plastics Economy: rethinking the future of plastics**. Ellen Macarthur Foundation. London, 2016. Disponível em <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/publicações>. Acesso em 03/02/2017.
- ___, ___. **Lego to launch sustainable bricks made from sugar cane**. Disponível em <https://www.dezeen.com>. Acesso em 25/01/2018
- ___, ___. **Margarita Talep develops alga e-based alternative to single-use plastic packaging**. Disponível em <https://www.dezeen.com>. Acesso em 25/01/2019
- ___, ___. **Biodegradable natural plastic Nuatan can safely be eaten by fish**. Disponível em <https://www.dezeen.com>. Acesso em 25/01/2018
- ___, ___. **Dutch designers convert algae into bioplastic for 3D printing**. Disponível em <https://www.dezeen.com>. Acesso em 25/01/2019
- ___, ___. **Normas Publicadas**. Disponível em <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em 28/01/2019.

Habitação de Interesse Social (HIS) em Bambu: Projeto e Construção de um Protótipo Experimental

Social Housing in Bamboo: Design and Construction of an Experimental Prototype

Alexandre Oliveira Vitor

ale.o.vitor@gmail.com

Lisiane Ilha Librelotto

Lisiane.librelotto@gmail.com

Resumo

Os impactos ambientais provenientes da má gestão dos recursos naturais, do desmatamento e da poluição são resultados da ocupação desrespeitosa do homem na Terra. Condizente a esta realidade, verifica-se que grande parcela da população brasileira não possui moradia adequada, tornando-se necessária a busca de alternativas de construção menos impactantes ambientalmente para suprir o déficit habitacional do país. Nesse sentido, o bambu se mostra como possível alternativa para reduzir o impacto ambiental associado à construção de residências por ser um material com baixa energia incorporada, resistente e comumente encontrado no Brasil. O estudo da viabilidade construtiva de estruturas de bambu é fundamental para o projeto e construção de moradias populares. Com este objetivo, foi projetado e construído um protótipo experimental na Universidade Federal da Santa Catarina e registrada, através de fotografias, o passo a passo das etapas construtivas relatando a experiência em ordem cronológica de execução. Além de promover a ampliação da cadeia produtiva do bambu no Brasil, o estudo comprovou o potencial do bambu como matéria prima sustentável para construir moradias nos aspectos econômico, ambiental e social.

Palavras-chave: Bambu. Protótipo de moradia. Habitação de Interesse Social

Abstract

The environmental impacts from unhealthy management of the natural resources, due deforestation and pollution, are results of disrespectful occupation of man on Earth. Consistent with this reality, it is known that a large portion of the Brazilian population does not have adequate houses, making it necessary the search for environmentally-friendly alternatives of construction to meet the country's housing deficit. In that sense, bamboo is an important option to reduce the environmental impact associated with the construction of houses, since it is a material with low energy incorporated, resistant and commonly found in Brazil. The constructive feasibility study of bamboo structures is fundamental for the design and construction of social housing. With this objective, an experimental prototype was designed and built in the Federal University of Santa Catarina and recorded, through photographs, the step by step of the construction, reporting the experience in chronological order of execution. Besides promoting the expansion of the bamboo production chain in Brazil, the study confirmed the potential of bamboo as a sustainable raw material to build houses in economic, environmental and social aspects.

Keywords: Bamboo. Prototype of housing. Social Housing

1. Introdução

Este artigo apresenta uma pesquisa aplicada que assume como tema o uso do bambu em construções que possam ser mais sustentáveis, com menor impacto ambiental. Foi conduzida como parte do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil (VITOR, 2018).

Grande parcela da população brasileira não possui uma casa para morar, seu nível de renda dificulta ou impede o acesso à moradia através dos mecanismos normais do mercado imobiliário. Frente a esta realidade, políticas habitacionais vêm sendo desenvolvidas e implantadas, através dos anos, de maneira a reduzir o número de pessoas sem acesso à moradia.

Estima-se, através de dados estatísticos emitidos pela Fundação João Pinheiro (FJP, 2015), que o Déficit Habitacional brasileiro para o ano de 2015 foi de aproximadamente 6,2 milhões.

Dentre as atividades humanas realizadas sobre a Terra, o setor da indústria da construção é o que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva (Ministério do Meio Ambiente, 2012). Isso ocorre devido ao ciclo de vida dos produtos utilizados na construção e à grande amplitude industrial, que se estende desde a extração da matéria prima para sua fabricação até o seu descarte sob forma de resíduo. Segundo o Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil (IPEA, 2012), estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção.

Assim, torna-se necessário buscar alternativas de construção menos impactantes. O bambu, por ser um material ecológico, resistente e comumente encontrado no Brasil, apresenta-se como possível solução construtiva de baixo custo e ambientalmente correta. A técnica *bahareque*, muito utilizada em países como Colômbia e Venezuela, utiliza prioritariamente bambu para criar o sistema estrutural de uma parede, reduzindo, portanto, a quantidade de aço e extinguindo o uso de tijolos de alvenaria na construção de habitações. Este método foi identificado pelo autor como tecnologia de construção promissora com potencial de reduzir o impacto ambiental associado à construção de residências.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade construtiva para uma moradia popular em estrutura de bambu através da construção de um protótipo experimental. Para tanto propôs-se à: - Quantificar as emissões de gás carbônico e de energia embutida necessárias a produção de alguns dos materiais convencionalmente utilizados na construção de um projeto padrão sugerido pela NBR12721:2006 (ABNT, 2006); - Projetar e executar módulo de protótipo em estrutura de bambu; - Elucidar o potencial do bambu como material construtivo nos aspectos econômicos, sociais e ambientais; - Descrever o método construtivo através de registros fotográficos.

2. Referencial teórico

2.1. A Sustentabilidade na Construção

Grande parte dos materiais empregados na construção civil não são renováveis e produzem impactos no ambiente desde a fabricação até o descarte sob forma de resíduo. A escolha dos materiais de construção possui um peso expressivo sobre o impacto ambiental de um empreendimento. O posicionamento de fachada em relação à nascente/poente do sol, uso de aparelhos energeticamente eficientes, adoção de equipamentos economizadores de água, o aproveitamento da iluminação natural e estratégias de ventilação natural também são técnicas de uma arquitetura sustentável e de extrema importância na manutenção e ocupação da residência. A produção de energia através de fontes renováveis, assim como a redução da demanda, tem como resultado a otimização do desempenho energético da edificação, tendo como consequência a redução do consumo mensal de energia.

