

ISBN 978-65-00-23054-3
ISSNe 2596



ENSUS

ANAIS

V.8, N.4
2021

FÓRUM DE BIÔNICA & BIOMIMÉTICA



ENSUS 2021

IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto
19, 20, 21 e 28 de Maio, 04 e 11 de Junho

Realização:



Apoio Institucional:



ORGANIZAÇÃO

Organizadores

Profa. Lisiane Ilha Librelotto, Dra. | PósARQ/UFSC
Prof. Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. | EGR/UFSC
Profa. Rachel Magnago, Dra. | PPGCA/UNISUL

Comissão Científica

Prof. Miguel Aloysio Sattler, Dr. | NORIE/UFRGS
Prof. Amilton José Vieira de Arruda, Ph.D | Design/UFPE
Profa. Ana Veronica Pazmino, Dra. | Design/UFSC
Prof. Carlo Franzatto, Dr. | Design/UNISINOS
Prof. Ivan Luiz de Medeiros, Dr. | EGR/UFSC
Profa. Regiane Trevisan Pupo, Dra. | EGR/UFSC
Profa. Sofia Bessa, Dra. | Arquitetura/UFMG
Prof. Cláudio Sampaio Dr. | Design/UFLA
Prof. Aguinaldo dos Santos Dr. | Design/UFPR
Prof. Jose Manuel Baroso Couceiro Frade Dr. | Design/ IPEL/ Portugal
Profa. Gheysa Prado, Dr. | Design/ UFPR
Profa. Gerusa de Cássia Salado, Dra. | Faculdade de Tecnologia / UNICAMP
Profa. Aline Eyang Savi, Dra. | Arquitetura e Urbanismo/ UNESP
Jairo da Costa Junior, Dr. | Delft /University of Western Australia

Prof. Roberto Bologna, Ph.D. | Arquitetura/UNIFI

Profa. Carolina Daros, Dr. | Design/ UTFPR
Profa. Andréa Cristina Trierweiler, Dr. | Programa de Pós-graduação em TICs/ UFSC
Prof. Carlo Franzato, Dr. | Design/UNISINOS
Prof. Gilberto Carbonari, Dr. | Engenharia Civi/UFLA

Profa. Luciana Londero Brandli, Dra. | Engenharia Civil/UFPR

Prof. Naotake Fukushima, Dr. | Design/UFPR
Prof. Rita Engler, Dra. | Design/UEMG

Prof. Fabiano Ostapiv, Dr. | Engenharia/UTFPR

Prof. Celso Salamon, Dr. | Engenharia/UTFPR
Prof. Luiz Salomão Ribas Gomes, Design, Dr. | UFSC

Pro. Joel Dias, Eng., Dr. | FURB

Prof. Vicente Cerqueira, Dr. | UFRJ

Prof. Juliana Cortez Barbosa, Dr. | UNESP

Comissão de Infraestrutura e Apoio

Luana Toralles Carbonari, Dr. | PósArq/UFSC

Cláudia Vasconcelos Dr. | UNIFESSPA – Pósdoc PósARQ UFSC

Ialê Ziegler Libanio da Silva | VirtuHab/ UFSC

Tamara Olivo | PósARQ/UFSC

Emisvaldo Pereira da Silva | UNIFESSPA

Thais Santa Cruz Nolio | VirtuHab/ UFSC

Nadieli de Araújo | VirtuHab / UFSC

Design

Natália Geraldo | VirtuHab/ UFSC

FICHA CATALOGRÁFICA

ENSUS “Encontro de Sustentabilidade em Projeto” (IX.: 2021 : Florianópolis, Anais [do] ENSUS 2021 - IX “Encontro de Sustentabilidade em Projeto”/ Universidade Federal de Santa Catarina, realizado em 19, 20, 21 e 28 de Maio de 2021, 04 e 11 de Junho de 2021- VIRTUHAB - Grupo de Pesquisa, (LAQUE - Grupo de Pesquisa convidado) ; [organizado por Lisiane Ilha Librelotto, Paulo César Machado Ferroli]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB - 2021]

210p (VOLUME 9, NÚMERO 4). ISSN 2596-237X. ISBN 978-65-00-23054-3

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

REVISORES

Adriane Shibata Dos Santos (UNIVILLE)
Adriano Heemann (UFPR)
Alessandra Devitte (UNIVALI)
Alexandre Toledo (FAU/UFAL)
Almir Barros da Silva Santos Neto (UFSM)
Amilton José Vieira De Arruda (UFPE)
Ana Kelly Marinoski Ribeiro (UFSC)
Ana Lúcia Papst de Abreu (IFSC)
Ana Paula Kieling (UFSC)
Ana Veronica Pazmino (UFSC)
André Canal Marques (UNISINOS)
Andre S. Francisco (MARITIMA)
Andréa Cristina Trierweiler (UFSC)
Andrea Jaramillo Benavides (IKIAM)
Anelise Leal Vieira Cubas (UNISUL)
Anja Pratschke (FUSP)
Antonio Beraldo (UNICAMP - *in memorian*)
Arnoldo Debatin Neto (UFSC)
Ayrton Bueno (UFSC)
Carla De Aguiar Neves(UFSC)
Carlo Franzato (UNISINOS)
Carlos Eduardo Ramoa (UNIVALI)
Carlos Fernando Machado Pinto (UNISUL)
Carlos Moraes (UNISINOS)
Cecília Prompt (MARGEM ARQUITETURA E BIOCONSTRUÇÃO)
Celia Neves (PROTERRA/ TERRABRASIL)
Claudio Pereira de Sampaio (UEL)
Coral Michelin (UNIVERSIDADE ANHEMBI – MORUMBI)
Cristiano Alves (UFSC)
Cristina Colombo Nunes (UFSC)
Daiana Cardoso de Oliveira (UNISUL)
Deivis Marinoski (UFSC)
Denise Dantas (USP)
Edna Aparecida Nico Rodrigues (UFES)
Elza Cristina Santos (UFU)
Eugenia Kuhn (UNIRITTER)
Fabiane Fialho (FADERGS)
Fabiano Ostapiv (UFTPR)
Gabriel Cremona Parma (UNISUL)
Germannya Silva (UFPE)
Gerusa De Cássia Salado (UNICAMP)
Gilberto Ughini Carbonari (UEL)
Humberto Carvalho (UFSC)
Ingrid Scherdien (FEEVALE/FACCAT)
Isabela Espíndola (UFSCar)
Isadora Dickie (UNIVILLE)
Itamar Silva (UFMG)
Ivan Medeiros (UFSC)
Jacqueline Keller (UFSC)
João Candido Fernandes (UNESP)
Joel Dias Da Silva (FURB)
José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade (ESAD/IPL)
Juliane Silva de Almeida (UFSC)
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates (UFTPR)
Leonardo Correã Malburg (ISEL)
Leticia Mattana (UFSC)
Liliane Chaves (UFF)
Lisandra De Andrade Dias (UFSC)
Lisiane Ilha Librelotto (UFSC)
Luana Torales Carbonari (UEL)
Luciana Lucena (UFRN)
Marcelo Gitirana Ferreira (UDESC)
Maria Luísa Leite (FUSP)
Mariana Kuhl Cidade (UFSM)
Marilia Gonçalves (UFSC)
Marina Medeiros Machado (UFOP)
Marli Everling (UNIVILLE)
Michele Fossati (UFSC)
Micheline Guerreiro Krause (UFSC)
Miguel Sattler (UFRGS)
Najla Mouchrek (VIRGINIA TECH)
Paola Egert Ortiz (UNISUL)
Patrícia Freitas Nerbas (UNISINOS)
Paulo César Machado Ferroli (UFSC)
Paulo Roberto Silva (UFPE)
Rachel Magnago (UNISUL)
Regiane Pupo (UFSC)
Renata Priore Lima (UNIP)
Ricardo Straioto (UFSC)
Rita Engler (UEMG)
Roberta Menezes (UFSC)
Roberto Angelo Pistorello (IFSC)
Rodrigo de Freitas (UNISUL)
Rogério Cattelan Antochaves de Lima (UFSM)
Rosilaine Isoldi (UFPEL)
Rúbia Carminatti Peterson (UNESC)
Simone Perroni Mazon (UNISUL)
Tomás Queiroz Ferreira Barata (UNESP)
Vanessa Casarin (UFSC)
Viviane Nunes (UFMG)

EDITORIAL ENSUS 2021

Entre heróis

Esse ano de 2021 foi um ano nebuloso. Parece que uma bruma paira nos meses. Mais de um ano de isolamento social e permanecemos, ainda, sobre o efeito da pandemia COVID-19. Que façamos deste evento, em 2021, uma homenagem a todos que nos deixaram e um manifesto de nosso mais profundo respeito àqueles que ficaram e sofrem pela perda. Façamos de nossa resiliência, nosso maior tributo a eles.

Nas palavras do grande mestre Antônio Ludovico Beraldo, como mais uma destas luzes que agora nos ilumina a distância, na entrevista que concedeu ao periódico Mix Sustentável, e que por duas vezes, trouxe seus conhecimentos para abrilhantar o ENSUS: “que sejamos como os bambus alastrantes” para disseminar o conhecimento sobre a sustentabilidade em todos os cantos deste imenso Brasil e quiçá nossas descobertas sejam também exemplo para o mundo.

Na resiliência necessária para superar tudo isto, nos deparamos com uma roda gigante. Ora são vitórias, ora são perdas. Ora são alegrias. Ora são tristezas e profundo desapontamento. E assim seguimos, esperando que de alguma forma possamos contribuir para a discussão do tema da sustentabilidade aplicada em projetos em arquitetura, engenharia, design e áreas afins.

O ENSUS 2021 – IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto, pela segunda vez, acontece de forma remota. Persiste, ano após ano, tentando levar a mensagem de que devemos prosseguir na defesa daquilo que é bom, daquilo que é justo e em defesa da sustentabilidade.

Neste ano, em função do ritmo frenético que está sendo imposto para aqueles, que mesmo em seus home offices, decidiram manter suas atividades acrescidas a todas as outras que despontaram com as necessidades de isolamento, os organizadores do ENSUS, em sua nona edição, optaram por reduzir o tempo diário em frente as telas dos computadores, e diluíram as atividades em mais 3 dias de evento. Desta forma, pode-se manter todas as atividades, mas com menos tempo diário, para evitar a sobrecarga virtual e tornar o evento um pouco mais leve. Assim, o IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto realiza-se nos dias 19, 20, 21 e 28 de Maio de 2021, 04 e 11 de Junho, com extensão de seu calendário. Esta mudança ajuda também a transmitir a ideia de que o ENSUS veio para ficar e exige um esforço contínuo de seus participantes e organizadores, renovado anualmente.

As atividades do ENSUS 2021 terão como evento de abertura, em 19 de maio de 2021, a palestra internacional “Personalização em massa via manufatura aditiva” proferida pelo Professor Paulo Bártolo, Ph.D, da Universidade de Manchester (Reino Unido), no MACE (Advanced Manufacturing at the School of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering e pesquisador do CIAUD, da Universidade de Lisboa.

Na sequência realiza-se a mesa redonda: “Ecologia Humana: Saúde e Relações Ambientais”, com a mediação de Vicente Cerqueira (UFRJ) e Paulo Cesar Ferroli (UFSC) e como debatedores o Dr. Gil Brito – Designer e pesquisador (DIDIN-INT/MCT) -Tema: Produtos para saúde – Design e Sustentabilidade; o Dr. Wilder Ferrer – Arquiteto e Professor Adjunto (FAU/UFRJ) - Tema: Arquitetura hospitalar; a Dra. Maria Paula Bonatto -Bióloga (Life Science) e Pesquisadora (ESP – FIOCRUZ) - Tema: Determinação social da saúde e os desafios para o mundo sustentável.

Completando o primeiro dia, estão disponibilizadas as apresentações gravadas dos artigos em forma oral (playlists do youtube). Estas apresentações serão assíncronas, podendo ser acessadas em qualquer momento. Da mesma forma ocorrem as sessões temáticas nos demais dias do evento. As melhores apresentações serão discutidas, de forma síncrona, em sessões simultâneas, nos dias 28 de Maio, 04 e 11 de Junho.

Durante as seções gravadas, estão disponibilizados vídeos surpresa de 5 minutos com convidados, contendo imagens de práticas ou pequenas falas sobre os assuntos de interesse na discussão da sustentabilidade em projetos.

No segundo dia do evento, 20 de Maio, acontecem duas atividades no período matutino, iniciando com a palestra do prof. Ruben Timmers, da Saxion University of Applied Sciences e membro do grupo de pesquisa Internacional Water Technology, da Holanda, seguido pelo II Fórum de Biônica e Biomimética, com a coordenação do professor Amilton Arruda da UFPE e palestra da Arquiteta e Urbanista Laís Leão para “Construir cidades inclusivas e seguras sob perspectiva de gênero: qual o papel de planejadores e gestores? “

Para o dia 21 de Maio, temos a apresentação de casos em prototipagem por Cláudio Sampaio (UEL) e Fernando Reizel – Engenheiro Biomédico (ESDI/Laboratório de Prototipagem) que na sequência integram a mesa redonda “Efeitos da pandemia no desenvolvimento sustentável “ com a mediação de Gabriel Cremona – UNISUL e em conjunto com - Luciana Londero Brandli (UPF) e Carlo Franzato (UNISINOS). Segue-se, neste mesmo dia a mesa “Embalagens e Certificação Ambiental: Fatores e Aspectos Projetuais”, com a mediação de Vicente Cerqueira / UFRJ e participação da Dr. Elen Pacheco, Professora/Pesquisadora (Instituto de Macromoléculas – Professora Titular (NERDES-IMA/UFRJ) – com o tema a sustentabilidade na obtenção de embalagens; da Dra. Andréa Franco, Designer e Professora Associada (DTecnologia-FAU/UFMG), com a apresentação: “Ecodesign e o problema do resíduo das embalagens domésticas e, da Dra. Giselle Miranda- Designer e Pesquisadora (Biomanguinhos/FIOCRUZ) com o tema: Repensando o Sistema Embalagem para minimizar o impacto ambiental.

No dia 28 de Maio de 2021, após o intervalo de uma semana, o evento prossegue com a palestra do Dr. Normando Perazzo Barbosa, “Materiais de Construção Não - Convencionais – Necessidade de Inclusão nos Cursos Universitários” e no dia 04 de Junho, a palestrante internacional, Rute Gomes do CIAUD/ Universidade de Lisboa falará sobre o “Design para a Adaptabilidade: uma Perspectiva de Longevidade de Uso”.

O ENSUS 2021 encerra com chave de ouro, com a palestra internacional do Dr. Roberto Bologna sobre “Arquitetura Humanitária” – UNIFI, Firenze / Itália, com a mediação da Dra. Luana Carbonari. É a conclusão perfeita para o evento onde 154 artigos estarão sendo apresentados e cujas versões completas dos artigos, com revisão por pares dupla e cega, integram esses 3 volumes. Agradecemos o apoio, a confiança, a perseverança e a participação de todos. Nos vemos em 2022, quem sabe, presencialmente e tomando um bom café!

Paulo Cesar Ferrol e Lisiane Ilha Librelotto

SUMÁRIO – ANAIS VOLUME IV

| Título e Autores | Páginas |
|--|----------------|
| Aplicação do design biofílico em parquinhos infantis inclusivos. Natanael Costa Teles, Ânella Camacho Sanches e Emerson Gervásio de Almeida. UFCAT | 7-18 |
| Design e materiais vivos: perspectivas e aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda. Elisa Strobel Do Nascimento, Gislaine Maria Lau, Felipe de Carvalho Ishiy e Adriano Heemann. UFPR | 19-30 |
| Floresta Amazônica: uma proposta metodológica em biônica para o ensino do design. Francisco Lobo, João Plácido, João Raposo e Galdenoro Juior. UNESP, UFMA | 31-42 |
| A biomimética e a representação gráfica como instrumentos de suporte à ação projetual. Brunna Oliveira e Janice Pires. UFPel | 43-56 |
| Sustentabilidade em projetos criativos: contribuições da biofilia. Alice Araujo Marques de Sá e Dianne Magalhães Viana. UnB | 57-68 |
| A Percepção de Materiais Compósitos em Artefatos de Moda e Painel Automobilístico. Marcelo Junior, Lourival Costa e Amilton Arruda. UFPE | 69-77 |
| Estudo de caso de compósito de fibra de tururi como material sustentável para o design de produtos. Amanda Sousa Monteiro, Denise Dantas e Júlia Baruque-Ramos. USP | 78-89 |
| Redesign de ferramentas manuais para o cultivo agrícola a partir do método biomimético. Itamar Silva e Daniel Alves. UFCG | 90-101 |
| Conceitos de Frequências Sonoras e das Cores da Natureza Aplicados na Arquitetura Bioclimática. Marco Antonio Souza Borges Netto, Gabriely Anunciato de Matos e Gentil Silva Gonçalves. UFMG, FSP | 102-113 |
| Metodología para el diseño de productos basada en la simbiosis entre biomimética, diseño paramétrico y tecnologías de fabricación digital. David Torreblanca. Universidad Pontificia Bolivariana (Colômbia) | 114-123 |
| Embalagem de transporte e liberação de larvas de Joanelha com conceitos da Biomimética. Fernando José da Silva, Cynara Fiedler Bremer, Sofia Woyames Costa Leite e Verônica Oliveira Souza. UFMG | 124-135 |
| Sessão de cocriação: para repensar o elemento construtivo cobogó por inspiração biológica. Tarciana Araújo Brito de Andrade, Amilton José Vieira de Arruda, Rodrigo Barbosa e Marcelo Vicente UnLisboa, UFPE | 136-148 |
| Sistema construtivo modular a partir da flexibilização na geração de alternativas. Laila Nuic e Lisiane Ilha Librelotto UFSC | 149-161 |
| Identificação de Características Morfológicas em Artefatos Inspirados na Natureza. Theska Laila Soares, Amilton Arruda e Antônio Henrique Nogueira. UFPE | 162-174 |
| Design e materiais vivos: perspectivas e aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda. Elisa Strobel Do Nascimento, Gislaine Maria Lau, Felipe de Carvalho Ishiy e Adriano Heemann. UFPR | 175-186 |
| Sustentabilidade na moda e a transdisciplinaridade no design de biomateriais têxteis. Giovanna E. Renck e Debora Barauna. UNISINOS | 187-198 |
| Design pós-antropocêntrico: uma experiência na proteção de abelhas nativas sem ferrão. Félix Vieira Varejão Neto e Aguinaldo dos Santos. UFPR | 199-210 |



Aplicação do design biofílico em parquinhos infantis inclusivos

Application of biophilic design in inclusive playgrounds

Natanael Costa Teles, discente do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Catalão, UFCAT.

natanael.teles@discente.ufg.br

Ânella Camacho Sanches, discente do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Catalão, UFCAT.

anella.camacho@discente.ufg.br

Emerson Gervásio de Almeida, Doutor, Docente do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Catalão, UFCAT.

emersongervasio@ufg.br

Resumo

Este artigo se propõe a discorrer sobre a importância da criação de parquinhos inclusivos de maneira conjunta com a biofilia, propiciando não apenas o bem-estar para crianças, mas da sociedade como um todo. Utilizando-se de uma pesquisa aplicada, qualitativa, descritiva e bibliográfica, a fim de fundamentar a importância da existência de espaços públicos inclusivos com a aplicação da biofilia, potencializando o bem-estar, proporcionando ganho de saúde devido a interação com o psicológico e fisiológico humano bem como a oportunidade de interações positivas entre as pessoas e a natureza, o que fomenta e resulta no senso de responsabilidade com o meio ambiente.