O relatório de Brundtland (1987) define o desenvolvimento sustentável como aquele que atende às necessidades das gerações atuais sem comprometer a possibilidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. Portanto, é indispensável que o crescimento econômico do país seja alcançado com responsabilidade ambiental e justiça social.

A construção civil é um ótimo catalisador de empregos e, portanto, possui notável importância social. Alguns dos impactos sociais negativos ocasionados pelo setor são verificados nas comunidades e nas relações de trabalho. Parte da culpa do imenso déficit habitacional do país está atribuída à incapacidade do setor em acompanhar o crescimento da demanda por novas habitações, o que resulta em um crescimento não organizado e de baixa qualidade habitacional nas regiões periféricas da cidade. Nas relações de trabalho provenientes da construção civil, nota-se que muitos colaboradores não possuem carteira assinada.

O Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação em Construção (CIB/UNEP-IETC, 2002) define a construção sustentável como um processo holístico para restabelecer e manter a harmonia natural em conjunto com o ambiente construído, criando estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica.

2.2. O bambu como material construtivo para Habitações de Interesse Social mais sustentáveis

Tendo em vista que a indústria da construção civil exerce impacto significativo sobre a economia de uma nação e o efeito devastador de sua produção industrial, cabe ao consumidor a escolha consciente dos materiais empregados em seu empreendimento, respaldado pelos profissionais projetistas. A escolha de materiais de construção representa um importante campo da engenharia ambientalmente responsável.

Originalmente desenvolvida a partir dos princípios da indústria ecológica, a aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é reconhecida como de grande valia para o setor da construção civil. A ACV rastreia a quantidade de emissões para a natureza (p. ex. kg de carbono, dióxido e metano) e as extrações da natureza (por exemplo o quilograma de minério de ferro) para um produto ou processo estudado em todo o seu ciclo de vida.

A análise do ciclo de vida das edificações requer a compreensão de que não se trata de um objeto estático que está terminado quando a construção acaba e os donos a ocupam. Ao invés disto, as edificações sofrem constantes mudanças, elas são dinâmicas e causam impacto na sociedade e no ambiente durante sua vida. As operações de construção são responsáveis por uma grande parcela do consumo de energia do mercado global. Em contrapartida, o aumento da eficiência energética nas edificações tem sido um forte foco da indústria da construção, ótimo fator que tende a reduzir o consumo mensal de energia nas habitações.

Devido à alta complexidade em se realizar a Análise do Ciclo de Vida completa, como auxílio no projeto e para se ter uma ideia dos impactos ambientais associados a seleção de materiais, pode ser realizada uma análise simplificada do ciclo de vida com o intuito de evidenciar impactos potenciais de alguns materiais utilizados atualmente na construção. Em outras palavras, podem ser levantados os quantitativos de energia embutida e de dióxido de carbono emitido, por exemplo, para produção do aço, concreto, areia, cimento, tijolos, bambu ou outros. Esta análise auxilia a avaliar a pressão do consumo de tais materiais sobre os recursos naturais em função da quantidade de materiais necessários à execução de uma habitação.

A solução de moradia voltada para a população de baixa renda é definida pelo termo genérico Habitação de Interesse Social (HIS). A conceituação de HIS é muito complexa e amplamente discutida entre os autores da área. Para Bonduki et al. (2003), o termo Interesse Social está ligado ao princípio básico da Constituição Federal que, no artigo 6º, define o direito à moradia como um dos direitos sociais (BRASIL, 1988, art.6). Deste modo, a HIS deve ser definida como aquela necessariamente induzida pelo poder público. Conforme Denaldi (2003), existe uma série de variáveis que definem o termo, ele não é de cunho unicamente social, mas também econômico e ambiental, garantido constitucionalmente como um direito e condição de cidadania.

Evidencia-se, portanto, o grande desafio de se construir um grande número de unidades habitacionais de baixo custo, boa qualidade e com menor impacto ambiental para suprir o déficit habitacional do país.

A arquitetura vernácula, pelo resgate de soluções projetuais e das tecnologias construtivas empregadas, pode ser uma importante estratégia para a produção de moradias com um ciclo de vida de menor impacto. Dotada de técnicas bioclimáticas passivas e com utilização de materiais locais em suas construções, a arquitetura vernácula baseia-se em métodos construtivos tradicionais que adotam tipologias regionais adequadas ao ambiente no qual se encontram. Diferentemente dos sistemas construtivos tradicionais, que consagram a arquitetura universal, a arquitetura vernácula pode ser chamada de sustentável pois utiliza materiais com baixa energia incorporada.

Este tipo de arquitetura é resultado dos conhecimentos passados de geração a geração e suas práticas, consideradas milenares, continuam a ser estudadas por profissionais contemporâneos. No âmbito científico, com o propósito de elucidar a potência construtiva dos materiais naturais e evitar a correlação atribuída à utilização dos mesmos nas chamadas “casas de pobre”, muitos artigos e teses científicas vêm sendo desenvolvidas.

No contexto de infraestrutura civil, materiais convencionais como o aço e o concreto foram aceitos através de décadas de análises e experiências, as quais evoluíram para a padronização das práticas. Ainda hoje estes materiais continuam sendo testados e refinados

pelo trabalho contínuo de universidades, laboratórios e organizações profissionais. (Harries et al., 2012)

Para adaptar e implementar o bambu como um material de construção, normas construtivas precisam ser redigidas. Para tanto, a necessidade de estudos acadêmicos e de engenharia vêm crescendo e, com isso, gerando um novo campo de estudo com ênfase na caracterização do material e de suas propriedades mecânicas. A padronização e a codificação internacional de normas construtivas têm como intuito promover o uso do bambu de maneira segura e eficaz, classificando-o como um produto estrutural renovável.

2.3. Normas de construção com bambu

Em 2004, a International Organization for Standardization (ISO), em cooperação com o INBAR, desenvolveu e publicou três padronizações para construções de bambu, o qual representou o primeiro passo para uma padronização internacional do material (ISO, 2004a, 2004b, 2004c). Apesar da existência de tais normas, elas não proveem fundamentação teórica suficiente sobre o verdadeiro potencial do bambu, para que construtores, engenheiros e arquitetos possam desenhar e construir com este material (Harries et al., 2012).

Em contrapartida, países como China, Colômbia, Equador, Índia e Peru, que possuem o bambu como matéria-prima local e notável conhecimento tradicional sobre sua utilização, tomaram a frente criando um campo de normas construtivas para estruturas em bambu (Gatão et al. 2014).

No Brasil, segundo Beraldo (2018), a elaboração de norma técnica específica para o bambu está em andamento, conforme publicado no Boletim 161 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para tanto, reuniões bimestrais têm ocorrido nas instalações da Universidade Presbiteriana Mackenzie, contando com a participação de representantes de universidades, de institutos de pesquisa, de produtores rurais e de setores envolvidos com a comercialização de artigos derivados do bambu. Devido à falta de normas regulamentadoras brasileiras quanto à utilização do bambu roliço, sua prática, atualmente, é restrita a propriedades rurais.

A padronização de normas estruturais e códigos construtivos reflete o crescente interesse da sociedade e do governo em promover o desenvolvimento industrial do bambu como um material sustentável. A implantação de políticas que incentivem o cultivo do bambu nas comunidades locais de países tropicais em vias de desenvolvimento é essencial, porque representam os primeiros passos no processamento e criação da cadeia produtiva do bambu como material estrutural.

Além do desenvolvimento de códigos padronizados mundiais, é necessária uma crescente demanda por materiais fabricados a partir do bambu. Para tanto, a coordenação participativa do governo com a indústria, através de experimentações e análises acadêmicas, é fundamental para a implantação do bambu como material construtivo. A congruência e participação destes agentes garante, com agilidade e eficiência, a transformação do bambu em um produto industrial de valor comercial, possibilitando a utilização deste recurso vegetal e removendo a conotação pejorativa do bambu na construção civil.

3. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa científica de um novo modelo construtivo para moradias populares foi prática e experimental através da construção de um protótipo em estrutura de bambu localizado no Campus Reitor João David Ferreira Lima, sede da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A pesquisa foi exploratória, tentando identificar os fatores necessários para construir uma habitação em estrutura de bambu. Para isto, a pesquisa esteve diretamente relacionada ao método experimental, gerando conhecimento e servindo para dar continuidade às pesquisas exploratórias e descritivas sobre o uso do bambu como material construtivo

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o ciclo de vida dos materiais comumente utilizados na construção, sobre Habitação de Interesse Social (HIS) de maneira vernácula e sua caracterização como uma moradia flexível, adaptável e modular e também sobre a utilização do bambu como material construtivo através de normas construtivas internacionais. Os principais autores que contribuíram com o trabalho foram John Elkington (1998) no tema sustentabilidade, Alex Kenya Abiko (1995) para as definições e explicações sobre HIS, Hidalgo Lopez (1981), Gernot Minke (2012), Jorge Morán Ubdia (2016) e a norma Colombiana de Desenho e Construção Sismo Resistente (NSR /98) para as pesquisas sobre o bambu e modelos construtivos.

3.1. Materiais e técnicas

As ferramentas, materiais e técnicas utilizadas na construção do protótipo foram fundamentais para controle temporal, técnico e metodológico para execução da obra. A metodologia construtiva seguiu o memorial descritivo e os projetos necessários à execução do protótipo, naquilo que foi possível detalhar antes da execução, sob controle temporal estabelecido pelo cronograma de obra.

A técnica de análise de impacto ambiental utilizada foi o estudo de emissões e energia incorporada para fabricação de alguns dos materiais mais representativos para construção de um projeto de baixo padrão sugerido pela ABNT NBR 12721:2006 para posterior comparação à construção hipotética de moradias popular em estrutura de bambu.

Para a documentação do preparo da matéria prima e da construção do protótipo foram utilizadas fotografias e os relatos de experiência gerados a partir delas. Todas as fotografias foram registradas pelo próprio autor com o intuito de evidenciar a sequência temporal de execução do protótipo e, devido a este fato, o trabalho propriamente dito foi dividido em etapas cronológicas de construção conforme a estrutura analítica do projeto.

O protótipo, com 2,4 metros quadrados de área construída, foi projetado de forma modular, utilizando três espécies de bambu diferentes. A fundação foi isolada, feita com troncos roliços de pinus auto clavado e a superestrutura composta por quatro modelos de painéis de vedação pré-moldados em bambu (ao estilo bahareque). Todos os serviços foram executados em sistema de mutirão sob coordenação do pesquisador, em parceria com a Machetaria e Grupo de Pesquisa VirtuHab/ Labrestauro/ MATEC da UFSC. A construção foi realizada nas dependências do Departamento de Arquitetura da UFSC, servindo como um modelo de estudo para a comunidade universitária. Este protótipo fez parte do Trabalho

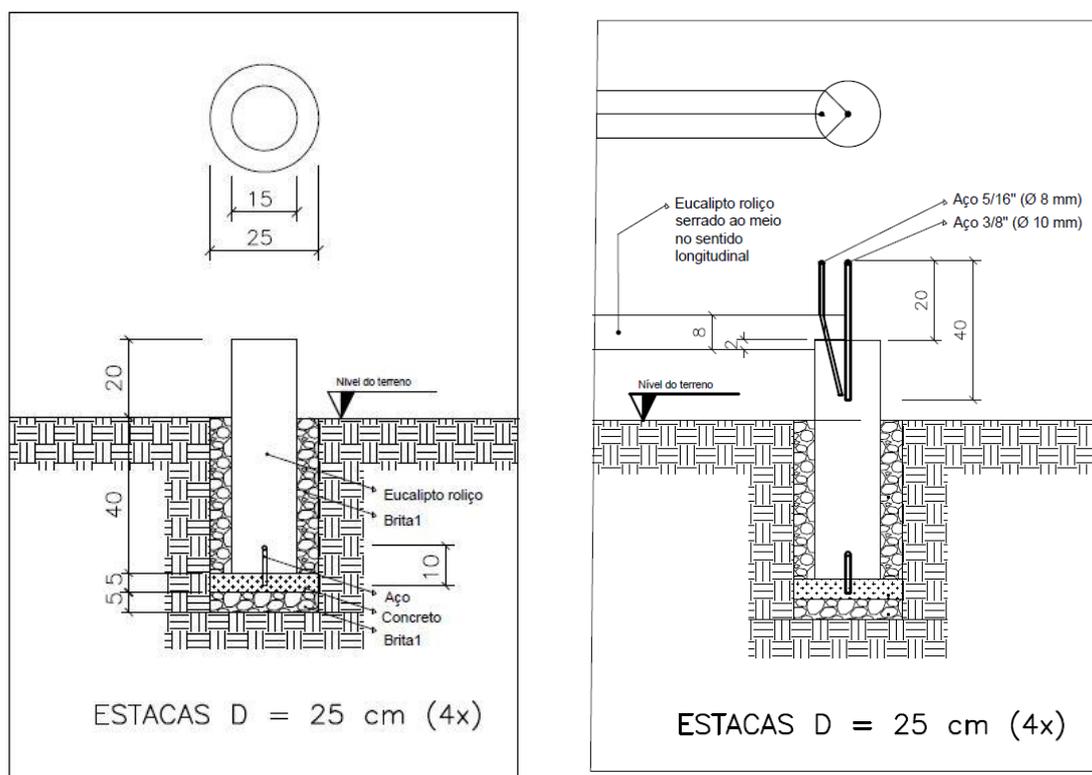
de Conclusão de Curso (TCC) de graduando em Engenharia Civil (Vitor, 2018). Foi realizado detalhamento da estrutura em bambu para o protótipo e um memorial descritivo sucinto.