Palavras-chave: Biofilia; inclusão; parquinho infantil

Abstract

This article aims to discuss the importance of creating inclusive playgrounds in conjunction with biophilia, providing not only the well-being of children, but society as a whole. Using applied, qualitative, descriptive and bibliographic research, in order to substantiate the importance of the existence of inclusive public spaces with the application of biophilia, enhancing well-being, providing health gain due to interaction with the psychological and physiological as well as the opportunity for positive interactions between people and nature, which fosters and results in a sense of responsibility with the environment.

Keywords: Biophilic; inclusion; children's playground



1. Introdução

O sistema nervoso humano é de uma estrutura extremamente complexa que vem sendo estudado na medicina no campo da neurociência. Com o aumento do entendimento acerca desse campo tornou-se possível a sua utilização em áreas diversas, dentre elas a arquitetura, dando origem à neuroarquitetura. Essa ramificação é responsável por estudar e analisar as reações que o ambiente físico pode causar no cérebro humano, bem como prever sua influência na alteração comportamental nos indivíduos a ele expostos (PAIVA, 2018).

Ambientes construídos podem gerar diferentes estímulos inconscientes no cérebro, podendo estes serem positivos ou negativos para a psique humana, sendo este o objeto direto de estudo da neuroarquitetura, de modo a utilizar alterações dos ambientes a fim de criar locais mais agradáveis e que propiciem impactos no bem-estar e na saúde (PAIVA, 2018).

Paralelamente a isso, tem-se um grande crescimento urbano, com vastas áreas edificadas, que por vezes são apelidadas de “selvas de pedras” devido ao baixo ou inexistente espaço natural restante. No Brasil esse processo de urbanização possui um alto índice de crescimento, cerca de 51% entre os anos de 1950 a 2010 de acordo com o The Global Impact of Biophilic Design in the Workplace (BROWING; COOPER, 2017). Essas alterações drásticas do ambiente podem ser sentidas, principalmente quando interferem na necessidade inerente do homem de estar em contato com a natureza, o que estimulou o interesse sobre a biofilia e seus benefícios (WILSON, 1984).

Buscando aumentar a conexão entre os indivíduos e a natureza origina-se o design biofílico, que é uma junção entre a parte teórica, a ciência e a parte prática com o intuito de desenvolver espaços que apresentem características que remetem a natureza, sejam estes voltados ao lazer, à moradia ou ao trabalho de modo a melhorar diversos fatores (BROWING; COOPER, 2017).

Segundo Nassar (1994), o espaço construído influencia imediatamente no modo como as pessoas se sentem tendo relação com a aceção de experiências, bem como os detalhes de cada edificação, bem como o ambiente em qual está inserido também interferem na resposta comportamental daqueles que ali se encontram (MOURTHE, 1998; REIS; LAY, 2005, 2006; JOHN; REIS, 2010; PIZZATO, 2013), podendo amplificar o sentimento de calma e segurança, reduzir a agressividade e atizar o entusiasmo (KÜLLER, 1980).

Costa & Meira (2009) defendem que este espaço também exerce um papel fundamental na superação das desigualdades físicas e sociais, o que torna necessário pleitear que espaços voltados para o lazer propiciem uma interação geral com todos aqueles que assim desejarem, sejam eles crianças ou adultos, portadores ou não de algum tipo de deficiência, de modo a amparar seus direitos e auxiliar em sua luta diária. É pela brincadeira que a criança se expressa, interage e aprende a lidar com o mundo, sendo tão importante para esta como suas necessidades básicas gerando o seu desenvolvimento tanto individual como socialmente (LIRA; RUBIO, 2014).

Crianças com algum tipo de deficiência, normalmente têm a maior parte de suas atividades motoras realizadas em casa, devido à falta de ambientes capazes de atender a suas necessidades, e somado ao fato de que, por vezes, possuem longas rotinas de tratamentos. Entretanto, indiferente de possuir ou não alguma deficiência toda criança brinca e aprende



com isso, e nesses momentos conseguem fugir um pouco da realidade escapando do preconceito e da discriminação, mesmo que por pequenos períodos de tempo (LIMA, 2016).

Infelizmente é comum encontrar grandes dificuldades na adequação de espaços, principalmente em âmbito público, e assim como os adultos necessitam de adequações nos espaços voltados a eles, crianças com algum tipo de dificuldade de movimento também o fazem. Neste contexto, este artigo visa apresentar a relevância da criação de parquinhos inclusivos aliados com a biofilia, propiciando não apenas o bem-estar para crianças, mas da sociedade como um todo.

2. Metodologia

A metodológica utilizada para a criação desse artigo pode ser observada na Figura 01.

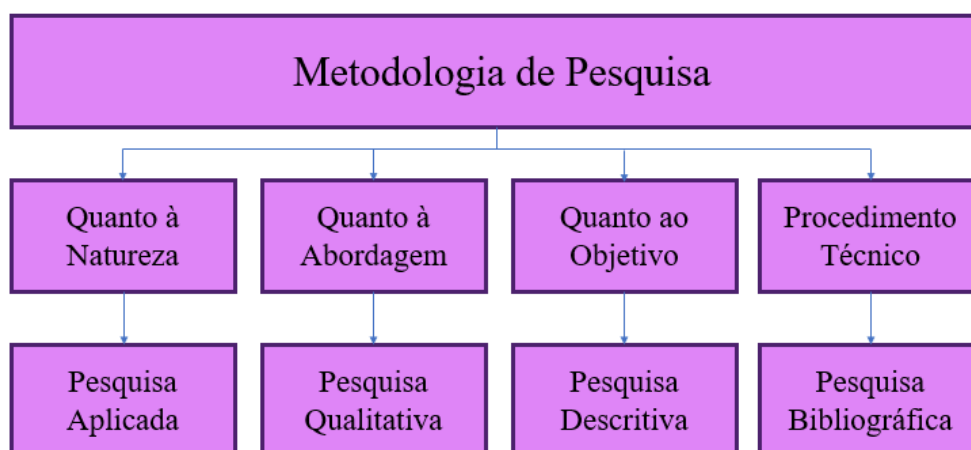


Figura 01: Estrutura da metodologia de pesquisa. Fonte: elaborado pelos autores.

No que se refere a natureza, utilizou-se de uma pesquisa aplicada a fim de auferir conhecimentos passíveis de uma aplicação prática, apresentando um modelo base para a criação de soluções para a inadequação existente sobre a disponibilidade de parquinhos inclusivos em todo o território nacional.

Quanto a abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa pois interpreta e analisa os fenômenos, levando-se em consideração os sentimentos associados e suas ramificações psicossociais nos indivíduos.

No tocante a seu objetivo, classifica-se como descritiva, que consiste na realização de um estudo prévio a fim de obter conhecimentos e informações acerca da problemática observando a ocorrência de fatos e fenômenos possibilitando a realização de uma análise objetiva das variáveis.

Adotou-se, ainda, como procedimento técnico a revisão bibliográfica, sendo embasada na Constituição Federal, livros, revistas, dissertações, periódicos e artigos referentes ao tema. Também foram realizadas consultas ao IBGE para obtenção de dados.



3. Revisão bibliográfica

Para que as pessoas construam experiências afetivas nos espaços e identifiquem-se com a cidade em que habitam, é preciso dar-lhes as condições necessárias para se sentirem incluídas, somente assim, é possível que a experiência espacial se concretize de forma satisfatória (DUARTE; COHEN, 2004). Sendo assim, as melhorias em infraestrutura nas cidades proporcionam às pessoas com deficiências físicas o sentimento de pertencer a algum lugar, e a maior proximidade com a natureza tende a aumentar beneficentemente os resultados.

O sentimento de pertencer relaciona-se ao conceito de identidade de lugar, na qual é uma subestrutura da identidade relacionada à cognições, sentimentos, memórias, atitudes, percepções de experiências passadas, de um determinado lugar (PROSHANSKY, 1983). Com essas vivências do indivíduo, culmina em sentimentos de pertencimento ou repulsa e nos vínculos emocionais relacionados ao ambiente (LIMA et al., 2013).

Kevin Lynch (1981) sustenta a relevância de que no processo de desenho urbano na construção de uma cidade moderna, o espaço urbano público poderá proporcionar uma intensa vida urbana tendo vitalidade, sensação, adequação, acesso e controle. De outro modo Tibbalds (1988) defende que o desenho do espaço urbano, para que nele venha a ocorrer vida urbana, deve respeitar as heranças do passado e inserir as novas intervenções no contexto existente, encorajar a diversidade de funções urbanas no espaço coletivo, encorajar a liberdade de circulação das pessoas no espaço público, satisfazer as necessidades de fruição do espaço coletivo por todos os setores sociais e evitar promover transformações em grande escala e em simultâneo. Deve ainda ser dada prioridade ao planejamento do espaço público e só depois às construções; os novos espaços urbanos deverão ser desenhados à escala do homem e satisfazer as suas necessidades, e terão de ser construídos com legibilidade e durabilidade, possibilitando interações entre as pessoas e o espaço público e vice-versa.

Esse planejamento também engloba a inclusão de espaços que propiciem um contato com a natureza, o que adentra no conceito de biofilia, que está relacionado com a necessidade biológica humana de conectar-se com a natureza, de modo mental, físico e social. Entretanto, com o grau de urbanização tão elevado torna-se bastante complicado propiciar essa ligação com o meio ambiente, o que faz com que seja necessário buscar por soluções que se adaptem a atual realidade, dentro da qual surge a possibilidade de incorporar aspectos naturais no cotidiano (HEERWAGEN; ILOFTNESS, 2012).

Assim, surge o conceito de design biofílico popularizado em 1984, como uma tentativa do homem moderno de aproximar a natureza ao seu dia-a-dia, devido a sua necessidade de vivenciar desse contato, onde diversos estudos foram realizados onde constatou-se a preferência humana por cidades com menor grau de urbanização e alto grau de vegetação. A ligação entre ambientes mais saudáveis e melhores condições de vida ao aumento do estímulo, da capacidade cognitiva e da produtividade foi determinada, visto que essa interação propicia um aumento da atividade parassimpática (WILSON, 1984; HERWAGEN; ILOFTNESS, 2012).

Com o aumento da atividade parassimpática obtém-se a redução da atividade simpática, que, por conseguinte reduz consideravelmente os níveis de estresse e irritabilidade, e aumenta a capacidade de concentração do indivíduo (HERWAGEN; ILOFTNESS, 2012). Estes resultados são benéficos para o ser humano, mas possuem uma maior relevância para



portadores de alguma deficiência física que lutam diariamente com inúmeras barreiras e dificuldades, sendo ainda mais complexas no tocante a crianças portadoras de deficiência física (ELALI *et al.*, 2010).

Segundo o IBGE (2012) aproximadamente 24% da população nacional é portadora de algum tipo de deficiência, seja ela auditiva, visual, motora ou mental/intelectual. Dessa parcela, cerca de 7,53% se encontram em idades entre 0 e 14 anos.

Estas pessoas, assim como qualquer outro ser humano possuem seus direitos e deveres, sendo o primeiro resguardado já pela Declaração dos Direitos Humanos (ONU, 1948) que assegura que todas as pessoas já nascem livres em dignidade e direito. Em 1988, a Constituição Brasileira já no Art. 5º reforça a questão do direito à igualdade, e em seu Art. 6º reafirma, dentre outros, o direito ao lazer.

Na década de 90 ocorreu a publicação de vários documentos que visam propiciar a igualdade de oportunidade para as pessoas portadoras de algum tipo de deficiência pela ONU, e 2015 cria-se o Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015), que apresenta já no Art. 2º a definição de uma pessoa com deficiência como:

aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas;

Reforçando a noção de igualdade já delimitada nos Direitos Humanos surgem os Art. 4º e 5º do Estatuto da Pessoa com Deficiência, que define que toda pessoa com deficiência deve ser protegida de negligência e discriminação, entre outros, e no Art. 8º é imputada a responsabilidade de assegurar a efetivação dos direitos referentes a vida destas pessoas, inclusive ao lazer, ao estado, a sociedade e a família.

Em construções, a norma da ABNT NBR 9050 apresenta a ideia de que, promover a acessibilidade em ambientes resume-se em propiciar condições de mobilidade, com autonomia e segurança, eliminando-se as variadas barreiras, que é reforçada pelo Art. 53 do Estatuto da Pessoa com Deficiência, que define: “A acessibilidade é o direito que garante à pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida viver de forma independente e exercer seus direitos de cidadania e participação social.”

Nesta linha de raciocínio, a Lei 13.443, de 11 de maio de 2017, art. 4º, parágrafo único, garante o cumprimento da norma supracitada, definindo que no mínimo 5% (cinco por cento) de cada brinquedo e equipamento de lazer existentes em parques e nos demais espaços de uso público existentes devem ser adaptados e identificados, tanto quanto tecnicamente possível, para possibilitar sua utilização por pessoas com deficiência, inclusive visual, ou com mobilidade reduzida.

4. Resultados e discussões

Verificou-se que pessoas ao se depararem com fotos de paisagens naturais passam por um processo de desencadeamento de uma forte resposta de dopamina (indicador de prazer) no córtex visual do cérebro, em contraste quando expostas a cenas de paisagens artificiais da natureza. Outros estudos observaram-se recuperações de cirurgias de forma mais rápida quando o paciente é exposto aos mesmos estímulos. Estas respostas são medidas também na



parte física e não apenas no psicológico, mensurando a frequência cardíaca, pressão arterial, nível de cortisol (hormônio do estresse), bem como um aumento no desempenho cognitivo e na criatividade (BROWING; COOPER, 2017).

Ambientes que incorporam a natureza diminuem a fadiga mental, pois possuem um fator restaurador, sendo benéfico a todos, podendo melhorar diversos ambientes, como escritórios, praças, escolas, universidades, propiciando uma melhor qualidade de vida (BROWING; COOPER, 2017).

Diversos estudos realizados em ambientes hospitalares concluíram que mostrar fotos de paisagens agradáveis para os pacientes antes ou logo após cirurgias proporcionaram baixos índices de estresse e uma melhora nas taxas de recuperação. Em ambientes sem janelas, projetando nas paredes imagens, ou vídeos em tempo real de paisagens naturais, ocasionou uma redução nas taxas de estresse. Outros experimentos como o que fora realizado na Universidade de Washington, tentou verificar se a natureza simulada tem a equivalência da natureza real, na recuperação de pacientes. Onde foram expostos a uma vista da natureza através de uma janela, e outro tinham uma televisão de alta resolução mostrando imagens da natureza. A resposta de recuperação para o monitor de vídeo foi satisfatória no ponto de vista psicológico e fisiológico, e para a janela obteve o mesmo resultado que o monitor de vídeo, na parte psicológica, mas a resposta fisiológica foi significativamente melhor. Sendo assim, embora uma simulação da natureza tenha bons resultados, o real contato se mostra ainda bem superior (BROWING; COOPER, 2017).

Cientificamente evidências do efeito biofílico da cor estão a cada dia mais se consolidando, não tendo ainda um consenso sobre os efeitos, mas há sobre a importância na criação de um ambiente saudável, vibrante e biofílico. A teoria operacional aborda que as cores encontradas na natureza provocam respostas positivas, por isso a sua utilização é bem vista (PALMER; SCHLOSS, 2010). Cores como o verde escuro, provoca resposta de relaxamento; amarelo, tem-se resposta de excitação; a cor vermelho, alta concentração, sendo também associada a um maior desempenho em tarefas que exigem foco cognitivo, e a cor azul está associada à criatividade (SADEK *et al.*, 2013; HATTA *et al.*, 2002).

O verde mediano também é associado à criatividade (LITCHENFELD *et al.*, 2012). Como também a cor vermelha é associada com o aumento de resposta galvânica da pele e da frequência cardíaca, em contraponto a cor azul propicia uma resposta completamente oposta (HARKONEN *et al.*, 2012).

Para pessoas que passam grande parte do tempo em locais fechados esse contato com a natureza e com as cores acima citadas, que tendem a induzir reações benéficas no cérebro são extremamente importantes, sendo mais relevante quando o indivíduo em questão é portador de algum problema que dificulte sua locomoção, principalmente quando se trata de uma criança. Essas pessoas, em muitos casos passam grandes períodos hospitalizados, confinados muitas vezes em locais que não possuem nenhum contato com a natureza.