Para execução do protótipo foram realizados serviços complementares de locação, escavação, corte e preparo de materiais. Procedeu-se com a locação da obra pelo método de gabarito com reutilização de madeiras de caixaria, envolvendo todo o perímetro da obra. As escavações foram executadas manualmente com a utilização de ferramentas manuais simples, como pás, enxadas e cavadeira. O terreno foi compactado com socador manual.

Os pinus autoclavados foram impermeabilizadas com três demãos de tinta asfáltica respeitando o tempo de secagem recomendado pelo produtor, sob os quais executou-se um lastro com 5 centímetros de brita e 5 centímetros de concreto para fundação (traço 1:2:3). Foi fixado, como espera para amarração, antes de atingir a pega do concreto, um vergalhão de aço CA 50 com 3/8" (\varnothing 10 mm) de 10 centímetros no centro da escavação, conforme delimitado pelo gabarito, para posterior travamento das sapatas (figura 1a).

No centro de cada sapata foi fixado 1 vergalhão de 0,40 m em aço CA 50 com 3/8" (\varnothing 10 mm), sendo 0,20 m inserido na sapata e 0,20 m em espera para os pilares dos painéis pré-moldados. Para fixação das vigas baldrame às sapatas foi utilizado vergalhões de 0,40 m em aço CA 50 com 5/16" (\varnothing 8 mm) conforme o projeto de fundações (figura 1b).

Figura 1a e 1b: Detalhes das fundações.



Fonte: Elaborada pelo autor

Seguiu-se a colocação e corte das vigas baldrame, pré-fabricação dos painéis compostos por duas variedades de bambu: *Dendrocalamus asper* para os pilares e *Bambusa tuldoides* para as outras peças dos painéis modulares de bambu. Para confecção dos painéis foram utilizadas barras roscadas 5/16" (Ø 8 mm), arruelas e porcas e aplicação de três demãos de stain impregnante em todos os bambus aparentes da estrutura de vedação, obedecendo o tempo de secagem do produto. Nos painéis pré-moldados de bambu serão fixados comprimentos de bambu planificado (*Bambusa oldhamii*) com a face interna do bambu voltado para o exterior. O bambu planificado será instalado somente no exterior da casa com auxílio de parafusos espaçados em no máximo 8 centímetros e interligado com arame

A estrutura de cobertura foi realizada com bambu *Dendrocalamus asper* para as empenas e *Bambusa tuldoides* para caibro, ambos fixados com barras roscadas 5/16" (Ø 8 mm), arruelas e porcas.

Os bambus foram selecionados, colhidos, tratados e estocados para secagem conforme especificações técnicas. Para tanto, empregou-se três espécies diferentes para cada função (*Bambusa oldhamii* - para fechamento das paredes em forma de esterilhas ou esteirinhas; *Dendrocalamus asper* - para a estrutura principal e *Bambusa tuldoides* - para composição dos painéis). Os materiais utilizados para o tratamento dos bambus, para os serviços preliminares e para a execução da infraestrutura foram: tanque para tratamento (tonel soldado), tonel para tratamento horizontal por inundação dos entrenós com bórax e ácido bórico, piscina horizontal para tratamento por imersão em octaborato de sódio, pá de corte, cavadeira, carrinho de mão, fita métrica, madeira de caixaria, mangueira de nível, nível de bolha, fio de nylon, prumo de centro, martelo, marreta, esmerilhadeira, serra circular, serra fita, plaina, pincel, furadeira, lápis, jogo de serra copo, broca de mourão, serra de arco, grossa, formão, martelo, marreta, alicate, barra roscada, arruela e porca. Os softwares utilizados para os projetos de fundação e arquitetônico foram, respectivamente, AutoCAD e Revit.

O estudo de viabilidade econômica foi feito através da divisão do valor total de execução do protótipo pela área construída a fim de retratar o investimento necessário para executar 1 m² de uma estrutura em bambu.

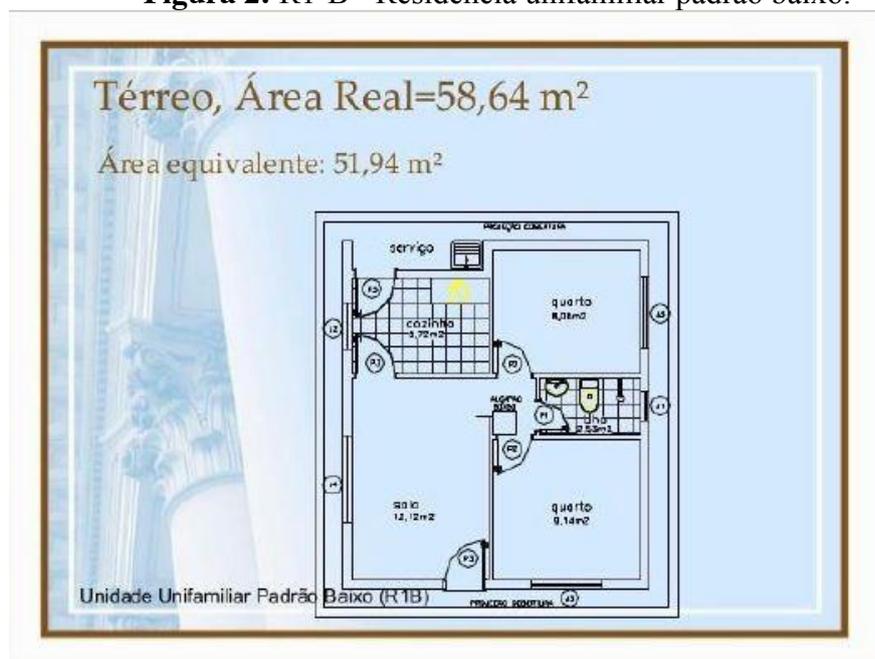
O estudo social foi realizado com base nas experiências e resultados obtidos através da construção do protótipo.