Se faz necessário que as cidades brasileiras disponham de uma estrutura pública destinada ao lazer infantil (Art. 59 do Estatuto da Criança e do Adolescente) e que tenha como conceito principal a incorporação de medidas que visem permitir que pessoas com dificuldade de mobilidade possam desfrutar plenamente dos locais públicos destinados ao lazer infantil, de modo a resguardar seu direito de igualdade, que deve ser respeitado e garantido, como especificado no Art. 56 do Estatuto da Pessoa com Deficiência: “A construção, a reforma, a



ampliação ou a mudança de uso de edificações abertas ao público ou privadas de uso coletivo deverão ser executadas de modo a serem acessíveis”.

Segundo os dados disponibilizados pela ALPAPATO (Anna Laura Parques Para Todos), existem 9 parques inclusivos prontos espalhados pelo Brasil, criados por referida entidade em parceria com outras entidades, sendo estes:

- Parque do Centro Israelita de Apoio Multidisciplinar - CIAM (São Paulo - SP);
- Parque do Cordeiro, Prefeitura de São Paulo (São Paulo - SP);
- Parque Santana (Recife - PE);
- Parque no Centro Especializado em Reabilitação e Habilitação do Rio Grande do Norte - Antigo CRI (Natal - RN);
- Parque APAE Cascavel (Cascavel - PR);
- Parque APAE Araraquara (Araraquara - SP);
- Parque Mooca, AACD (São Paulo - SP);
- Parque APAE Tubarão (Tubarão - SC) e
- Parque no Instituto Sul-Rio-Grandense em Pelotas - CAVG (Pelotas - RS).

Além destes, existe mais um parque em processo construtivo, localizado na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, que será construído no Campus Visconde da Graça. Esse projeto conta com o apoio da Escola Especial Professor Alfredo Dub, Centro de Reabilitação Neurológica de Pelotas (CERENEPE), Centro de Apoio, Pesquisa e Tecnologia para a Aprendizagem (CAPTA), Associação de Pais e Amigos de Excepcionais (APAIE), Associação escola Louis Braille, Associação de Surdos de Pelotas (ASP), Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Específicas (NAPNE) do Campus Visconde da Graça do IFSUL, Associação de Pais de Down de Pelotas (APADPEL) em parceria com a ALPAPATO.

Existem alguns parquinhos inclusivos construídos no território nacional, entretanto ainda não são suficientes, pois seria necessário que todas as cidades contassem com espaços que fornecessem uma infraestrutura para atender as necessidades dos portadores de deficiência. Esses espaços não atendem apenas crianças, mas também permite que pais que sejam portadores de algum tipo de deficiência possam interagir com seus filhos desenvolvendo seus laços, e aumentando seu sentimento de pertencimento na sociedade.

A conciliação entre a necessidade da existência destes espaços preparados aliados com o conceito de design biofílico é uma opção extremamente vantajosa, pois aumentaria o aproveitamento do local podendo até mesmo amplificar os resultados obtidos devido ao estímulo, bem como o aumento da tranquilidade causado pelo contato direto com a natureza. Gehl e Gemzøe (2000) consideram que o uso do espaço público, como espaço social e recreativo, tem vindo a crescer gradualmente. Deste modo, o planejamento urbano é reconhecido cada vez mais como um fator para a vida urbana e as interações comunitárias no espaço público (SERDOURA; SILVA, 2006).

Na Figura 02 tem-se um exemplo de um croqui modelo de um parquinho infantil levando em consideração o conceito de biofilia (cores, natureza, luz, materiais) que pode ser utilizado como base para criação de projetos adequando-os aos espaços disponíveis em cada local. Este modelo conta com os seguintes itens:

1. Flor que auxilia no desenvolvimento do firmamento do tronco, tanto de crianças pequenas quanto de pessoas com alguma deficiência relacionada;
2. Balanço com um local para cadeirantes;

3. Gangorra adaptada para utilização por cadeirantes e não cadeirantes;
4. Gira-gira com espaço para cadeirantes;
5. Painéis de atividade (ábaco, painel sonoro, jogo da memória);
6. Balanço vai-e-vem com espaço para um cadeirante e uma pessoa sem deficiência;
7. Jardim tátil;
8. Placa de referência com a disposição dos brinquedos e escrita em braile;
9. Casinhas com rampas acessíveis para cadeirantes;
10. Bancos.

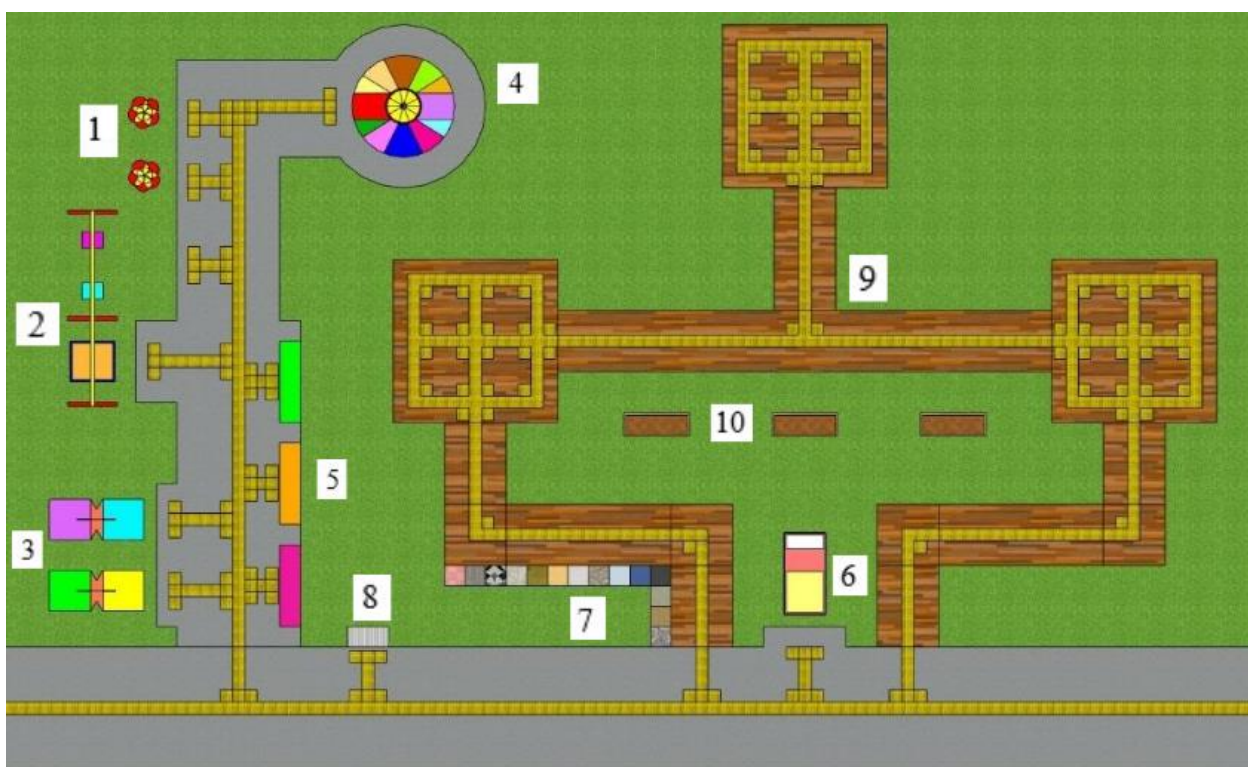


Figura 2: Croqui modelo da distribuição dos brinquedos no parquinho infantil. Fonte: elaborado pelos autores.

A preservação ambiental é um fator de suma importância, assim, todos os brinquedos e estruturas devem ser projetados de modo que, para sua implantação não seja necessário desmatar o local, sendo dimensionados para ocupar a área embaixo da copa das árvores, o que também permitirá sua utilização em qualquer horário do dia, mesmo quando a incidência solar for alta, pois em áreas verdes a temperatura é inferior ao seu redor, tendo assim um ambiente saudável, além do bloqueio dos raios solares pela folhagem.

Toda a madeira e seus subprodutos necessários para a estruturação e confecção das casinhas deve ser proveniente de um fornecedor que atenda as especificações de madeira legal, tais como possuir DOF (Documento de Origem Florestal), além de todas as demais licenças necessárias de modo a causar o menor dano possível ao meio ambiente. Esse cuidado é realmente indispensável, levando-se em conta a atual preocupação quanto a preservação e recuperação ambiental.

As cores a serem utilizadas nos brinquedos incluem tons vibrantes como amarelo, vermelho e azul, de modo a estimular a criatividade, a alta concentração e desempenho e



maior estímulo de movimento, essenciais no desenvolvimento infantil, que são complementadas pelos diversos tons de verde da vegetação do local. Estas cores devem ser utilizadas de forma intercalada para que obtenha-se o máximo possível de benefícios a elas associados.

5. Considerações Finais

Em busca de uma sociedade mais igualitária, é imprescindível a inclusão de todos os indivíduos presentes na mesma. Embora exista um amparo legal, existem poucos parquinhos inclusivos em todo território nacional, o que está em desacordo com a Declaração Universal dos Direitos Humanos que garante cidadania a todos, por este motivo faz-se necessário que a comunidade, juntamente com as entidades locais correlacionadas, o poder público e, em alguns casos, o setor privado criem iniciativas a fim de sanar essa carência.

Centrando-se em adaptações humanas ao mundo natural, ao passo que a urbanização avança diariamente, trazendo consigo alguns problemas na saúde, o design biofílico enquanto um conceito que visa o bem estar nos centros urbanos vem a agregar, pois ele proporciona a todos um ganho de saúde porque trabalha com o psicológico e fisiológico humano, bem como promove o apego emocional a lugares, o surgimento de interações positivas entre pessoas e a natureza, fomentando o senso de responsabilidade entre sociedade e meio ambiente, sendo um resultado de esforço mútuo e integrado entre todos os envolvidos.

Um parque inclusivo desenvolvido sobre os preceitos do design biofílico permitiria um maior sentimento de pertencimento às pessoas portadoras de algum tipo de deficiência física, adultos ou crianças, pois os inclui em atividades relativamente simples para os demais, mas que são extremamente raras para alguns destes. A alegria de uma criança por poder enfim usufruir de algo que até então lhes era negado, ou ainda permitir que um pai com deficiência desfrute de momentos de lazer com seus filhos são momentos inestimáveis.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: https://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_24.pdf. Acesso: 01 mai 19.

ALPAPATO, Anna Laura Parques Para Todos. Disponível em: <http://annalaura.org.br/?fbclid=IwAR2udlyhv0HBf-L3UzQioR34GSjgIQCjmtNTKPlub600EC1ERnBbZOJyW4>. Acesso em 15 dez 20.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 02 mai 19.

BRASIL. Leiº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União**, Brasília,



DF, 06 jul. 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. Acesso em: 30 mai 19.

BRASIL. Lei nº 13.443, de 11 de maio de 2017. Altera a Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, para estabelecer a obrigatoriedade da oferta, em espaços de uso público, de brinquedos e equipamentos de lazer adaptados para utilização por pessoas com deficiência, inclusive visual, ou com mobilidade reduzida. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 mai. 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13443.htm. Acesso em: 22 abr 19.

BROWNING, B; COOPER, S. C. **Human Space: the global impact of biophilic design in the workplace**. 2017. Disponível em: https://greenplantsforgreenbuildings.org/wp-content/uploads/2015/08/Human-Spaces-Report-Biophilic-Global_Impact_Biophilic_Design.pdf. Acesso: 20 dez 2020.

COSTA, A. D. L.; MEIRA, F. A. **A importância de formar profissionais comprometidos com a acessibilidade e a inclusão social**. Revista Eletrônica Extensão Cidadã, UFPA, João Pessoa, (PB). v. 7. 2009. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/extensaocidada/article/view/3906>. Acesso: 23 mai 19.

DUARTE, C. R. S. & COHEN, R. (2004). **Afeto e Lugar: A Construção de uma Experiência Afetiva por Pessoas com Dificuldade de Locomoção**. Anais do Seminário Acessibilidade no Cotidiano, (versão em CD). Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em: <http://www.processo.fau.ufrj.br/artigos/Afeto%20e%20Acesso%20-%20ACESSIBILIDADE%20NO%20COTIDIANO.pdf>. Acesso em: 25 abr 19.

ELALI, A. G.; de ARAÚJO, G. R.; PINHEIRO, Q. J. Acessibilidade Psicológica: Eliminar barreiras “físicas” não é o suficiente. In: PRADO, de A. R. A.; LOPES, E. M.; ORNSTEIN, W. S. (Orgs.). **Desenho Universal: Caminhos da Acessibilidade no Brasil**. São Paulo: Annablume Editora, 2010. p. 117- 127.

GEHL, J.; GEMZØE, L. (2000) (2ª Edition 2002) **Novos espaços urbanos**. Tradução de Carla Zollinger, Editorial Gili, SA. Barcelona, Espanha. Disponível em: https://www.academia.edu/395219/ESPA%C3%87O_P%C3%9ABLICO._LUGAR_DE_VIDA_URBANA. Acesso: 23 mai 19.

HATTA, T.; YOSHIDA, H.; KAWAKMI, A.; OKAMOTO, M. **Color of computer display frame in work performance, mood and physiological response**. Perceptual and Motor Skills, 94, 39-46. 2002.

HARKONEN, B.; HOKENESS, K.; KALUPA, N.; RAHGOZAR, K. (2012). **Physiological response to color variation as measured through Galvanic skin response, electrocardiography and electroencephalography**. University of Wisconsin - Madison: Department of Physiology, Human Physiology 435, Laboratory 603, Group 16.

HEERWAGEN, J.; ILOFTNESS, V. **The economics of biofilia: Why designing with nature in mind makes financial sense**. New York: Terrapin Bright Green, 2012.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalogo>. Acesso em: 03 mai 19



JHON, N.; REIS, A. T. Percepção, Estética e Uso do Mobiliário Urbano. **Gestão & Tecnologia**, v. 5, p. 180-206. 2010.

KÜLLER, R. Architecture and Emotions. In: MIKELLIDES, B. **Architecture for People**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1980.

LICHTENFELD, S.; ELLIOT, A. J.; MAIER, M. A.; PEKRUN, R. (2012). Fertile Green Green Facilitates Creative Performance. **Personality and Social Psychology Bulletin**, 38(6), 784-797.

LIMA, T. R. **Brinquedo inclusivo para praças públicas: cadeirantes e não cadeirantes brincando juntos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/157063>. Acesso em: 20 abr 19.

LIMA, S. S. C.; FREITAS, M. N. C.; SANTOS, L. M. M. **Repercussões Psicossociais da Acessibilidade Urbana para as Pessoas com Deficiência Física**. PUCRS, vol 44, nº3, pp. 362-371, jul/set/2013. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistapsico/article/view/15823/1041%201>. Acesso em: 28 abr 19.

LIRA, N. A. B.; RUBIO, J. A. S. **A Importância do Brincar na Educação Infantil**. Revista eletrônica Saberes da Educação, vol 5, nº1, 2014. Disponível em: http://docs.uninove.br/arte/fac/publicacoes_pdf/educacao/v5_n1_2014/Natali.pdf. Acesso: 28 abr 19.

MOURTHE, C. **Mobiliário Urbano**. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.

NASSAR, J. Urban Design Aesthetics: the evaluative qualities of building exteriors. **Environmental Behavior**, v. 26, p. 377-401, 1994.

ONU. (1948) **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Assembleia Geral das Nações Unidas. Paris. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos>. Acesso em: 22 abril 19.

PAIVA, Andréa de. **Neurociência para Arquitetura: Como o Design de Edifícios Pode Influenciar Comportamentos e Desempenho**. 2018. 27 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Fundação Getulio Vargas, Fgv, Instituto de Desenvolvimento Educacional, São Paulo, 2018.

PALMER, S., & SCHLOSS, K. (2010). **An ecological valence theory of human color preference**. PNAS, 107 (19), 8877–8882.

PIZZATO, G. Z. A. **Design e Emoção na utilização do Mobiliário Urbano em Espaços Públicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

PROSHANSKY, H. M., FABIAN, A. K. & KAMINOFF, R. (1983). Place-identity: Physical world socialization of the self. **Journal of Environmental Psychology** 3, 57-83. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1983-30076-001>. Acesso: 28 abr 19.

REIS, A. T. da L.; LAY, M. C. D. Avaliação Quantitativa da Área de Estudos Ambiente-Comportamento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-36 2005.



SADEK, M., SAYAKA, S., FUJII, E., KORIESH, E., MOGHAZY, E., & EL FATAH, Y. (2013). Human emotional and psycho-physiological responses to plant color stimuli. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, 11(3&4), 1584-1591.

SERDOURA, F. M.; SILVA, F. N. **Espaço Público. Lugar de Vida Urbana**. 2º Congresso Luso-Brasileiro de Planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. Universidade do Minho. Braga, Portugal. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000129&pid=S2238-1031201300020000800004&lng=pt. Acesso: 23 abr 19.

TIBBALDS, F. **Ten commands of urban design The Planner: Making people-friendly towns**. Volume 74, Nº 12. pp 1. 1992, 2ª Edition 2001. Improving the public environment in towns and cities Spon Press. London, United Kingdom.

WILSON, E. O. (1984). **Biophilia: The human bond with other species**. Cambridge: Harvard University Press.

Design e materiais vivos: perspectivas e aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda

Design and living materials: perspectives and applications of bacterial cellulose in industrial design, architecture and fashion

Elisa Strobel do Nascimento, doutoranda, Universidade Federal do Paraná.

elisastrobel@ufpr.br

Gislaine Maria Lau, graduanda, Universidade Federal do Paraná.

gislainemlau@gmail.com

Felipe de Carvalho Ishiy, graduando, Universidade Federal do Paraná.

ishiy06@gmail.com

Adriano Heemann, doutor, Universidade Federal do Paraná.

adriano.heemann@ufpr.br

Resumo

O Design com materiais vivos, em que participam outros organismos na materialização dos artefatos, traz novas possibilidades e desafios teóricos e práticos. No recorte do design envolvendo bactérias, esta pesquisa tem como objetivo levantar e mapear as perspectivas e aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda. O procedimento metodológico é a revisão sistemática que resultou na análise de 27 trabalhos acadêmicos e 16 depósitos de patentes nacionais e internacionais. Como resultado sumarizam-se as aplicações relatadas e prospectadas. Os destaques estão nas aplicações têxteis e nos processos de cultivo, conformação e acabamentos. São relatadas as dificuldades e discutidas oportunidades para os designers com estes materiais.

Palavras-chave: Biodesign; Materiais Vivos; Biofabricação; Celulose Bacteriana

Abstract

Design with living materials, when other organisms take part in the artifact's development and production, unveils new possibilities, theoretical and practical challenges. This research focuses on design with bacteria and aims to identify and map applications and perspectives for bacterial cellulose in industrial design, architecture and fashion. Through systematic literature review, we analyzed 27 academic works and 16 national and international patents. We found an emphasis on fashion and textile purposes and a focus on growing, molding and finishing processes. Finally, we present the difficulties for this material and discuss opportunities for designers.

Keywords: Biodesign; Living Materials; Biofabrication; Bacterial Cellulose

1 Introdução

O trabalho do designer na intersecção com a biologia tem sido cada vez mais referenciado e assume nomes como biodesign, biofabricação e design com materiais vivos (NASCIMENTO; HEEMANN, 2020). Nesta prática outros seres vivos não-humanos participam na criação e materialização de artefatos. Exemplos seriam a produção de mobília pela indução de árvores cultivadas diretamente na forma projetada (FULL GROWN, 2020) e vasos e embalagens crescidos em moldes a partir de compósitos com fungos (RADIAL BIO, 2020). O conceito de material vivo parece ainda não ser consensual. Enquanto alguns autores mantêm vivos os organismos nos artefatos para o uso, outros os “desativam” após a fabricação, como geralmente ocorre nos casos de produtos feitos com fungos (NASCIMENTO; HEEMANN, 2020). Além do argumento da sustentabilidade, haveriam possibilidades inerentes às funções relacionadas às “habilidades” de diversas espécies, como por exemplo, a proteção contra radiação (SHUNK; GOMEZ; AVERESCH, 2020). A variação de condições de nutrição e desenvolvimento destes organismos pelos designers, parece abrir um horizonte de possibilidades ainda mais amplo no que se refere ao uso dos materiais vivos (CAMERE; KARANA, 2018).

No presente trabalho, especificamente, explora-se o recorte do design com a participação de bactérias, especificamente a celulose bacteriana (CB). O objetivo é levantar e mapear as principais perspectivas e aplicações da CB no design industrial, na arquitetura e na moda. A seguir, introduz-se o Design com bactérias, são então apresentados os procedimentos metodológicos e os resultados analisados, discutidos e organizados em categorias. Conclui-se com as possibilidades de estudos futuros para aplicação destes materiais.

1.1 Design com materiais vivos: bactérias

Exemplos de trabalhos de designers com bactérias variam do uso para pigmentação, até aplicação de tecnologias avançadas, como a impressão tridimensional em substrato com bactérias vivas, ilustradas na Figura 1.



Figura 1: Exemplos de aplicação de design com bactérias. Fonte: da esquerda para a direita, Living Color (2017); Smith et al. (2020).

Uma das formas mais usuais de bactérias em projetos de design é a biofabricação de artefatos de celulose bacteriana (CB). Esta recebe outros nomes como couro bacteriano,

couro de kombucha, couro vegano, biofilme, biocelulose, celulose nativa, nanocelulose cristalina, mãe de vinagre (COSTA; BIZ, 2017; DAMSIN, 2019). A CB, sintetizada por bactérias, é um polímero natural renovável e biodegradável (RATHINAMOORTHY; KIRUBA, 2020). Algumas das propriedades da CB são alta pureza em relação à celulose vegetal, alta cristalinidade, alta retenção de água, alta resistência à tensão de tração, estabilidade térmica (DERME; MITERBERGER; DI TANNA, 2016; DOMSKIENE.; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; NIYAZBEKOVA; NAGMETOVA; KURMANBAYEV, 2018). A Figura 2 apresenta exemplos de artefatos crescidos em CB.



Figura 2: Exemplos de aplicação de design com celulose bacteriana. Fonte: da esquerda para a direita, Hülsen (2011); Modern Synthesis (2020); TED 2011.

O processo de *bacterial weaving*, demonstrado no calçado da Figura 2 ao centro, envolve técnicas e equipamentos mais elaborados (MODERN SYNTHESIS, 2020). Camere e Karana (2018) e Damsin (2019) descrevem também processos do tipo “faça-você-mesmo”, apoiados em fóruns de compartilhamento de conhecimento e experimentos empíricos. Exemplos seriam a banqueta Xylium (HÜLSEN, 2011) e a Jaqueta de Suzanne Lee (TED, 2011) também ilustrados na Figura 2.

Um método comum para a obtenção de CB é a partir da fermentação do caldo de chá de Kombucha, seu subproduto denominado SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) é composto de celulose, bactérias, leveduras e água (NG, 2017). Segundo Zolotovskiy (2012), a CB seca contém células bacterianas “desativadas”, mas uma pequena fração delas permanece viva. Quando recolocadas em meio de cultivo, retomam as funções de crescimento, reprodução, etc., desempenhando inclusive reparação de fraturas no material. Por ser um material vivo, a CB traz oportunidades de estruturas de celulose que respondem em crescimento a estímulos, que se regeneram e biodegradam (ZOLOTOVSKY, 2012).

2 Procedimentos Metodológicos

Para o levantamento adaptou-se o método da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) apresentado por Conforto, Amaral e Silva (2011), em quatro etapas: (1) busca em bases de dados; (2) busca em ferramenta livre; (3) busca em bases de depósito de patentes e (4) categorização e análise dos dados.

Em uma primeira etapa, as bases de dados selecionadas foram a *Web of Science* (Thomson and Reuter) e *Scopus* (Elsevier). A string buscada na *Scopus* foi: "*bacterial cellulose*" AND "*product design*" OR "*fashion*" OR "*architecture*". Na base de dados *Web of Science*, as palavras-chave foram combinadas em pares. Desta maneira, obtiveram-se 307 resultados. O recorte, na leitura do título e resumo, usou como filtro os seguintes critérios para exclusão da amostra:

- (1) abordagem apenas das questões técnicas do material, ou construção e estrutura da célula, sem apresentação de possibilidades de aplicação construtiva em artefatos. Trabalhos que listaram possibilidades de aplicações do material com exemplos foram mantidos;
- (2) aplicações restritas à tecidos de órgãos e curativos;
- (3) aplicação restrita à nanogeradores, capacitores e eletrodos;
- (4) aplicações estritas à recuperação de água ou solos.

Após a remoção de repetições e aplicação dos critérios de exclusão, foram obtidos 20 trabalhos pertinentes, dos quais 4 não se teve acesso. Para uma segunda etapa, replicou-se a *string* na ferramenta de busca livre Google, os resultados foram lidos com o objetivo de identificar trabalhos científicos. A ferramenta omitiu trabalhos repetidos, considerando 100 resultados relevantes. Os mesmos critérios de exclusão foram considerados na leitura, resultando na inclusão de 8 artigos e 3 dissertações de mestrado. Ao todo, compõem a amostra da análise desta pesquisa 27 trabalhos acadêmicos publicados entre os anos 2006 e 2020.

A terceira etapa exigiu buscas separadas por palavras-chave, adaptadas a partir da primeira busca. Inicialmente, na base do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), os termos procurados foram “biofilme”, “nanocelulose”, “kombucha” e “membrana de celulose”. No banco de dados de patentes da América Latina e Espanha (LATIPAT-ESPACENET), além destes termos, foram adicionados “nano celulose” e “nanocelulosa”. Por fim, na base *United States Patent and Trademark Office* (UPSTO), buscou-se por: “kombucha leather”, “bacterial cellulose”, “bacterial fabric”, “nanocellulose” e “SCOBY”. O levantamento gerou 1264 resultados. Optou-se por critérios de inclusão, ao invés de exclusão na leitura de títulos e resumos. Estes foram:

- (1) produção da CB (indicando aplicação);
- (2) processo de conformação ou acabamento (indicando aplicação);
- (3) aplicação.

Resultaram do filtro 16 depósitos de patentes. Por fim, a quarta etapa, de análise e categorização, consistiu na leitura de todos os artigos completos e dos resumos das patentes, estabelecendo categorias de análise, que são descritas nas sessões seguintes.

3 Resultados e Discussão

Os resultados, análise e discussão são divididos em duas sessões: os trabalhos acadêmicos e os depósitos de patentes.

3.1 Trabalhos acadêmicos

A maior parte dos estudos da amostra trata de combinações das condições para o crescimento de CB. Há autores que não apresentam experimentos próprios, mas compilam existentes. Alguns dos artigos realizam experimentos sintetizando e melhorando o material para obter propriedades físicas e mecânicas desejadas (KAMIŃSKI.; JAROSZ; GRUDZIEŃ, 2020; NIYAZBEKOVA; NAGMETOVA; KURMANBAYEV, 2018). Há ainda, a preocupação com a organização estrutural da celulose (URAKI, Y. et al., 2006; RAHMAN; NETRAVALI, 2016; ZOLOTOVSKY; 2012). Vários estudos partem da bebida kombucha, que envolve também a presença de fungos (BLOCH, 2019; COSTA; BIZ, 2017; DOMSKIENE; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; KAMINSKI et al., 2020; GARCÍA; PRIETO, 2019; MIHALEVA, 2020; NG, 2017; WOOD, 2019; RATHINAMOORTHY; KIRUBA, 2020).

Sabe-se que o nome *Komagataeibacter xylinus* compreende as espécies conhecidas como *Acetobacter xylinum* e *Gluconacetobacter xylinus*. Estes foram os nomes das espécies mais mencionadas na amostra (14 artigos e 8 artigos, respectivamente). Outros 4 trabalhos relatam a presença das espécies *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Rhodobacter*, *Komagataeibacter*, *Bacterium gluconicum*, *Gluconacetobacter sucrofermentans*. Fungos são relatados em 2 casos como comuns em simbiose: *Zygosaccharomyces bailii*, *Zygosaccharomyces kombuchensis*, *Pichia fluxum* e *Saccharomyces sp.*, entre outros. O tempo de cultivo varia de 4 a 30 dias na amostra, o intervalo mais recorrente é de 10 a 14 dias e 6 a 7 dias, ambos em 7 artigos.

A preocupação da produção em escala é encontrada em outros autores (DERME; MITERBERGER; DI TANNA, 2016; DAMSIN, 2019; DOMSKIENE; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; RATHINAMOORTHY; KIRUBA, 2020; NIYAZBEKOVA; NAGMETOVA; KURMANBAYEV, 2018; VELÁSQUEZ-RIÑO; BOJACÁ, 2017). A Tabela 1 sumariza a distribuição de aplicações descritas na amostra:

| Aplicações da CB na amostra | Frequência N=27 (100%) |
|--|---------------------------|
| Têxtil, moda, vestuário | 18 (67%) |
| Calçados | 3 (11%) |
| Vestíveis joias e acessórios | 8 (30%) |
| Arquitetura | 5 (19%) |
| Mobiliário | 3 (11%) |
| Utensílios domésticos | 1 (4%) |
| Objetos decorativos/artísticos | 4 (15%) |
| Embalagens | 8 (30%) |
| Materiais engenheirados / Materiais vivos engenheirados/ compósitos | 4 (15%) |
| Alternativa ao couro | 3 (11%) |
| Alternativa aos polímeros em geral | 1(4%) |
| Alternativa para indústria de papéis, ou melhoramento de papéis | 7 (26%) |
| Indústria automotiva | 1 (4%) |
| Outros (aplicações médicas, indústria de cosméticos, alimentícia, meio ambiente, eletrônica e audiovisual) | 10 (37%) |

Tabela 1: Distribuição das aplicações na amostra. Fonte: Elaborado pelos autores.

Dos autores que discriminam a aplicação em detalhes: em têxteis e vestuário, Costa e Biz (2017) exemplificam uma luva e uma jaqueta; Kaminski et al. (2020) apresentam uma

camiseta com aplicações em CB. Na categoria de vestíveis, joias e acessórios, Kaminski et al. (2020) desenvolvem braceletes e Ng (2017) apresenta um vestível com LEDs internos para uso no pescoço, ombro e braços. Em aplicações arquitetônicas, discriminam-se materiais acústicos de alto desempenho (ZOLOTOVSKY; GAZIT; ORTIZ, 2018) e estudos para estruturas tênses (DAMSIN, 2019). Costa e Biz (2017) listam ainda exemplos de tigela, luminária e capa de celular, que foram categorizados como utensílios domésticos. A comparação com o couro é destacada por Yim, Song e Kim (2017). Os autores sugerem que a resistência à tensão de tração da CB seria duas vezes superior ao couro de flor superior. Segundo os autores, ambos os materiais teriam espessura e aparência similares. García e Prieto (2019) também reforçam a similaridade destes materiais em relação à maciez e elasticidade, com a vantagem da possibilidade de cultivo com extremidades retas e uniformes, e com menor variação de qualidade. Em materiais engenheirados, destacam-se o desenvolvimento com padrão de favo (URAKI, Y. et al., 2006) e os materiais em que as bactérias continuam vivas, apresentando propriedades como a de fluorescência, entre outras (CARO-ASTORGA; WALKER; ELLIS, 2020). Na categoria melhoria de papéis, que se estende também para as embalagens, a busca por propriedades de barreira a partir da CB, como impermeabilidade ao ar, água, vapores, gorduras e microorganismos é estudada por Fillat et al. (2018). Finalmente, na categoria outros, a aplicação da translucidez da CB para tecnologia OLED (LEGNANI et al., 2019). Rathinamoorthy e Kiruba (2020) resumem aplicações em revisão bibliográfica no segmento da moda.

A Tabela 2 sintetiza a distribuição dos principais processos descritos na amostra.

| Processos descritos na amostra | Frequência N=27 (100%) |
|---|---------------------------|
| Cultivo plano da película | 4 (15%) |
| Cultivo estático | 6 (22%) |
| Cultivo estático e plano da película | 6 (22%) |
| Cultivo com agitação | 3 (11%) |
| Cultivo estático com envolvimento de fibras ou outras estruturas (permanentes ou degradáveis) | 6 (22%) |
| Cultivo estático sobre molde 3D imerso em substrato | 6 (22%) |
| Secagem sobre molde 3D | 4 (15%) |
| Conformação com molde tridimensional, sem especificação do tipo de molde | 5 (19%) |
| Congelamento antes da secagem | 2(7%) |
| Secagem à temperatura ambiente | |
| Secagem em outras temperaturas | 5 (19%) |
| Pigmentação em meio de cultivo | 2(7%) |
| Pigmentação pós cultivo | 2(7%) |
| Lavagem com água e sabão, água destilada ou outros | 5 (19%) |
| Purificação com soda cáustica e água sanitária | 1(4%) |
| Tratamento com glicerol, óleos, ceras, ácido nítrico, etileno glicol, cloreto de etilenoglicol cloro, NaOH, ácido esteárico | 6 (22%) |
| Impressão 3D (biológica) | 3 (11%) |
| Corte e costura | 4 (15%) |
| Auto colagem | 5 (19%) |
| Outros | 14 (52%) |

Tabela 2: Distribuição dos processos descritos na amostra. Fonte: Elaborado pelos autores.

Zolotovskiy (2012) relata que o aspecto principal do design com sistemas vivos é o planejamento e controle das condições de cultivo, induzindo o comportamento do

organismo. A autora descreve as seguintes variáveis/parâmetros: nutrientes; oxigenação; temperatura; Ph; e tempo (em função das condições anteriores). São comuns as variações e mutações espontâneas do organismo, o que exige “um diálogo constante entre o designer e o artífice” (ZOLOTOVSKY, 2012).

Dos processos categorizados como outros: Bloch (2019) experimenta a adição diária de substrato sobre uma estrutura de fios. Derme, Miterberger e Di Tanna (2016) chamam de “processo de adesão” o cultivo estático e anaeróbico em recipiente de látex, que causa a inversão no metabolismo das bactérias. Estas assumiram a forma do recipiente, ao invés da formação na superfície. Os mesmos autores ainda sugerem processos de solidificação por calcificação da CB. Caro-Astorga, Walker e Ellis (2020) propõem cultivo em meio agitado para formação de estruturas esféricas de CB, que se tornam módulos. Estes seriam então dispostos manualmente com uma pipeta na forma da estrutura 3D desejada. Por fim, os módulos são conectados pelo crescimento do biofilme. Damsin (2019) experimenta a prensa à quente para secagem e impermeabilização, com aditivos. Domskiene, Sederaviciute e Simonaityte (2019) sugerem a compressão do biofilme de CB para remoção de água. Kaminski et al. (2020) aplicam a CB sobre tecidos. Fillat et al. (2018) fazem o cultivo na superfície de filtro ou folhas de papel, e experimentam também camadas duplas revestidas com CB. Ng (2017) demonstra a prensagem em um molde rígido bipartido cortado a laser, que simula um padrão de dobras de origami. Ng e Wang (2016) apresentam um experimento em que um manequim (molde) é parcialmente mergulhado em partes no substrato e rotacionado periodicamente. Uraki et al. (2006) realizam a secagem a vácuo, enquanto Zolotovskiy (2012) utiliza a liofilização para manutenção de formas 3D. A mesma autora idealiza um processo de “Impressão 3D biológica”, em que o substrato é adicionado à medida que as camadas de CB são formadas, ou com a apresentação de estímulos, como raios UV. Por fim, Zolotovskiy, Gazit e Ortiz (2018) propõem um cultivo parametrizado em moldes de silicone com condução do crescimento por fluxos e condições controladas por canais.

Com relação aos acabamentos, as cores mais relatadas da CB na amostra são tons de marrom e bege, em 10 artigos, outras cores são possíveis com a adição de frutas e corantes, descritas em 4 artigos. Texturas diferentes são possíveis dependendo dos processos de cultivo, aditivos e conformação (COSTA; BIZ, 2017; DERME; MITERBERGER; DI TANNA, 2016).