4. Resultados

4.1. Emissões de gás carbônico e de energia embutida necessárias a construção de habitações com materiais convencionais

O projeto-padrão R1-B, conforme a ABNT NBR 12721:2006, normalmente é edificado para suprir as demandas habitacionais do país. A sigla R1-B se refere a uma residência unifamiliar de baixo padrão de 1 pavimento, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque (Figura 2).

Figura 2: R1-B - Residência unifamiliar padrão baixo.



Fonte: ABNT NBR 12721:2006

Este projeto possui área real de 58,64 m² e sua construção é sugerida em concreto armado e alvenaria de vedação, sistema construtivo mais empregado na construção atual brasileira. Os impactos ambientais gerados ao se empregar este modelo construtivo podem ser parcialmente elucidados através de uma análise simplificada delimitando-a às produções do aço, concreto, areia, cimento e tijolos de alvenaria.

A tabela 1 expõe as quantificações de consumos básicos, por unidade habitacional, de energia embutida e de emissões de CO₂ para produção do aço, concreto, areia, cimento e tijolos. Tais dados encontram-se nos três primeiros blocos à esquerda da tabela. A análise de energia embutida e de emissões de CO₂ para edificação de uma unidade habitacional encontram-se nos dois blocos à direita da Tabela 1.

Tabela 1: Quantificações e análise de energia embutida e de emissões de CO₂ por unidade habitacional.

Consumos básicos por unidade habitacional		
Aço	1072	kg
Concreto	15	m ³
Areia	10	m ³
Cimento	66	sacos
Tijolos	3435	tijolos

Energia embutida		
Aço	30	MJ/kg
Concreto	2760	MJ/m ³
Areia	80	MJ/m ³
Cimento	210	MJ/saco
Tijolos	4060	MJ/un

Emissões de CO ₂		
Aço	1,45	kg/kg
Areia	22,62	kg/m ³
Cimento	48,44	kg/saco
Tijolos	0,98	kg/un

Energia embutida por unidade habitacional		
Aço	32160	MJ
Concreto	41400	MJ
Areia	800	MJ
Cimento	13860	MJ
Tijolos	13946100	MJ
TOTAL	14034320	MJ

Emissões de CO ₂ por unidade habitacional		
Aço	1554,4	kg
Areia	226,2	kg
Cimento	3197,04	kg
Tijolos	3366,3	kg
TOTAL	8343,94	kg

Fonte: Elaborada pelo autor.

Portanto, observando-se as tabelas, conclui-se que para a construção de uma unidade habitacional do lote básico NBR 12721 em concreto armado e alvenaria de vedação, são emitidas 8,34 toneladas de dióxido de carbono para a atmosfera e consumidos 14 milhões de Megajoules para produção de tais materiais.

Multiplicando-se os valores obtidos para a construção de um projeto-padrão R1B pelo número representativo do déficit habitacional brasileiro (6,2 milhões de habitações) chega-se ao total de 51,7 milhões de toneladas de CO₂ emitidas para a atmosfera e 87 trilhões de Megajoules despendidos. (Tabela 2).

Tabela 2: Impactos potenciais relacionados ao déficit habitacional brasileiro

Energia embutida para construção de 6,2 milhões de HIS			
14034320 MJ	X	6,2 milhões	= 87012784 milhões de MJ
TOTAL			= 87 trilhões de MJ

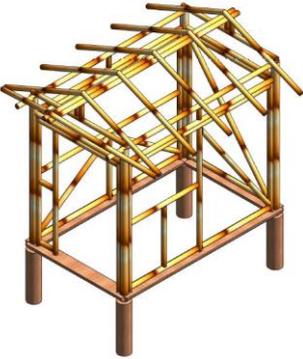
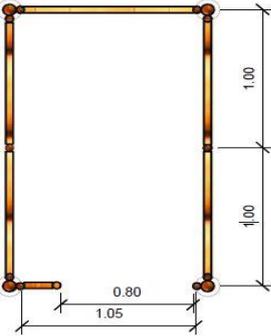
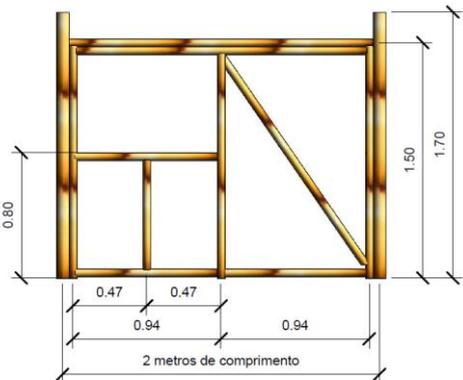
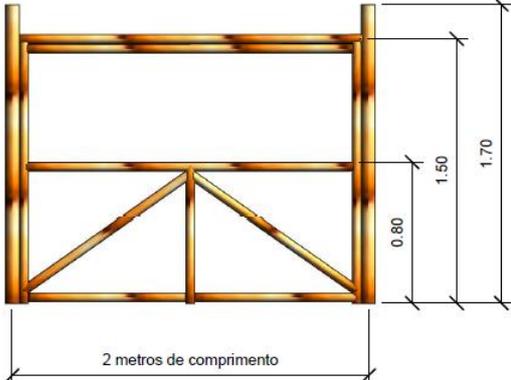
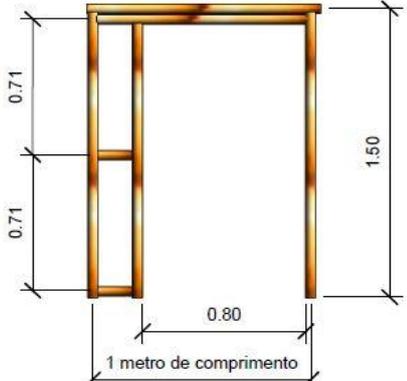
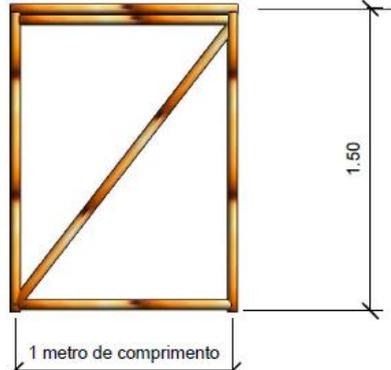
Emissões de CO ₂ para construção de 6,2 milhões de HIS			
8343,94 kg	X	6,2 milhões	= 51732,43 milhões de kg
TOTAL			= 51,73 milhões de toneladas de CO₂

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2. Projeto e Construção do Protótipo

A Tabela 3 apresenta o detalhamento da estrutura de bambu do protótipo.