Da consideração da viabilidade de aplicação, especialmente em produtos têxteis, autores divergem nas conclusões. Há os que defendem ainda haver um longo caminho de desenvolvimento (DOMSKIENE; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; HARMON; FAIRBOURN; THIBAUT, 2020). Em contraponto, há autores com perspectivas mais otimistas em relação à maturidade do desenvolvimento do material (KAMINSKI et al., 2020; NG; WANG, 2015). Rathinamoorthy e Kiruba (2020) citam um estudo com 33 participantes em que o material de CB teria sido aceito para acessórios vestíveis de moda, mas não para vestimentas. García e Prieto (2019) consideram que as propriedades hidrofílicas podem ser úteis em diversas aplicações, porém não são adequadas para a indústria calçadista.

Por fim, as publicações acadêmicas analisadas apresentam sugestões para estudos futuros. Por exemplo, é recomendado conhecer mais a fundo as possibilidades de trabalhabilidade do material (ZOLOTOVSKY, 2012; NG; WANG, 2015; YIM; SONG; KIM, 2017; DERME; MITERBERGER; DI TANNA, 2016). São destacados os desafios na melhoria da impermeabilização e durabilidade, assim como a manutenção da flexibilidade do material durante o tempo (CAMERE; KARANA, 2018; DAMSIN, 2019; DOMSKIENE; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; KAMINSKI et al., 2020). Ainda, sugere-se

como imprescindível o acompanhamento das práticas “faça-você-mesmo”, de pesquisadores e laboratórios independentes, de artistas, de comunidades online, como o Biofabforum.org, que possuem uma produção expressiva em CB e materiais vivos em geral (CAMERE; KARANA, 2018; DAMSIN, 2019).

3.2 Depósitos de patentes

O Quadro 1 apresenta a relação dos depósitos de patentes analisados, a base de dados, acompanhada da palavra-chave de busca, o título e seu código, a categorização de seu objeto (produto, processo, suporte) e a provável aplicação. A maior parte dos resultados se refere a processos produtivos. Destes, 9 tratam do processo de cultivo, 3 explicitam processo de secagem, 3 tratam da patente de um suporte de cultivo, 1 trata do processo de conformação e 2 tratam do processo de acabamento. Dos resultados, 2 tratam da escala para uma produção industrial. A maior parte das patentes não especifica a aplicação do material resultante, 5 explicitam aplicações médicas e 3 especificam produtos têxteis, de vestuário, ou moda.

| Base/palavra chave | Título da patente (original) e código | Objeto | Aplicação |
|--|---|--|---|
| USPTO Bacterial fabric | Process of preparing a dyed fabric including a bacterial biopolymer and having unique appearance - 10.294.611 | processo de acabamento para obtenção de efeito "desgastado" | têxtil, artigos de vestuário |
| USPTO Bacterial cellulose | Method for producing a storable molded body made of bacterial cellulose - 10.709.820 | processo de conformação de corpos moldados; processo de secagem | corpos moldados |
| LATIPAT Biopelícula | Protocolo para la formacion de biopelículas naturales simuladas - ES19990906994T 19990212 | processo de cultivo | - |
| LATIPAT Membrana de celulose | Processo de obtenção de membrana de celulose bacteriana purificada para uso na duraplastia craniana e espinhal e como substituto de disco intervertebral - BR20161024479 20161020 | processo de cultivo | medicina |
| USPTO Bacterial cellulose | Process for the preparation of cellulose film, cellulose film produced thereby, artificial skin graft and its use - 4.912.049 | processo de cultivo | medicina, membrana separadora, couro artificial |
| INPI Biofilme INPI Nanocelulose | Método para controlar o crescimento de micro-organismos e/ou biofilmes em um processo industrial - BR 11 2020 003317 0 A2 | processo de cultivo | - |
| USPTO Bacterial cellulose | Nonwoven fabric-like product using a bacterial cellulose binder and method for its preparation - 4.919.753 | processo de cultivo como aglutinante | tecidos-não-tecidos |
| LATIPAT Nano Celulose | Processo de produção em escala de filmes de celulose bacteriana purificada - BR20151017614 20150723 | processo de cultivo em escala (industrial) | medicina, farmacotécnica e cosmiatria |

| Base/palavra chave | Título da patente (original) e código | Objeto | Aplicação |
|---------------------------------|--|---|-----------------------|
| INPI Membrana de celulose | Processo para obtenção de manta e de membrana celulósica, processo para obtenção de manta celulósica que incorpora outros materiais, meio de cultura utilizado, bandejas fechadas de fermentação, equipamento de secagem utilizado, membrana celulósica obtida por tal processo e usos de ditas mantas e membranas - PI 0205499-0 A2 | processo de cultivo em escala (industrial); processo de acabamento (branqueamento); possibilita materiais compostos | compósitos |
| LATIPAT Membrana de celulose | Celulose nanofibrilar, método para a fabricação de celulose nanofibrilar, membrana, uso de celulose nanofibrilar, e, produto - BR20171123567 20150504 | processo de cultivo, produto | celulose nanofibrilar |
| USPTO Kombucha leather | Isolated bacterial strain of gluconacetobacter oboediens and an optimized economic process for microbial cellulose production therefrom - 10.053.718 | processo de cultivo; processo de secagem | medicina |
| INPI Membrana de celulose | Processo de secagem de membranas de celulose microbiana para uso médico | processo de secagem | medicina |
| INPI Kombucha | Aplicativo, movido por painéis fotovoltaicos orgânicos, com sola e alças revestidas em kombucha - BR 10 2017 016414 4 A2 | produto | calçado |
| LATIPAT Biofilme | Dispositivo de crescimento de biofilme - BR20010112921 20010712 | suporte para cultivo | - |
| LATIPAT Biopelícula | Soporte para crecimiento de mycobacterium smegmatis - MX20180006342 20180503 | suporte para cultivo | - |
| USPTO Nanocelulose | Nanocellulose surface coated support material - 9.506.186 | suporte para cultivo | - |

Quadro 1: Depósitos de patente, seus objetos e aplicações citadas. Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se uma ênfase nos processos produtivos envolvendo a CB tanto nos trabalhos acadêmicos quanto nos depósitos de patentes. Na amostra, há um maior número de trabalhos voltados à aplicações têxteis e da moda. Os autores divergem quanto às possibilidades de uso a curto prazo para este tipo de aplicação. Nota-se o empenho em encontrar tratamentos que aumentem a durabilidade de biofilmes de CB. Seria relevante a exploração de métodos como o *Material Driven Design* (KARANA et al., 2018), que pressupõe a experiência do usuário e as características do material para desenvolver aplicações que aproveitem as características existentes do material.

4 Conclusão

O presente artigo apresenta um levantamento e mapeamento das principais perspectivas e aplicações da CB no design industrial, na arquitetura e na moda. Este é um recorte do projeto com bactérias nos materiais vivos. O procedimento metodológico é a revisão bibliográfica sistemática com a busca de trabalhos acadêmicos em bases de dados e em bases

de registros de patentes, que possibilitou a análise de 27 trabalhos acadêmicos e 16 registros de patentes.

As aplicações têxteis e de moda compõe a maior parte da amostra. Observa-se a ênfase nos processos de produção e conformação da CB, embora ainda haja divergências quanto a sua aplicação sem maiores desenvolvimentos. Os principais desafios para este material se referem à impermeabilização, ao desenvolvimento de técnicas para trabalhá-lo (processos) e à busca pelo aumento de sua durabilidade. É relevante a proposta de novas aplicações que valorizem as características da CB, o que é oportunidade para o campo do design.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o acompanhamento de iniciativas não acadêmicas, por exemplo, a partir de comunidades na internet, artistas, pesquisadores e laboratórios independentes. Do mesmo modo, sugere-se complementar a busca de patentes com a base de dados *European Patent Office* (EPO). Poderiam ser também investigadas possíveis aplicações de outras espécies de bactérias, os materiais vivos engenheirados e outras formas de cultivo das bactérias no design industrial, na arquitetura e na moda. Por fim, sugere-se a pesquisa sobre diferentes técnicas de crescimento, sobre o uso de diferentes suportes e substratos.

Referências

- BLOCH, C. Design Potential of Microbial Cellulose in Growing Architecture. 2019. 91p. Dissertação - Chalmers School of Architecture. Department of Architecture and Civil Engineering. Göteborg, 2019.
- CAMERE, S.; KARANA, E. Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, v. 186, p. 570–584, 2018.
- CAMERE, S.; KARANA, E. Growing materials for product design. *Alive. Active. Adaptive: International Conference on Experiential Knowledge and Emerging Materials, EKSIG 2017*, n. August, p. 101–115, 2017.
- CARO-ASTORGA, J.; WALKER, K.; ELLIS, T. Bacterial cellulose spheroids as building blocks for 2D and 3D engineered living materials, 2020.
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto – CBGDP. Porto Alegre, 2011.
- COSTA, P. Z. R. da.; BIZ, P. Cultivando materiais: o uso da celulose bacteriana no design de produtos. 3o SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN DA ESDI Rio. Anais... , 2017.
- DAMSIN, B. Bacterial cellulose. New bio-composites based on bacterial cellulose for architectural membrane applications. 2019, 141p. Dissertação - Université Libre de Bruxelles. Bruxelas, 2019.
- DERME, T.; MITERBERGER, D.; DI TANNA, U. Growth based fabrication techniques for bacterial cellulose. *ACADIA 2016: Posthuman Frontiers: Data, Designers, and Cognitive Machines - Proceedings of the 36th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture*, p. 488–495, 2

DOMSKIENE, J.; SEDERAVICIUTE, F.; SIMONAITYTE, J. Kombucha bacterial cellulose for sustainable fashion. *International Journal of Clothing Science and Technology*, v. 31, n. 5, p. 644–652, 2019.

FILLAT, A.; MARTÍNEZ, J.; VALLS, C.; et al. Bacterial cellulose for increasing barrier properties of paper products. *Cellulose*, v. 25, n. 10, p. 6093–6105, 2018.

GARCÍA, C.; PRIETO, M. A. Bacterial cellulose as a potential bioleather substitute for the footwear industry. *Microbial Biotechnology*, v. 12, n. 4, p. 582–585, 2019.

HARMON, J.; FAIRBOURN, L.; THIBAUT, N. Exploring the Potential of Bacterial Cellulose for Use in Apparel. *Journal of Textile Science & Fashion Technology*, v. 5, n. 2, p. 1–9, 2020.

HUANG, Y.; ZHU, C.; YANG, J.; et al. Recent advances in bacterial cellulose. *Cellulose*, v. 21, n. 1, p. 1–30, 2014.

HÜLSEN, J. Xylum Stool. 2011. Disponível em: <<http://www.jannishuelen.com/?/work/xylumstool/>>. Acesso em: 02 jan 2021.

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Ferramenta de busca de patentes. Disponível em < <https://www.gov.br/inpi/pt-br>>. Acesso em 07 jan. 2021.

KAMIŃSKI, K.; JAROSZ, M.; GRUDZIEN, J.; et al. Hydrogel bacterial cellulose: a path to improved materials for new eco-friendly textiles. *Cellulose*, v. 27, n. 9, p. 5353–5365, 2020.

KARANA, E.; BLAUWHOFF, D.; HULTINK, E. J.; CAMERE, S. When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *International Journal of Design*, v. 12, n. 2, p. 119–136, 2018.

LATIPAT. Ferramenta de busca de patentes. Disponível em: < https://lp.espacenet.com/?locale=pt_LP >. Acesso em 07 jan. 2021.

LEGNANI, C.; BARUD, H. S.; CAIUT, J. M. A.; et al. Transparent bacterial cellulose nanocomposites used as substrate for organic light-emitting diodes. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, v. 30, n. 18, p. 16718–16723, 2019.

LIVING COLOUR. Biodesign research project. 2017. Disponível em: <<https://livingcolour.eu/>> Acesso em: 24 set 2020.

MIHALEVA, G. Bio matter in creative practices for fashion and design. *AI and Society*, Springer London, n. 0123456789, 2020.

MODERN SYNTHESIS. Microbial Weaving. 2020. Disponível em: <<https://modern-synthesis.com/microbial-weaving/>> Acesso em: 02 jan 2021.

NG, A. Grown microbial 3D fiber art, ava: Fusion of traditional art with technology. *Proceedings - International Symposium on Wearable Computers, ISWC*, v. Part F130534, p. 209–214, 2017.

NG, F. M. C.; WANG, P. W. Natural Self-grown Fashion From Bacterial Cellulose: A Paradigm Shift Design Approach In Fashion Creation. *Design Journal*, v. 19, n. 6, p. 837–855, 2016.

NG, M. C. F.; WANG, W. A Study of the Receptivity to Bacterial Cellulosic Pellicle for Fashion. *Research Journal of Textile and Apparel*, v. 19, n. 4, p. 65–69, 2015.

NIYAZBEKOVA, Z. T.; NAGMETOVA, G. Z.; KURMANBAYEV, A. A. An Overview of Bacterial Cellulose Applications. *Biotechnology. Theory and practice*, p.1–16, 2018.

RAHMAN, M. M.; NETRAVALI, A. N. Aligned Bacterial Cellulose Arrays as “green” Nanofibers for Composite Materials. *ACS Macro Letters*, v. 5, n. 9, p. 1070–1074, 2016.

RATHINAMOORTHY, R.; KIRUBA, T. Bacterial cellulose-A potential material for sustainable eco-friendly fashion products. *Journal of Natural Fibers*, v. 00, n. 00, p. 1–13, 2020.

SMITH, R. S. H.; BADER, C.; SHARMA, S.; et al. Hybrid Living Materials: Digital Design and Fabrication of 3D Multimaterial Structures with Programmable Biohybrid Surfaces. *Advanced Functional Materials*, v. 30, n. 7, p. 1–14, 2020.

STROBEL do NASCIMENTO, Elisa; HEEMANN, A. Perspectivas em design e materiais vivos: discussão da literatura. In: 2020 - Gampi + Plural Design, 2020, Joinville. *Plural Design 2020*, 2020.

SHUNK, G. K.; GOMEZ, X. R.; AVERESCH, N. J. H. A Self-Replicating Radiation-Shield for Human Deep-Space Exploration: Radiotrophic Fungi can Attenuate Ionizing Radiation aboard the International Space Station. *bioRxiv*, p. 2020.07.16.205534, 2020.

TED. Suzanne Lee: Cultive suas próprias roupas. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3p3-vl9VFYU>>. Acesso em: 02 jan 2021.

URAKI, Y.; NEMOTO, J.; OTSUKA, H.; et al. Honeycomb-like architecture produced by living bacteria, *Gluconacetobacter xylinus*. *Carbohydrate Polymers*, v. 69, n. 1, p. 1–6, 2007

USPTO - United States Patent and Thendmark. Ferramenta de busca de patentes. Disponível em: <<https://www.uspto.gov/>>. Acesso em 07 jan. 2020.

VELÁSQUEZ-RIAÑO, M.; BOJACÁ, V. Production of bacterial cellulose from alternative low-cost substrates. *Cellulose*, v. 24, n. 7, p. 2677–2698, 2017.

WOOD, J. Bioinspiration in Fashion—A Review. *Biomimetics*, v. 4, n. 1, p. 16, 2019.

YIM, S. M.; SONG, J. E.; KIM, H. R. Production and characterization of bacterial cellulose fabrics by nitrogen sources of tea and carbon sources of sugar. *Process Biochemistry*, v. 59, p. 26–36, 2017.

ZOLOTOVSKY, K. *BioConstructs – Methods for Bio-Inspired and Bio-Fabricated Design*. 2012, 72p. Dissertação - Master of Science in Architecture Studies at the Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, 2012.

ZOLOTOVSKY, K.; GAZIT, M.; ORTIZ, C. Guided Growth of Bacterial Cellulose Biofilms. , v. 2, p. 538–548, 2018.

Floresta Amazônica: uma proposta metodológica em biônica para o ensino do design.

Amazon rainforest: a methodology for teaching in bionic design.

Francisco de Assis Sousa Lobo, Msc, Universidade Federal do Maranhão, Doutorando do Programa de Pós-graduação da UNESP Bauru

fas.lobo@ufma.br

João Carlos Riccó Plácido da Silva, D.Sc., Universidade Estadual de São Paulo

joaoaplacido@gmail.com

João Rocha Raposo, Msc, Universidade Federal do Maranhão, Doutorando do Programa de Pós-graduação da UNESP Bauru

Joao.raposo@ufma.br

Galdenoro Botura Junior, D.Sc, Universidade Estadual de São Paulo

galdenoro@gmail.com

Resumo

A Floresta Amazônica desperta a atenção internacional, devido à diversidade de espécies endêmicas, da fauna e flora que compõem o seu bioma, e a importância que tem para o equilíbrio climático do planeta. Os estudos científicos realizados pelas instituições sediadas nos estados que compõem a Amazônia legal, têm contribuído na identificação e estudo de novas espécies. As publicações científicas se tornaram uma fonte confiável para o uso em projetos de design que utilizam como ferramenta criativa as metodologias biotécnicas. Consistem em utilizar as formas e mecanismos presentes na natureza para fundamentar projetos e solucionar problemas funcionais e estéticos. O objetivo deste trabalho visa demonstrar como essa fonte de dados, aliada às abordagens da biônica, biomimética e biodesign, associadas às metodologias projetuais de design, podem contribuir no desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos. Citam-se exemplos de trabalhos que utilizaram a floresta como fundamentação e o aproveitamento dos resíduos de madeira.

Palavras-chave: Floresta Amazônica; Biônica; Design

Abstract

The Amazon Rainforest attracts international attention, due to the diversity of endemic species, existing in the fauna and flora that make up its biome, and the importance it has for the climatic balance of the earth. Scientific studies carried out by Brazilian institutions based in the Amazon jungle have contributed to the identification and study of new species. Scientific publications have

become a trust source for use in design projects that use bionic methodologies as a creative tool. They consist of using the forms and mechanisms present in nature to support projects and solve functional and aesthetic problems. The objective of this work is to demonstrate how this data source combined with the approaches of bionics, biomimetics and biodesign, associated with design methodologies, can contribute to the development of environmentally friendly products.

Keywords: Amazon Rainforest; Bionics; Design

1. Introdução

O instinto de autopreservação, presente em várias espécies, define procedimentos de conduta conforme o habitat em que vivem. Nós nos auto definimos *Homo sapiens*, devido a nossa autoconsciência, racionalidade, sapiência. Essas características nos tornou a espécie dominante, cientes de que nossa sobrevivência depende de ações efetivas com o planeta em que vivemos. Caso contrário, a terra irá apresentar características ambientais nocivas à nossa existência (TOYNBEE, 1978).

O conhecimento humano é fundamentado na observação e entendimento do entorno em que vivemos. Teve início, provavelmente, na condição de homínídeo entre 5 milhões e 7 milhões de anos atrás. Porém, os registros de nossa jornada, como espécie sobrevivente, só foram possíveis com a invenção da escrita que apresentam relatos preciosos de sensibilidade e reflexão.

“A maior parte dos exemplos de beleza natural fornecidos por Kant se resume a organismos – plantas, flores, aves e criaturas do mar – que, com suas formas perfeita e seus detalhes complexamente harmônicos, nos remetem a uma ordem que se encontra arraigada em nós”. (SCRUTON, 2013, p.68)

O ensino e aprendizagem das academias, que no início eram privilégios da nobreza foram se estendendo às gerações das classes menos favorecidas. O surgimento da filosofia, e, posteriormente, o conhecimento científico, resultaram em métodos e técnicas de pesquisas eficientes, em todas as áreas do saber. No design, entre diversas metodologias, os estudos da forma e mecanismos encontrados na natureza, dispõem de procedimentos que podem ser aplicados nas etapas de criatividade; na análise de um determinado problema e replicar as soluções existentes na natureza com tecnologia de ponta.

As escolas de Design no Brasil dispõem de uma fonte de pesquisa confiável referente à floresta amazônica, que pode ser explorado com propriedade por meio dos fundamentos da biotécnica. O potencial de trabalho a ser desenvolvido deve-se à sua condição geopolítica.

A maior floresta tropical do planeta consiste em toda a bacia amazônica, que é formada pelo Brasil, Peru, Bolívia, Colômbia, Guiana, Venezuela, Suriname, Equador e Guiana Francesa; estendendo-se por 7,2 milhões de Km². O Brasil possui cerca de 3,6 milhões de quilômetros quadrados de floresta, ocupa o terceiro lugar na lista dos países com maior área florestal densa do mundo, atrás apenas da Rússia e do Canadá, que possuem florestas boreais. Em relação a florestas tropicais, no entanto, o Brasil é o país com maior cobertura; 60% estão no território nacional, integrando os estados do Pará, Amazonas, Acre, Amapá, Rondônia, Roraima, oeste do Maranhão, norte do Mato Grosso e norte do Tocantins. Sobre a biodiversidade, o país conta com a maior variedade de animais e vegetais do mundo: entre 10 a 20% de 1,5 milhão de espécies catalogadas. São cerca de 55 mil espécies de plantas

com sementes (aproximadamente 22% do total mundial), 502 espécies de mamíferos (10,8% do total mundial), 1.677 de aves (17,2% do total mundial), 600 de anfíbios (15,0% do total mundial) e 2.657 de peixes (10,7% do total mundial). (CAPOZZOLI, 2002).

Estimativas indicam que existam mais de 10 milhões de espécies vivas na Floresta Amazônica; cada hectare pode ter 300 tipos de árvores. Aproximadamente 130 das 150 espécies de morcegos catalogadas no Brasil, estão na Amazônia. (BERNARD, 2003); e as formigas contribuem com quase um terço da biomassa animal das copas de árvores na floresta amazônica [...] representa mais de 3 mil espécies; são conhecidas aproximadamente 7.500 espécies de borboletas no mundo, sendo 3.300 no Brasil e 1.800 na Amazônia (OVERAL, 2001).

Com base nos dados apresentados pelas publicações científicas, e considerando a importância que este patrimônio natural representa para nossa existência, definimos como compromisso metodológico o zelo por esse legado único, bem referido nesta citação de Marcos Souza:

“A oeste do oceano Atlântico, a leste dos Andes, ao sul do escudo guianense e ao norte do planalto central brasileiro, está a maior floresta tropical do mundo, conhecida pelo nome de Hiléia Amazônica. Como um útero prolífico, esta região guarda mais biomassa que qualquer outro *habitat* da terra. É de longe o mais rico meio ambiente terrestre, e ficou praticamente intocado desde os tempos pré-históricos. Andar em certas partes da área equivale a saber como era o nosso planeta há 70 milhões de anos, e foi na Amazônia que há 120 milhões de anos, durante o Período Cretáceo, as primeiras flores se abriram.” (SOUZA, 2001, p.15)

2. Desenvolvimento

Vários produtos de design destinados à ambientação, comercializados pelas redes de lojas varejistas de móveis e decoração, possuem características semânticas que externam a dinâmica do momento presente. “O que realmente importa é a história da interação, as associações que as pessoas têm com os objetos e as lembranças que eles evocam.” (NORMAN, 2008). Consciência ambiental, compromissos com um bem-estar verdadeiro e politicamente correto norteiam os consumidores, contribuindo para a formação de um valor coletivo.

Atualmente, com a facilidade de interação que as novas tecnologias da informação viabilizaram, é possível aplicar os fundamentos projetuais que atendam a interdisciplinaridade do ensino de design. A importância desse procedimento foi alertada por teóricos comprometidos com a qualidade do ensino.

“[...] a análise da sequência de conhecimentos disciplinares isolados em semestres letivos e da importância destes nas grades curriculares dos cursos demonstra claramente que o processo de ensino-aprendizado se dá pela sucessão de informações e práticas, ao contrário de um procedimento holístico, que contemple o maior número possível de aspectos envolvidos na relação sujeito-objeto. Assim, ora se considera o funcionamento do objeto, ora sua qualidade estética, ora as características bio-fisiológicas do usuário, etc.” (BOMFIM, 2014, p.31)

Ao longo dos anos, as discussões e entendimentos com o objetivo de otimizar o ensino, tornando-o mais eficiente, resultou em procedimentos com resultados consistentes.

“Por meio de intensa discussão com a metodologia, o design se tornou quase que pela primeira vez ensinável, aprendível e com isto comunicável. O contínuo e constante significado da metodologia do design para o ensino é hoje a contribuição para o aprendizado da lógica e sistemática do pensamento. Ela tem muito menos o caráter de uma receita de uma patente – um mal-entendido que durou muito tempo – e muito mais um significado didático.” (BÜRDEK, 2006, p.226)

Dentre as metodologias de design, com resultados consistentes, que estimulam os alunos no raciocínio heurístico das atividades projetuais, estão as Biotécnicas : Biônica, Biomimética, Bidesign. (Não iremos nos repetir na explicação das competências de cada especialidade, por terem sido amplamente definidas em outras publicações). Elas estimulam a criatividade e a percepção estética. O método da Analogia teve início no século V a.C., e ainda hoje continua sendo aplicado nos estudos das estruturas naturais, seja morfológica, funcional ou simbólica. (SOARES e ARRUDA, 2018; HSUAN-NA I, 2018).

Nossa proposta de trabalho consiste em objetivos, que irão propiciar aos discentes dos cursos de design uma vivência projetual, estendida na grade curricular, sobre as aplicações dos fundamentos biotécnicos. Será desenvolvido com a escolha de uma determinada espécie da fauna ou flora da Floresta Amazônica, que será estudada em três estágios. Terá início com uma revisão bibliográfica sistemática, priorizando o repositório de instituições nacionais renomadas nos estudos amazônicos, como o Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (Inpa), sediado em Manaus; e sobre as pesquisas realizadas com financiamento das Fundações de amparo à pesquisa dos estados do Amazonas (Fapeam); do estado do Pará (Fapespa); do estado do Maranhão (Fapema) e do estado do Mato Grosso (Fapemat). (FONSECA e VAL, 2008, p. 68). Contribuindo, desse modo, com o aumento da produção científica.

Os trabalhos deverão enfatizar o compromisso com o meio ambiental, que apesar de atualmente ser um dos pré-requisitos obrigatório de projeto, cogita-se que tenha sido uma necessidade relevante no desenvolvimento humano. No romance *Submundo*, Don Delillo criou um diálogo entre seus personagens que nos estimula a refletir sobre essa questão:

A civilização não emergiu e floresceu à medida que os homens passaram a representar cenas de caça em portões de bronze e cochichar filosofia à luz das estrelas, tendo o lixo como subproduto nocivo, varrido para o lado, esquecido. Não, foi o lixo que emergiu primeiro, incitando as pessoas a construir uma civilização como reação a ele, num gesto de autodefesa. Nós fomos obrigados a achar maneiras de jogar fora nosso lixo, aproveitar o que não era possível fazer sumir, reprocessar o que não era possível aproveitar. O lixo pressionava. Acumulava-se, espalhava-se. E nos obrigava a desenvolver a lógica e o rigor que nos levariam a fazer investigações sistemáticas da realidade, à ciência, à arte, à música, à matemática.

O sol se pôs.

Você realmente acredita nisso? perguntei.

Piamente. É o que eu ensino na UCLA. Levo meus alunos a depósitos de lixo pra eles entenderem a civilização em que eles vivem. Consumir ou morrer. É o imperativo da cultura. E tudo termina no lixo. Geramos quantidades fenomenais de lixo, depois reagimos a ele, não apenas no plano tecnológico, mas também no emocional e no intelectual. Deixamos que o lixo nos molde, controle nosso pensamento. Primeiro vem o lixo, depois nós construímos um sistema pra lidar com ele. (DELILLO, 1999, p.256)

Observa-se que com as tecnologias de comunicação, muitos valores essenciais e coletivos se firmaram, e passaram a ser relevantes nos nossos critérios de escolha. “Em toda

parte os eco produtos são celebrados: o respeito ao meio ambiente se tornou um argumento de venda dos especialistas do marketing.” (LIPOVETSKY e SERROY, 2015).

“[...] vemos surgir novas orientações mistas, como o consumo responsável, o luxo sustentável, o ecoturismo. Estamos no tempo da hibridização da estética e da ética, da arte e da ecologia: essa aliança é que vai constituir o cerne das justificativas do capitalismo transtético que se anuncia.” (LIPOVETSKY e SERROY, 2015, p.129)

Nossa abordagem ecológica deve-se à expressiva diversidade de espécies florestais produtoras de madeira, catalogadas em 3 mil, e a estimativa é de 5 mil espécies florestais. Os pesquisadores do laboratório de anatomia e identificação de madeiras da Coordenação de Pesquisas em Produtos Florestais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (CPPF/Inpa), identificaram que a perda de algumas espécies nas indústrias madeireiras, referentes à extração e desdobramento é de mais de 60%. Esse percentual é alto, se comparado a países desenvolvidos como o Canadá, com o aproveitamento superior a 90% (CAMPOS, 2008).



Figura 1: Sede do INPA em Manaus. Fonte: elaborado pelos autores.

A matéria-prima priorizada para a confecção dos produtos será o resíduo de madeira. “Estima-se que o volume dos resíduos madeireiros chegue a 18 milhões de toneladas por ano, segundo Marcus Vinícius Alves (chefe do Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA). ” (GOYANO, 2003). Essa disponibilidade abundante de insumo poderá ser associada a outros resíduos, naturais e sintéticos, proveniente das indústrias locais.



Figura 2: Metodologia biotécnica. Fonte: elaborado pelos autores.

Os primeiros trabalhos a serem desenvolvidos são os produtos com baixa tecnologia, e identidade local. Eles podem ser confeccionados com os equipamentos disponíveis na região, os quais têm apelo estético, e são fáceis de serem seriados. A geometrização e a consequente simplificação de forma possibilitam que sejam comercializados no mercado internacional. Como exemplificados na figura 3.



Figura 3: Flores confeccionadas com resíduos naturais e sintéticos. Fonte: elaborado pelos autores.

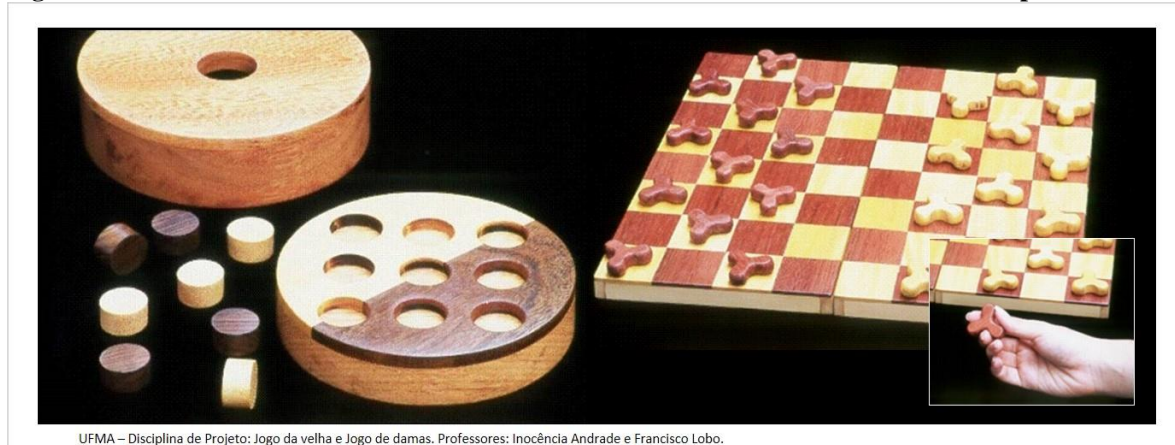


Figura 4: Jogos confeccionados com resíduos de madeira. Fonte: elaborado pelos autores.

Os produtos apresentados como exemplo (figuras 3 e 4), foram confeccionadas pelos alunos do curso de design. Estes trabalhos “foi desenvolvido em parceria da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Universidade do Amazonas (UFAM) e Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), onde a concepção dos produtos estiveram sempre voltadas para um design contemporâneo e com identidade.” (LOBO, 2002).

“O designer não pode trabalhar se não tiver uma cultura viva, interdisciplinar, feita do conhecimento de experiências antigas mas ainda válidas, de conhecimentos atuais sobre as relações psicológicas entre projetista e usuário, de conhecimentos tecnológicos atuais, de cada experiência hoje utilizável. Uma soma de valores objetivos, transmissíveis a outros designers.” (MUNARI, 1979, p.41)



Fruteira, Petisqueira e Casa de Passarinho – Designer Francisco Lobo

Figura 5: Produtos confeccionados com resíduos de madeira. Fonte: elaborado pelos autores

Nosso objetivo principal é a proximidade e interação com as instituições brasileiras que fazem ciência. Esse procedimento corroborado por vários profissionais: “Propomos que a palavra ‘método’ se descole da noção de fórmula e se volte para a noção de procedimento metodológico com características da cientificidade.” (MOURA, 2014), tem propiciado que o conhecimento resultante das salas de aula seja compreendido pelos alunos por um viés plausível.

Ao longo dos anos as discussões e entendimentos com o objetivo de otimizar o ensino, tornando-o mais eficiente, resultou em procedimentos fundamentados nas peculiaridades potenciais da cultura local, como apresentado nas figuras 4 e 5.

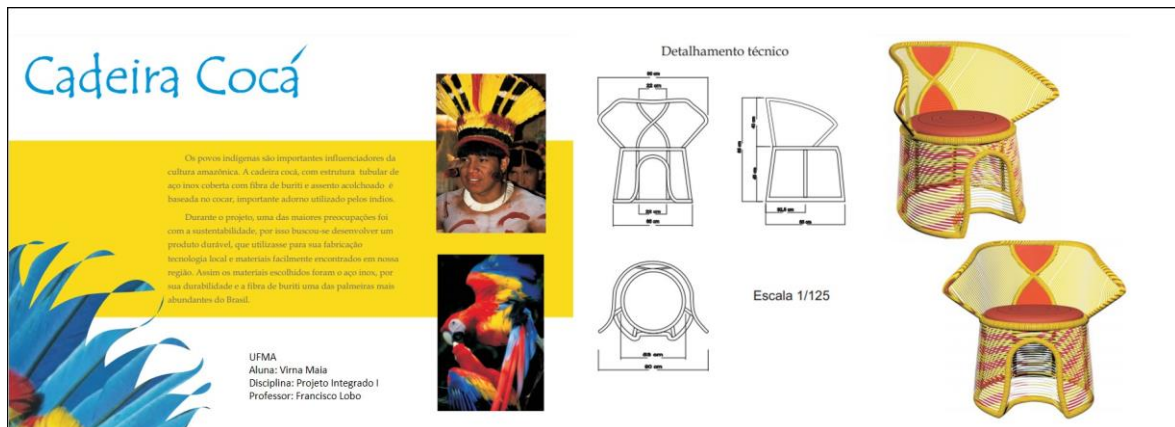


Figura 4: Projeto fundamentado na etnia. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 5: Projeto fundamentado na flora. Fonte: elaborado pelos autores.

Os projetos apresentados são exemplos de resultados que podem ser obtidos com a metodologia proposta. As grades curriculares, no momento, possibilitam a integração de conteúdo. Além das aplicações técnicas em mecanismos específicos, os estudos da biônica tem como resultado a inclusão do primeiro trabalho, com os fundamentos da Biomimética, e certamente possibilitará que os discentes tenham um parâmetro bem fundamentado no aprendizado projetual. Isto irá proporcionar-lhes uma análise comparativa entre as vivências em sala de aula com os produtos disponíveis no mercado; prosseguindo para estudos com maior complexidade.

3. Discussão

“Pesquisa publicada na revista NATURE mostrou que o valor dos serviços proporcionados pela biodiversidade mundial pode atingir 33 trilhões de dólares por ano” (MEGALE, 2002). As demandas desse mercado potencial podem ser atendidas com as competências dos egressos das faculdades de design, sediadas nos estados que compõem a Amazônia.

As atividades acadêmicas, em parceria com instituições comprometidas com o meio ambiente, poderão auxiliar que dados alarmantes sobre biopirataria. Estimativas apontam que esta movimentação 1,5 bilhão de dólares por ano no Brasil. Os dados informam que 90% dos 38 milhões morrem no transporte. Uma arara-azul chega a valer 60.000 dólares, e existem espécies de besouro cotadas a 8.000 dólares” (MCGRATH, 2003). Que esse tipo de crime possa ser ao menos atenuado. Nosso objetivo estreito deve-se ao fato de que, por muitos anos, o maior mercado de espécies exóticas aconteceu no centro de Bruxelas, capital da União Europeia.