Tabela 3: Detalhamento da estrutura.

<p>Perspectiva</p> 	<p>Módulo em planta</p> 
<p>Painel oeste</p> 	<p>Painel leste</p> 
<p>Painel Norte</p> 	<p>Painel sul</p> 

Devido a necessidade de se proteger o bambu contra a umidade do solo e também à água da chuva, o tipo de fundação escolhida foi a de sapata simples amarrada com viga baldrame, elevando a construção a 0,30 metro acima do nível do terreno.

A matéria prima utilizada para execução das sapatas e das vigas baldrame é pinus e, por estar exposta à umidade e às intempéries, alguns cuidados foram tomados a fim de prolongar a vida útil da fundação: todas as peças de pinus foram compradas já tratadas em autoclave; as quatro sapatas a serem enterradas foram impermeabilizadas com 3 demãos de tinta asfáltica impermeabilizante e apoiadas sobre lastro fino de concreto.

A tabela 4 apresenta as imagens da execução do protótipo in loco, com todas as suas etapas. Toda a execução exigiu um trabalho minucioso de preparação dos materiais, cortes e encaixes, assim como a pré-montagem utilizando um gabarito para posterior montagem in loco.

Tabela 4: Procedimentos executivos

<p>Seleção do bambu de acordo com as idades</p> 	<p>Locação do protótipo pelo método do gabarito</p> 
<p>Locação da fundação</p> 	<p>Camada de brita sob lastro fino de concreto</p> 

Execução da fundação: sapatas e vigas baldrame em madeira



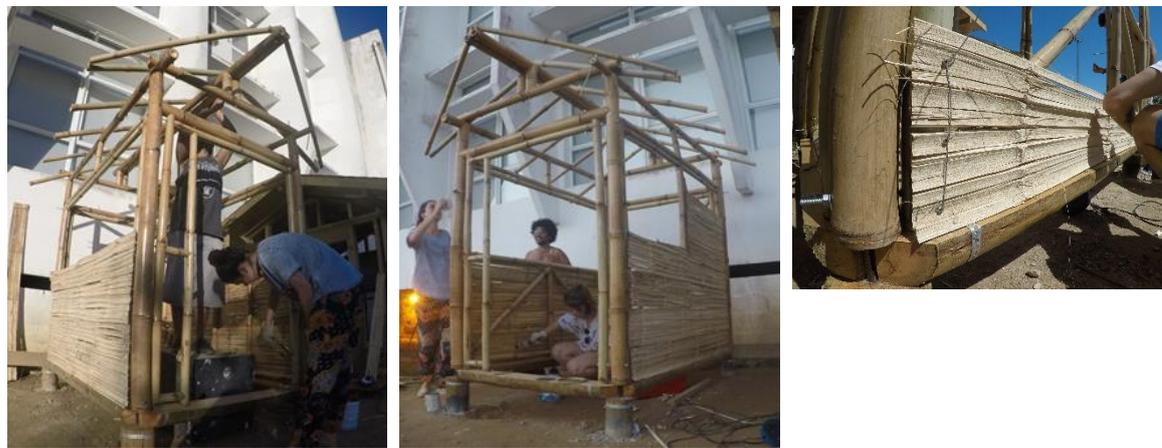
Confecção das ligações entre as peças de bambu.



Fixação dos painéis sobre a fundação



Cobertura, impermeabilização e fechamento dos painéis



O fechamento dos painéis foi realizado com esteirinhas da espécie *Bambusa oldhami*. Devido à má aderência entre a parte externa do colmo e o reboco, o bambu planificado foi fixado às paredes (utilizando parafusos e arame galvanizado) com sua parte interna aparente (do lado externo do protótipo), deixando o interior do colmo aberto para a futura aplicação do reboco à parte externa da casa.

Com a altura final da cumeeira calculada para que a cobertura tenha 20 graus de inclinação, os caibros foram fixados às terças e às vigas da cumeeira conferindo um telhado de duas águas. A opção por haver projetado duas vigas da cumeeira ao invés de uma foi justamente pensando na fixação dos caibros à estrutura de cobertura. Ao optar por duas terças, tornou-se possível o encontro do topo de cada caibro, eliminando o conflito entre o cruzamento de barras roscadas e facilitando a fixação do futuro tapume de OSB. Os caibros foram fixados através de comprimentos de barra roscada e travados com porcas e arruelas.

4.3. Potencial econômico, social e ambiental do bambu para construção de habitações

4.3.1. Econômico

O gasto total para a execução do protótipo em bambu de 2.4 m² foi de R\$434,64.

Através da análise do orçamento, observa-se que os gastos com a fundação são extremamente baixos, sendo a compra e o corte das madeiras para a fundação os subitens mais caros. Interpreta-se, também através do orçamento, que os gastos dispendidos com a infraestrutura chegam a quase 50% do valor total da obra.

O valor de execução do protótipo, quando dividido pela sua área, retrata o investimento necessário para se executar 1 m² do empreendimento. O custo unitário por metro quadrado para construção do protótipo, sem considerar as etapas de reboco, cobertura e piso, foi de 181 reais e 10 centavos. É esperado, por se tratar de um protótipo o qual o autor ainda não terminou sua execução e que, além disso, no próprio orçamento não estão incluídos os gastos com o tratamento dos bambus nem com o reboco, piso e cobertura, o resultado do custo unitário por metro quadrado seja baixo.

O valor do produto utilizado para tratar os bambus não foi incorporado ao orçamento devido ao potencial de ser reutilizado diversas vezes sem diminuir a eficiência de tratamento. Quando necessário o reúso, basta apenas adicionar uma pequena quantidade do mesmo produto e diluí-lo junto à antiga solução. O autor considera, através de sua experiência e com base em estudos sobre a eficiência do tratamento, que 1 saco de octaborato de sódio de 25 kg seria o suficiente para tratar todos os bambus necessários para construção de 20 protótipos iguais, totalizando 48 m² construídos em estrutura de bambu. A obtenção deste resultado seria possível com a utilização de um tanque de tratamento de 200 litros com concentração de 6% do produto, ou seja, seriam diluídos no tanque 12 kg de octaborato de sódio e reservados mais da metade do saco, 13kg, para realizar ajustes à concentração quando necessário. O preço de mercado de 1 saco de octaborato de sódio de 25 kg é, em média, 200 reais.

Para fabricação dos painéis modulares em bambu, foram gastos apenas 71 reais e 28 centavos, referentes à quantidade de fixações realizadas através de peças metálicas, barra roscada, arruelas e porcas. Os painéis do protótipo foram projetados e construídos para uma altura de 1,50 metro, no entanto poderiam ter sido fabricados com 2 metros de altura sem alterar o preço total. Isto porque seriam realizadas a mesma quantidade de encaixes e fixações, consequentemente o mesmo número de peças metálicas.

Nota-se, portanto, o elevado potencial econômico em utilizar o bambu como material construtivo quando o mesmo pode ser colhido e tratado próximo ao empreendimento, sem gastos na aquisição da matéria prima e nem com transporte.

4.3.2. Social

A proposta de Habitação de Interesse Social (HIS) em questão, além de cumprir com o requisito social de produzir moradias àqueles que não as possuem, tem como ideal a capacitação da comunidade através de cursos, exposições e, principalmente, através do trabalho na construção de suas próprias moradias em sistema de mutirão. Ao construir a própria casa, o morador aprende sobre sua manutenção e a utilizá-la adequadamente, eliminando a necessidade de contratar um profissional para realizar as futuras ampliações da habitação.

O uso do bambu como material construtivo é de cunho social por se tratar de um material comum e de fácil acesso. Em adição, o usuário, além de construir sua própria casa, torna-se mão de obra especializada e capacitada, gerando, portanto, nova fonte de renda. O empoderamento da comunidade, através de oficinas e cursos de capacitação sobre o uso do bambu, proporciona a criação de artesãos capazes de transformar peças de bambu em móveis e utensílios domésticos com alto valor agregado. Uma vez conhecidos os cuidados básicos e necessários à correta manipulação e utilização deste recurso vegetal, o artesão torna-se livre para novas ideias e possibilidades para o uso do bambu.

4.3.3. Ambiental

Ao utilizar uma matéria prima natural como o bambu, também conhecida como “aço vegetal”, reduz-se a necessidade da utilização de materiais processados semelhantes àqueles convencionalmente empregados na construção civil. Ao construir através do método proposto, extingue-se a necessidade dos tijolos de alvenaria para vedação e diminui-se drasticamente a quantidade de aço, cimento e areia empregada na construção. Estes materiais

resultam de diferentes tipos de processamento, que utilizam muita energia para sua fabricação e emitem grande quantidade de gás carbônico para a atmosfera.

Com o intuito de verificar através do mesmo tipo de análise se o uso do bambu como matéria prima principal pode reduzir a pegada ecológica do empreendimento, será quantificado o consumo básico para produzir uma residência em estrutura de bambu com a mesma metragem do projeto padrão sugerido pela NBR 12721.

A Tabela 5, a seguir, expõe as quantificações de consumos básicos por unidade habitacional em estrutura de bambu, de energia embutida e de emissões de CO₂ para produção do aço, concreto, areia, cimento e tijolos de alvenaria. Tais dados encontram-se nos três primeiros blocos à esquerda da tabela. A análise de energia embutida e de emissões de CO₂ para edificação de uma unidade habitacional em estrutura de bambu de 58,64 m² (área equivalente ao projeto-padrão R1-B, conforme a ABNT) encontram-se nos dois blocos à direita da Tabela 5.

Tabela 5: Quantificações e análise de energia embutida e de emissões de CO₂ por unidade habitacional em estrutura de bambu de 58,64 m²

Consumos básicos por unidade habitacional em estrutura de bambu		
Aço	684,04	kg
Concreto	2,443	m ³
Areia	0	m ³
Cimento	7,329	sacos
Tijolos	0	tijolos

Energia embutida		
Aço	30	MJ/kg
Concreto	2760	MJ/m ³
Areia	80	MJ/m ³
Cimento	210	MJ/saco
Tijolos	4060	MJ/un

Emissões de CO ₂		
Aço	1,45	kg/kg
Areia	22,62	kg/m ³
Cimento	48,44	kg/saco
Tijolos	0,98	Kg/un

Energia embutida por unidade habitacional em estrutura de bambu		
Aço	20521,2	MJ
Concreto	6742,68	MJ
Areia	0	MJ
Cimento	1539,09	MJ
Tijolos	0	MJ
TOTAL	28802,97	MJ

Emissões de CO ₂ por unidade habitacional em estrutura de bambu		
Aço	991,858	kg
Areia	0	kg
Cimento	355,0168	kg
Tijolos	0	kg
TOTAL	1346,875	kg

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para a quantificação de aço levou-se em consideração o total de barras roscadas, arruelas, porcas, arame, parafusos e vergalhões de ferro (sapatas) utilizados na construção do protótipo e estipulou-se a quantidade necessária de aço para executar dois metros lineares de parede (ao estilo bahareque). Além do consumo de aço na superestrutura, também fez parte da quantificação a quantidade do material utilizado para se executar a fundação, levando em consideração a necessidade de uma sapata isolada a cada dois metros.

5. Considerações finais

Frente à realidade habitacional brasileira, onde a carência por moradias é comum, a proposta de construção como alternativa sustentável para a problemática atual. Uma moradia edificada em estrutura de bambu, quando utilizado material local e sem custos elevados de extração, restringe a utilização de materiais convencionalmente empregados na construção civil e diminui o valor total do empreendimento. Além de baratear a obra, reduz-se o emprego de materiais cujo processamento e descarte impactam negativamente o meio ambiente. A quantidade de aço, cimento, concreto e areia foi reduzida ao optar-se pela madeira como elemento principal da infraestrutura e o uso de tijolos de alvenaria foi eliminado ao selecionar o bambu para a construção da superestrutura.