“Cada metro cúbico de mogno valoriza-se 300.000% desde a extração na mata até a venda no exterior. Na floresta, cada metro cúbico recém-extraído vale 3 reais, contra 9.000 reais cobrados por um revendedor europeu. ” (MADOV, 2002). Nossa proposta metodológica, contribui para que os valores dos produtos confeccionados com madeiras nativas da floresta amazônica, possam ser comercializados com preço justo. Os trabalhos que apresentamos, foram confeccionados com os resíduos de Angelim Rajado (*Pithecelobium racemosum*), Maçaranduba (*Manikara huberi*), Pau d’arco (*Tabebuia serratifolia*), Pau cetim (*Euxylophora paraensis*), Roxinho (*Peltogyne catinae*), Tatajuba (*Bagassa guianensis*) e Marupá (*Swartzia panacocco*). Estes produtos, são exemplos do potencial a ser explorado em ações futuras.

A Amazônia é o lar de várias comunidades: “[...] 170 povos indígenas, com uma população de 180 mil indivíduos, 357 comunidades remanescentes de antigos quilombos e milhares de comunidades de seringueiros, castanheiros, ribeirinhos, babaqueiras, entre outras.” (CAPOBIANCO, 2001). Os trabalhos de pesquisa e extensão, desenvolvidos pelos cursos de design têm propiciado qualidade de vida e consciência ambiental do legado que a floresta representa.

No processo de fotossíntese, as plantas das florestas tropicais húmidas, retiram o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO₂) da atmosfera e transformam em carboidratos. Isso as tornam os principais sorvedouros do planeta. Na floresta amazônica estão fixadas mais de uma centena de trilhões de toneladas de carbono (CAPOBIANCO, 2001); “[...] é razoável considerar que a floresta amazônica possa estar sequestrando pelo menos 1 bilhão de toneladas/ano de gás carbônico da atmosfera” (MOLION, 2001). Porém, no momento em que essas plantas morrem, todo o carbono absorvido é lançado, novamente, na atmosfera. Ações de design com o uso de resíduos de madeira, podem auxiliar nos procedimentos de preservação. Porém, a maior contribuição será como formador de opinião no mercado de consumo. Para um consumo racional, e ecoeficiente.

3. Notas Conclusivas.

As metodologias de design aplicadas no âmbito acadêmico têm sido discutidas e aprimoradas desde as primeiras escolas. Isso tem contribuído de modo significativo na formação e qualificação de profissionais que atuam no mercado de consumo.

As escolas de Design no Brasil, em especial as sediadas no norte e nordeste, têm desenvolvido atividades de pesquisa e extensão junto a comunidades menos favorecidas e

com um legado histórico secular. Essas iniciativas tem um alcance social significativo perante esses núcleos culturais.

As pesquisas científicas, realizadas por profissionais gabaritados, lotados em instituições nacionais com reconhecimento internacional sobre a Floresta Amazônica, têm contribuído para assegurar a importância de sua preservação. As ações de intervenção, economicamente viáveis, podem ser efetivas se considerarem os resultados publicados nas revistas científicas.

O número de espécies da floresta amazônica, identificadas, estudadas e disponíveis para pesquisa, apresenta-se com um potencial de trabalho a ser desenvolvido, com fundamentação biotécnica, pelos alunos dos cursos de Design. Em breve, com os avanços das tecnologias de comunicação, as plataformas de pesquisa irão potencializar as possibilidades de interação e cruzamento de dados, contribuindo para a conscientização da preservação ambiental, e a importância das espécies endêmicas.

Agradecimento

O presente trabalho é parte das atividades do Projeto DINTER – CAPES (Edital 012/2016 – processo 04206/2016) UFMA/UNESP e foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Referências

ARRUDA, A. et al. **BIONICA E DESIGN CARMELO DI BARTOLO E IL CENTRO RICERCHE IED: ESPERIENZE MEMORABILI DA 30 PROTAGONISTI**. São Paulo: Blucher, 2020. 380p.

BERNARD, E. **SEMEADORES ALADOS DA FLORESTA AMAZÔNICA**. Revista SCIENTIFIC AMERICAN Brasil, São Paulo: Ediouro Duetto Editorial, ano 2- Nº 16, setembro 2003. p. 36-41.

BOMFIM, G. **FUNDAMENTOS DE UMA TEORIA TRANSDISCIPLINAR DO DESIGN: MORFOLOGIA DOS OBJETOS DE USO E SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO**. Estudos em Design, v. 5, n. 2. Rio de Janeiro: aend-br, 1997. p. 27-41.

BÜRDEK, B. **HISTÓRIA, TEORIA E PRÁTICA DO DESIGN DE PRODUTOS**. São Paulo: Ed Edgar Blücher, 2006. 496p.

CAPOBIANCO, J. et al. **BIODIVERSIDADE NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**. São Paulo: Estação Liberdade: Instituto Socioambiental, 2001, 540p.

CAPOZZOLI, U. **FLORESTA AMENIZA O AQUECIMENTO DA TERRA**. Revista SCIENTIFIC AMERICAN Brasil, São Paulo: Ediouro Duetto Editorial, ano 1- Nº 6, novembro de 2002. p.30-25.

CAMPOS, C.; HANADA, R.; ABREU, R. **BIODEGRADAÇÃO E PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS**. In: CAPOZZOLI, U. et al. *Amazônia: tesouros*. Revista SCIENTIFIC AMERICAN Brasil, São Paulo: Ediouro Duetto Editorial, v.2, agosto de 2008. p.58-63.

COUTO, R. et al. **Gustavo Amarante Bonfim uma coletânea**. Rio de Janeiro: Ed Rio Book's, 2014.126p.

COINEAU, Y.; KRESLING, B. **LE INVENZIONI DELLA NATURA E LA BIONICA**, Torino: Edizioni Paoline, 1989. 99p.

DELILLO, D. **Submundo**. São Paulo: Companhia das Letras, 1999. 732p., D. **Submundo**. São Paulo: Companhia das Letras, 1999. 732p.

FARIAS *et al.* **CATÁLOGO: AMAZÔNIA – DESIGN & MADEIRA.**, Co-Edição SEBRAE, FUCAPI, INPA., Dezembro 2002. 50p.

FONSECA, C.; VAL, A. **A TAREFA DE PRODUZIR CONHECIMENTO**. In: CAPOZZOLI, U. et al. *Amazônia: destinos*. Revista SCIENTIFIC AMERICAN Brasil, São Paulo: Ediouro Duetto Editorial, v. 3, setembro de 2008. p.68-75.

GOYANO, J. **MADEIRA BRASILEIRA, SONORIDADE E CALOR – INSTRUMENTOS MUSICAIS E ENERGIA LIMPA PRODUZIDOS A PARTIR DE ESPÉCIES NATIVAS ATRAEM MERCADO INTERNACIONAL**. Revista SCIENTIFIC AMERICAN Brasil, São Paulo: Ediouro Duetto Editorial, ano 2- Nº 14, julho de 2003. p.18-19.

HSUAN-NA I, T. **MÉTODO DE ANÁLISE BIÔNICA NO ENSINO DE DESIGN E ARQUITETURA**. In: ARRUDA et al. *Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: A Revolução Tecnológica Pela Natureza*. São Paulo: Blucher, 2018. p. 35-49.

LEON, E. **UM NOVO OLHAR SOBRE A NATUREZA**, Globo Ciência, Rio de Janeiro, 4, 39, outubro, 1994. p. 24-31.

LIPOVETSKY, G.; SERROY, S. **A estetização do mundo: Viver na era do capitalismo artista**. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. 467p.

LOBO, F. **CRIED: VIVÊNCIA E FUNDAMENTAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE UM PENSAR SOBRE DESIGN**. In: ARRUDA, A. et al. *Biônica e Design Carmelo Di Bartolo e il Centro Recherche IED: esperienze memorabili da 30 protagonisti*. São Paulo: Blucher, 2020. p. 245-252.

LOBO, F.; PEREIRA, S.; MONTEIRO, L. **DESIGN E POM: UMA ATIVIDADE ACADÊMICA E DE PESQUISA ATENDENDO O MERCADO DE EXPORTAÇÃO**. Anais do P&D. Rio de Janeiro, 2002. 099 pdf. 1 CD-ROM.

MADOV, N. **ESPERANÇA CONTRA O FOGO E A MOTOSSERRA**. Revista VEJA Edição Especial. São Paulo: Abril, Nº 22, ano 35, Dezembro de 2002. p. 22-25.

MCGRATH, D. Entrevista a Revista Veja. São Paulo: Abril, ed. 1828, 12 nov. 2003.

MEGALE, L. **BIODIVERSIDADE: O PLANETA ESTÁ DE OLHO**. Revista VEJA Edição Especial. São Paulo: Abril, Nº 22, ano 35, Dezembro de 2002. p. 12-19.

MOURA, M. **DESIGN BRASILEIRO CONTEMPORÂNEO REFLEXÕES**. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2014.135p.

MUNARI, B. **ARTISTA E DESIGNER**. Lisboa: Editorial Presença, 1979. 133p.

NORMAN, D. A. **DESIGN EMOCIONAL: POR QUE ADORAMOS (OU DETESTAMOS) OS OBJETOS DO DIA A DIA**. Rio de Janeiro: Ed. Rocco, 2008. 278p.

OVERAL, W. **O PESO DOS INVERTEBRADOS NA BALANÇA DE CONSERVAÇÃO BIOLÓGICA DA AMAZONIA**. In: CAPOBIANCO, J. et al. Biodiversidade na amazônia brasileira. São Paulo: Estação Liberdade: Instituto Socioambiental, 2001. P. 59.

RANCIÈRE, J. **O INCONSCIENTE ESTÉTICO**. São Paulo: Editora 34, 2018, 80p.

SCRUTON, R. **BELEZA**. São Paulo: É Realizações, 2013. 231p.

SOARES, T.; ARRUDA, A. **FUNDAMENTOS DA BIÔNICA E DA BIOMIMÉTICA E EXEMPLOS APLICADOS NO LABORARÓRIO DE BIODESIGN NA UFPE**. In: ARRUDA et al. Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: A Revolução Tecnológica Pela Natureza. São Paulo: Blucher, 2018. p. 7-34.

SOUZA, M. **BREVE HISTÓRIA DA AMAZÔNIA**. 2 ed. Rio de Janeiro: Agir, 2001. 240p.

TOYNBEE, A. **A HUMANIDADE E A MÃE-TERRA. UMA HISTÓRIA NARRATIVA DO MUNDO**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978. 772p.



A biomimética e a representação gráfica como instrumentos de suporte à ação projetual

The biomimetics and graphic representation as instruments to support project action

Brunna Pereira de Oliveira, graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

brunnappo26@gmail.com

Janice de Freitas Pires, doutora em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas

janicefpires@gmail.com

Resumo

Este artigo está vinculado ao Projeto de Pesquisa AMPARA, da FAURB/UFPeL, que trata da construção de referenciais didáticos para a adoção de técnicas de modelagem paramétrica e fabricação digital de superfícies complexas da arquitetura, por meio do estudo sobre o emprego de tais geometrias na prática profissional. Nesse contexto, identifica-se a abordagem da Biomimética como potencializadora à exploração de tais geometrias complexas na arquitetura. Tendo-se esta ciência como base, investigam-se as suas relações com a metodologia projetual, soluções arquitetônicas, os conceitos de arquitetura Tectônica e Estereotômica e a representação gráfica, a partir da leitura de artigos e fontes bibliográficas. A sistematização das relações reconhecidas visa subsidiar um processo de revisão acerca da potencialidade da estruturação desses saberes à ação projetual. Dessa maneira, o estudo configura-se como uma primeira abordagem de pesquisa com intuito de avançar na proposição e aplicação de atividades que promovam momentos didáticos de investigação das geometrias complexas da arquitetura, em especial as da natureza, e a sua representação por modelagem paramétrica e fabricação digital, o que auxiliará os acadêmicos de Arquitetura e Urbanismo a se apropriarem dessas novas soluções e abordagens contemporâneas de design.

Palavras-chave: Biomimética; Representação gráfica; Ação Projetual; Modelagem paramétrica; Geometria complexa.



Abstract

This article is linked to the Research AMPARA, from FAURB/UFPel, which deals with the construction of didactic references for the adoption of techniques of parametric modeling and digital fabrication of complex surfaces of architecture, through the study of the use of such geometries in professional practice. In this context, the Biomimetics approach is identified as a potential for exploration in the architecture of such complex geometries. With this science as a basis, its relations with the design methodology, architectural solutions, the concepts of Tectonic and Stereotomic architecture and graphic representation are investigated, based on the reading of articles and bibliographic sources. The systematization of recognized relationships aims to support a review process about the potential of structuring this knowledge to project action. In this way, the study is configured as a first research approach in order to advance the proposition and application of activities that promote didactic moments of investigation of the complex geometries of architecture, especially those of nature, and their representation by parametric modeling and digital fabrication, which will help Architecture and Urbanism academics to take ownership of these new solutions and contemporary design approaches.

Keywords: *Biomimetics; Graphic representation; Project Action; Parametric modeling; Complex geometry.*



1. Introdução

O presente trabalho se insere no Projeto de Pesquisa AMPARA (Análise, Modelagem PARAMétrica e Fabricação Digital da geometria complexa da arquitetura: construção de referenciais didáticos para o ensino de projeto), da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAUrb) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), que tem como objetivo a promoção não apenas de uma investigação acerca do emprego de superfícies complexas da arquitetura, como também de construções de referenciais didáticos para a adoção de técnicas de representação gráfica digital (modelagem paramétrica) e fabricação digital de tais superfícies como suporte à ação projetual. Nesse sentido, a Biomimética surge como uma ciência com grande potencial à exploração na arquitetura de tais geometrias complexas, por meio da análise do funcionamento e do processo de geração da forma, próprios dos fenômenos naturais.

Esta ciência, também denominada de Biônica, consiste em analisar os sistemas naturais com o objetivo de identificar os princípios de soluções da natureza que, quando adaptados, auxiliam na resolução de problemas técnicos. Nesse contexto, a Biomimética permite a criação de analogias não somente com formas e funções, mas também com comportamentos e metodologias projetuais (FORCELLINI, 2002). Desse modo e de acordo com BERTOL (2011), “As ciências naturais têm um papel importante em ajudar-nos a compreender a lógica do mundo natural e oferecem muitas lições para o desenho de formas artificiais” (BERTOL, 2011, p. IV). Ademais, é um campo que vem ganhando importância, crescendo na arquitetura e modificando os métodos de projetar. Segundo a autora, isso se deve a funcionalidade encontrada nas formas da natureza, pois oferecem não apenas uma inspiração estética, mas, principalmente, estratégias de projeto e eficiência estrutural, uma tendência que leva a uma abordagem interdisciplinar em projeto (BERTOL, 2011). Nessa direção, é possível traçar uma relação da teoria da evolução pela seleção natural, de Charles Darwin, que acontece na natureza, com a metodologia projetual, o que a faz ser uma abordagem importante no suporte à realização de projetos arquitetônicos.

Além disso, de acordo com SANTOS (2010), a Biomimética, quando agregada à representação gráfica, torna-se uma representante não apenas de suporte, como também de análise à ação projetual. Isso ocorre porque o desenho de observação permite uma maior atenção e consequente compreensão da estrutura dos objetos e, de acordo com BAHAMÓN (2006), “[...] la observación de la naturaleza y la experimentación han sido métodos de enorme utilidad para el diseño de formas arquitectónicas.”. Acrescido a isso, o surgimento do desenho paramétrico na Arquitetura, que exige a extração e definição sistemática dos parâmetros e princípios que compõem os elementos arquitetônicos (HERNANDEZ, 2006), tem auxiliado na concepção das formas mais complexas, em particular as recorrentes na natureza, o que proporciona rapidez e fluidez do desenho e, consequentemente, do projeto.

Nos estágios iniciais do ensino de arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPEL – contexto no qual este trabalho se insere –, as formas complexas definidas por meio de superfícies curvas fazem parte do vocabulário de projeto dos estudantes, sem haver, no entanto, uma explicitação e reconhecimento prévios dos tipos de geometrias que



estão envolvidas em tais formas e nem de sua representação no ateliê. Como consequência disso, os estudantes acabam optando em seus projetos por formas simples ou tentam propor curvas complexas sem consciência dos conceitos geométricos e atributos arquitetônicos, técnicos e tecnológicos das geometrias que foram empregadas. No ateliê de projeto do segundo semestre do curso, ocorre a introdução dos conceitos de arquitetura Tectônica e Estereotômica a partir de BAEZA (2003) para aquisição da consciência construtiva da arquitetura e, posteriormente, a exploração de superfícies curvas enfatizando as abóbadas. No entanto, entende-se que tais conceitos devam ser introduzidos em conjunto para ganharem mais significado e compreensão e pergunta-se de que maneiras a Biomimética pode contribuir e potencializar essa compreensão. Além disso, nota-se a necessidade de realizar atividades que promovam o reconhecimento dos elementos geométricos fundamentais – curvas, processos de geração e técnicas de representação – dos mais variados tipos de abóbadas.

Considerando a importância da coordenação entre tais conceitos, este trabalho busca investigar as relações existentes entre o comportamento da natureza, a metodologia projetual, soluções arquitetônicas, os conceitos de Tectônica e Estereotômica – abordados no ateliê de projeto – e a representação gráfica para subsidiar um processo de revisão e análise acerca da potencialidade da estruturação desses saberes à ação projetual e futura proposição e aplicação de atividades didáticas.