O potencial do bambu como material construtivo foi elucidado e demonstrado na construção do protótipo experimental através da prática. A viabilidade construtiva da técnica foi comprovada e facilmente compreendida durante a confecção das paredes modulares em bambu pelos trabalhadores voluntários.

A arquitetura proposta nesta pesquisa utilizou prioritariamente matéria prima local e teve como ideal a construção do protótipo de moradia em sistema de mutirão. O bambu, por ser um material de fácil manipulação e presente em todo território brasileiro, pode ser facilmente incorporado aos costumes da comunidade. Cursos e oficinas pontuais sobre construção com bambu são capazes de introduzir e capacitar os trabalhadores quanto ao uso adequado deste recurso vegetal e possibilitam a replicabilidade da técnica para futuras manutenções e ampliações de suas próprias habitações. Além de ambientalmente adequado, este método construtivo, em conjunto com a proposta de fundação, indica uma possibilidade de modularidade, flexibilidade e adaptabilidade ao tipo de habitação em questão.

O estudo de viabilidade aponta para o potencial do bambu como matéria prima sustentável para construir moradias populares. Aspectos como a durabilidade da estrutura e a eficiência dos tipos de tratamento e secagem não puderam ser comprovados, no entanto a obra terá continuidade e tais aspectos poderão ser observados posteriormente. O fato da edificação estar situada nos domínios da Universidade Federal de Santa Catarina está devidamente relacionado ao tipo de pesquisa que, por ser experimental, pode servir como subsídio a futuras pesquisas que comprovem a viabilidade construtiva do material e que possam fomentar a ampliação da cadeia produtiva do bambu no Brasil.

Referências

ABNT. NBR 12721. **Avaliação De Custos Unitários e Preparo de Orçamento de Construção para Incorporação de Edifícios em Condomínio**. Rio de Janeiro, 2006.

BONDUKI, N. G.; ROLNIK, R.; AMARAL, A. **São Paulo: Plano Diretor Estratégico - Cartilha de Formação**. São Paulo: Caixa Econômica Federal, 2003.

BRUNDTLAND. **NF Comum - Our Common Future: United Nations, 1987**

ABIKO, Alex Kenya. **Introdução à gestão habitacional, 1995**. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia da Construção Civil, TT/PCC/12. São Paulo: EPUSP. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00012.pdf> Acesso em: 12 julho 2018.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao.htm> Acesso em: 11 julho 2018.

BERALDO, Antonio. **A vez do bambu na construção civil – Normas para ensaios e estruturas, 2018**. Disponível em: <<http://apuama.org/vez-do-bambu-na-construcao-civil-normas-para-ensaios-e-estruturas/>> Acesso em: 30 agosto 2018.

CIB/UNEP-IETC. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document, 2002**. Boutek Report No Bou/E0204, Pretória.

DENALDI, Rosana. **Política de urbanização de favelas: evolução e impasses, 2003**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://www.pucsp.br/ecopolitica/downloads/tes_2003_Politicar_urbanizacao_impasses.pdf> Acesso em: 12 julho 2018.

FJP - FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil - 2015**. Belo Horizonte, 2018.

GATÓO, A., Sharma, B., Bock, M., Mulligan, H., Ramage, M.H., 2014. **Sustainable structures: bamboo standards and building codes**. Proceedings of the ICE – Engineering Sustainability 167, 189-196

Harries, Kent A. ; Sharma, Bhavna ; Richard, Michael. **Structural use of full culm bamboo : the path to standardization, 2012**. In: International Journal of Architecture, Engineering and Construction. 2012 ; Vol. 1, No. 2. pp. 66-75

LOPEZ, Oscar Hidálgo. **Manual de construcción com bambú**, 1981. Universidad Nacional de Colombia. Estudios Técnicos Colombianos, Ltda. 71p.

ISO (2004a). **ISO 22156: 2004 (E): Bamboo – structural design**. ISO, Geneva, Switzerland.

ISO (2004b). **ISO 22157-1: 2004 (E): Bamboo – determination of physical and mechanical proprieties – part 1: requeriments**. ISO, Geneva, Switzerland.

ISO (2004c). **ISO 22157-1: 2004 (E): Bamboo – determination of physical and mechanical proprieties – part 2: laboratory manual**. ISO, Geneva, Switzerland.

ISO (2009). **ISO 8375: 2009: Timber structures – glued laminated timber – tests methods for determination of physical and mechanical properties**. ISSO, Geneva Switzerland.

Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059>> Acesso em: 07 julho 2018

MINKE, Gernot. **Building with Bamboo: Design and Technology of a Sustainable Architecture, 2012**. Walter De Gruyter Incorporated, 2012 - 159 páginas

Norma técnica E. 100 Bambú. Reglamento Nacional de Edificaciones (2012). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Republica de Perú. NSR, Norma Sismo Resistente. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

UBIDIA, Jorge Morán. **Construir com Bambú (Caña de Guayaquil): Manual de construcción**, 2016. Disponível em: <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf> Acesso em: 30 agosto 2018.

VITOR, Alexandre. Oliveira. **PROPOSTA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS) EM ESTRUTURA DE BAMBU: PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO EXPERIMENTAL**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, 2018.

Agradecimentos

Aos arquitetos Jaime Pena, Mauro Tosta e a todos os bambuzeiros participantes do curso de construção em bambu da “Casa Colméia”, que possibilitaram a fundamentação prática deste trabalho.

Aos “mutirantes”: Alan Guimarães, Amadeus Novaes, Arthur Leite de Barro, Catarina Kasten, Felipe Nascimento, Fernando Pacheco, Gabriel Sala, Geórgia Scarabelot Bergamin, Gustavo Kath Ackermann, Henrique Back, João Pedro Alves de Lima, João Marcos Nicolodi, Jonas de Castro e Carvalho, Letícia Dalpaz, Rachel Sarreta, Rodrigo Franco, Rômulo de Lima, Sumara Lisboa, Thiago Cardoso, Thiago Mendonça e Tainá Hillesheim, que possibilitaram a realização prática deste trabalho.

Ao grupo de pesquisa VIRTUHAB, Machetaria UFSC e Marcelo Venturi, Marcos Marques e ao Rafael Trevisan pelo apoio na execução e provimento de recursos.