2. Referencial Teórico

O termo Biomimética – Biomimicry, em inglês – vem do grego *bios* (vida) e *mimesis* (imitação) e surgiu na década de 1970 pelo casal John Todd e Nancy Jack-Todd, inseridos no grupo The New Alchemy Institute. De acordo com eles, essa ciência tem por objetivo compreender a natureza a partir do estudo da ecologia, da biologia e de sistemas bio-cibernéticos para realizar uma associação harmônica entre o artificial e o natural e possibilitar a investigação de soluções mais sustentáveis às necessidades humanas. Nesse mesmo sentido, BENYUS (2003) descreve as abordagens presentes na Biomimética:

- a. A natureza como modelo. A biomimética é uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e depois imita-os ou inspira-se neles ou em seus processos para resolver os problemas humanos [...].
- b. A natureza como medida. A biomimética usa um padrão ecológico para ajuizar a "correção" das nossas inovações. Após 3,8 bilhões de anos de evolução, a natureza aprendeu: O que funciona. O que é apropriado. O que dura.
- c. A natureza como mentora. A biomimética é uma nova forma de ver e valorizar a natureza. Ela inaugura uma era cujas bases se assentam não naquilo que podemos extrair da natureza, mas no que podemos aprender com ela (BENYUS in SANTOS, 2010, pág. 146).

Ainda segundo esse autor, a Biomimética permite uma compreensão complexa do ecossistema e uma conseqüente promoção da adaptação do homem ao meio – e não o oposto –, de forma a obedecer a ordem natural das coisas. Nesse contexto, BENYUS (2003) também afirma que um mundo onde a indústria e a produção funcionassem a partir da replicação dos processos de animais e plantas teria como resultado uma existência totalmente biodegradável. Dessa maneira, é possível observar a importância dessa ciência para lidar com a atual crise ecológica global e para proteger e garantir a qualidade de vida



na Terra. Ademais, para além da sustentabilidade, LITTMANN (2009) aponta a necessidade de a arquitetura ampliar a relação com o meio ambiente a partir da compreensão completa dos sistemas naturais para projetar estruturas regenerativas. Nesse sentido, para este autor, a análise do local com o objetivo de identificar padrões possui um papel central no desenvolvimento de um projeto regenerativo, isso porque, segundo o autor, as estruturas naturais se desenvolvem em torno de um fluxo de energia e integram princípios regenerativos. À vista disso, percebe-se a importância de considerar tais estruturas e o estudo da Biomimética como referenciais na arquitetura.

Além disso, os projetos arquitetônicos que possuem sua metodologia e forma inspiradas na natureza estão estruturados em saberes que fundamentam questões de desempenho na arquitetura, a partir do conceito de otimização. Embora esta abordagem já tenha permeado a arquitetura no passado, especialmente nas obras de arquitetos como Gaudí, Frei Otto e Felix Candela, nos últimos 20 anos, as formas inspiradas na natureza são vistas cada vez mais como requisitos projetuais em obras arquitetônicas (POTTMANN et al, 2007). Isso ocorre porque, de acordo com PEREZ-GARCIA e GÓMEZ-MARTÍNEZ (2009), a natureza desenvolve as suas estruturas com o objetivo de sempre atingir soluções energéticas ideais em longos prazos. Desse modo, a Biomimética mostra-se com grande potencial para explicitar e aplicar conceitos da geometria complexa na arquitetura que possuem integração funcional e eficiência estrutural. BERTOL (2011) apresenta exemplos desse tipo de associação entre a natureza e a arquitetura a partir da relação existente entre a geodésica proposta por Buckminster Fuller e as radiolárias – protozoários planctônicos de vida marinha – por ambas possuírem uma estrutura com a forma fundamental para o equilíbrio recorrente nos organismos da natureza, isto é, com um padrão triangular, conforme pode ser observado na Figura 1.

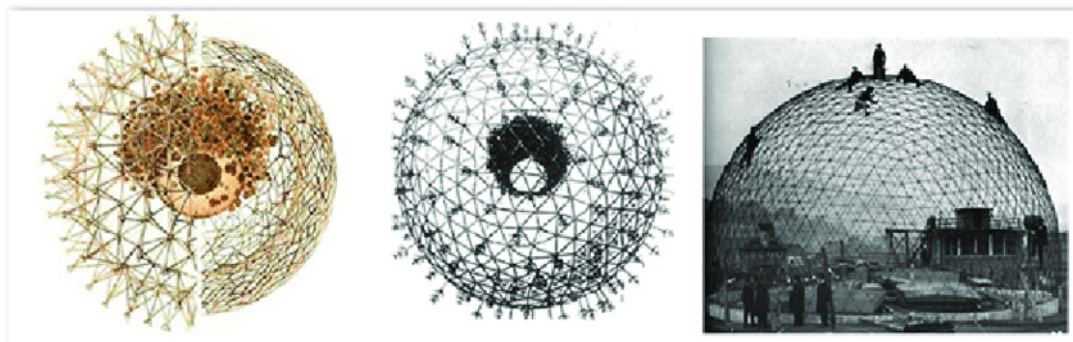


Figura 1: Radiolária desenhada por E. Hackel (1872) à esquerda e ao centro e forma geodésica do Planetário em Jena (C. Zeiss) à direita. Fonte: PEREZ-GARCIA e GÓMEZ-MARTÍNEZ (2009)

Quanto a abordagem para desenvolver projetos com o uso da Biomimética, sua pesquisa pode ser realizada, segundo BARBOSA (2008, pág. 15), de duas maneiras:

[...], projetos em biônica podem ser desenvolvidos de duas formas: *top down*, onde o problema define a pesquisa, e *bottom up*, onde a observação de uma determinada forma, método ou processo existente na natureza é transformado em um banco de dados que pode ser usado para gerar um produto potencial (BARBOSA, 2008).

Tendo isso em vista, os projetos de arquitetura tendem a ser *top down*, pois, de acordo com LÖBACH (2000), o processo de design não é apenas um processo criativo, como também um processo de solução de problemas. Nessa direção, o autor descreve a



metodologia projetual como reunir, analisar e relacionar todas as informações sobre o problema de forma a causar um processo de diversas ideias, afim de criar alternativas para solucioná-lo e, posteriormente, julgar as soluções encontradas e, em conformidade com critérios, selecionar a mais adaptada a eles para desenvolver. Acrescido a isso, pode-se relacionar o método de projeto com a metodologia da natureza – a maneira com que ela se desenvolve e evolui.

Em 1850, o naturalista, geólogo e biólogo Charles Darwin (1809 – 1882) escreveu o livro “A Origem das Espécies” onde sugere e relata que as espécies podem mudar ao longo do tempo e que essa evolução (descendência com modificação) acontece a partir de um mecanismo de seleção natural. Nessa perspectiva, os seres que apresentarem características favoráveis – decorrentes de uma variação genética – às mudanças ambientais irão sobreviver por causa dessas características e, ao se reproduzirem, irão evoluir e tornar as espécies mais adaptadas aos seus ambientes ao longo do tempo. Dessa maneira e partindo do princípio de que o "design é o processo de adaptação do ambiente 'artificial' às necessidades físicas e psíquicas dos homens na sociedade." (LÖBACH, 2000, p.14), é possível comparar a teoria da evolução pela seleção natural de Darwin com a metodologia projetual.

No que se refere à representação gráfica, SANTOS (2010) afirma que o desenho faz parte de todas as etapas do desenvolvimento de um projeto e que desde o início do pensamento projetual, no século XIII, as diferentes formas de representação o amparam pela sua capacidade de externalizar as ideias projetuais. Além disso, com o avanço da técnica e o auxílio de ferramentas computacionais, novas formas de representar tem revolucionado o processo de projetar. A representação e modelagem paramétrica, que consiste num modelo digital descrito através de parâmetros e relações entre os seus elementos geométricos, possibilita uma grande variedade de soluções alternativas à proposição ou conformação final de um objeto arquitetônico (WOODBURY, 2010). Outrossim, a natureza descritiva da modelagem paramétrica pode auxiliar na concepção de formas mais complexas e potencializar a explicitação do saber da geometria complexa das estruturas presentes na natureza. À vista disso, nota-se que a representação paramétrica possui grande potencial de auxílio à ação projetual, mesmo que exija, ao contrário do processo tradicional de projeto, um pensamento *botton up*, em que os dados e requisitos do projeto são associados em cadeia, conjuntamente com a definição da geometria e dos elementos construtivos.

Os conceitos de arquitetura Tectônica e Estereotômica, abordados no ateliê de projeto em estágios iniciais da formação em arquitetura, são fundamentados em BAEZA (2003). Esse autor destaca as diferenças entre as duas abordagens, na primeira, a estrutura é descontínua, mas leve, como a da cabana, necessitando de artifícios para controle de luz, já que esta passa por seus pilares, treliças e vigas. Já a arquitetura Estereotômica é a arquitetura da caverna, isto é, maciça, pétreo e pesada, com um sistema estrutural contínuo e que necessita da perfuração de suas superfícies para que a luz entre, como, por exemplo, abóbadas e paredes portantes. Diante disso, pode-se afirmar que são conceitos opostos e complementares e que conforme LEGAULT (2005, pág. 39) possuem grande importância no ensino de arquitetura e podem proporcionar avanços a partir de sua aplicação:

Os ganhos teóricos e conceituais advindos da reflexão sobre a tectônica são consideráveis. Em primeiro lugar, o discurso sobre a tectônica irá permitir ultrapassar a dicotomia convencional e



o reducionismo entre construção e arquitetura, uma prevenção para o tratamento dessas questões de maneira separada. Em segundo lugar, o discurso permitirá apreender a arquitetura em sua dimensão material e construtiva, encorajando o desenvolvimento de um olhar concreto sobre o objeto construído. Em terceiro lugar, esse discurso permitirá renovar a atenção sobre a ideia de arquitetura como *métier* e sobre a prática da arquitetura como arte da fabricação. (LEGAULT, 2005, p.39).

A partir de tais referenciais, tenta-se compreender de que maneiras o estudo da Biomimética e da representação gráfica digital pode se integrar as abordagens apresentadas aos estudantes de arquitetura no atelier de projeto e como essa ciência se relaciona com a metodologia projetual, soluções arquitetônicas e de que forma a estruturação desses saberes pode auxiliar na ação projetual, já que, segundo BAHAMÓN (in SANTOS, 2010, pág. 146) “[...] no existe mejor laboratorio experimental que una evolución de siglos, ni mejor garante de eficacia que la adaptabilidad de ciertas formas naturales a su entorno”.

3. Metodologia

O trabalho trata-se de um processo de revisão bibliográfica que fora desenvolvido a partir da leitura de artigos e fontes bibliográficas sobre as relações existentes entre a Biomimética, a Arquitetura, o processo projetual, os conceitos de arquitetura Tectônica e Estereotômica, a representação gráfica e a abordagem paramétrica de projeto e de representação. Após isso, foi realizada a sistematização dessas relações por meio de tabelas, com base nos estudos de BAEZA (2003), LOBACH (2000), REBELLO (2000) e SANTOS (2010), que auxiliaram para uma comparação direta e melhor explicitação dos referenciais estudados/pesquisados.

Inicialmente efetuou-se uma relação entre o comportamento evolutivo da natureza pela seleção natural de Charles Darwin e o método de projeto, conforme as fases de LOBACH (2000). Após isso, associou-se os estudos de casos apresentados em SANTOS (2010) e REBELLO (2000), em que a Biomimética atuou como precursora de soluções arquitetônicas e, posteriormente, realizou-se uma estruturação acerca dos conceitos de Tectônica e Estereotômica, a partir de BAEZA (2003), visando compreender seus princípios. Dessa maneira, relacionaram-se tais conceitos com os estudos de casos anteriormente sistematizados e por fim, fez-se uma análise sobre os tipos de representações aplicadas a cada fase da metodologia projetual analisada. Como conclusão do estudo, tenta-se compreender as conexões entre cada abordagem e apontar de que maneira essas associações podem contribuir em atividades de atelier.

4. Resultados e Discussão

A revisão desenvolvida já permitiu traçar uma análise acerca da metodologia projetual e a sua relação com o funcionamento da natureza e com a representação gráfica, de estudos de caso em que a Biomimética atuou como pioneira de soluções arquitetônicas, dos conceitos de arquitetura Tectônica e Estereotômica abordados no segundo semestre da




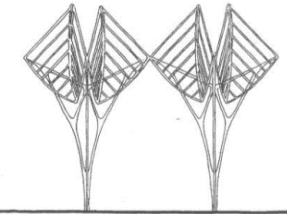
FAURB/UFPel e sistematizar esses resultados visando compreender a sua contribuição ao projeto de pesquisa AMPARA.

Como já referido anteriormente, existem analogias entre o comportamento evolutivo da natureza pela seleção natural de Charles Darwin e o método de projeto. Nesse contexto, assim como o meio muda – problema – e causa um processo aleatório de diversidade para que os seres vivos, ao se reproduzirem, evoluírem e adaptarem-se a ele, os projetos arquitetônicos possuem um programa de necessidades a ser atendido, interesses e um local de implantação – problema – que causam um processo pensado de diversidades de ideias para que alguma dessas soluções esteja de acordo com os requisitos de projeto e, assim, haver a sua materialização. Sendo assim, foi realizada a sistematização desses processos com a categorização deles baseada na divisão do trabalho projetual em quatro fases de LOBACH (2000), apresentadas em SANTOS (2010), conforme na Tabela 01.

| Fase | Comportamento da Natureza | Metodologia projetual |
|---|---|--|
| Análise do problema. | Somatório dos fatores ambientais existentes ou futuros – imprevisíveis – que se relacionarão com o organismo. | Conhecimento do problema, das necessidades e interesses. |
| Geração das alternativas para solução do problema | Processo aleatório de produção de diversidade – não é direcionado à resolução dos problemas. | Livre associação de ideias com alto grau de liberdade e incerteza. |
| Avaliação das alternativas para solução do problema | Quando as forças selecionadoras da natureza agem. | As possíveis soluções encontradas são confrontadas com os requisitos de projeto. |
| Realização da solução do problema | Processo de reprodução dos organismos. | Materialização da ideia em produto. |

Tabela 01: Sistematização da relação entre a evolução da natureza pela seleção natural e o método de projeto. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Santos (2010)

Após, foi elaborada uma relação entre os estudos de casos apresentados em SANTOS (2010) e REBELLO (2000), em que a Biomimética atuou como precursora de soluções arquitetônicas e que podem ir das mais simples às mais complexas, assim como pode ser observado na Tabela 02.

| Natureza | Projeto arquitetônico | Explicação (função) |
|---|---|--|
|  Galhos de árvores frondosas. |  Cobertura de Santiago Calatrava. | Os galhos dessas árvores aumentam de seção da sua extremidade ao tronco de acordo com a intensificação de esforços – maiores quanto mais próximo do tronco – e na cobertura de Calatrava cada pilar comporta-se como um galho, obtendo uma solução mais econômica. |



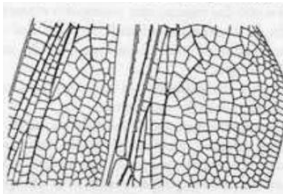
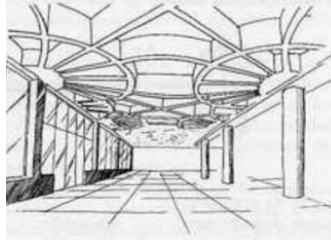

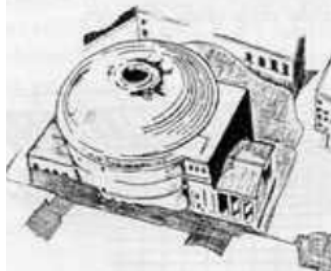

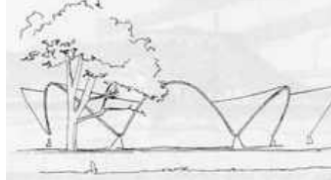
| | | |
|--|---|--|
|  <p>Asa da libélula</p> |  <p>Hall of Labor – Nervi</p> | <p>Conceito de estrutura como caminho de forças: as nervuras das asas das libélulas vão aumentando de espessura conforme se aproximam do tronco, nesse sentido, as barras estruturais – nervuras – do edifício convergem para as vigas – tronco – que se apoiam sobre os pilares.</p> |
|  <p>Casa do João de Barro</p> |  <p>Pantheon – Adriano</p> | <p>A casa do João de Barro é feita de fibras vegetais e barro e tem a forma de uma cúpula com esforço de compressão simples e o Pantheon foi feito de alvenaria, argamassa de cal e pozolana com boa resistência à compressão. Ambas as formas em cúpula são adequadas ao tipo de material disponível.</p> |
|  <p>Concha marinha</p> |  <p>Restaurante Los Manantiales, Cidade do México - Félix Candela</p> | <p>As nervuras das conchas aumentam a rigidez delas e evitam que elas deformem a partir de esforços de compressão. Sua estrutura pode ser vista na cobertura do restaurante de Candela e ela pode vencer um vão de 30 m com apenas 10 cm de espessura.</p> |

Tabela 02: Sistematização de estudos de caso. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Santos (2010) e Rebello (2000).

Dessa maneira, a partir de tais autores, foi possível compreender que a Biomimética pode ser utilizada não apenas como um suporte de base ao método de projeto, como também de obtenção de soluções arquitetônicas. Posteriormente, para analisar de que maneira a estruturação desses saberes pode contribuir e ser aplicado no ateliê de projeto, foi feita uma estruturação acerca dos conceitos de Tectônica e Estereotômica, a partir de BAEZA (2003), para compreendê-los, como pode ser contemplado na Tabela 03.


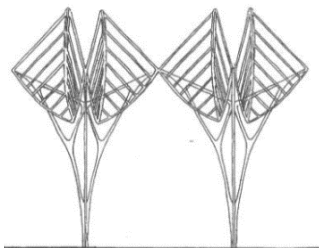
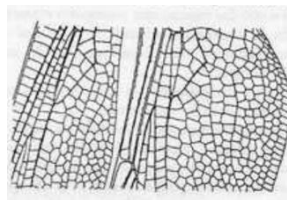
| Tectônica | Estereotômica |
|---|--|
| Cabana | Caverna |
| Madeira, bambu, cana; aço | Tijolo, pedra, adobe e concreto armado |
| Imaterialidade da concepção | Materialidade da massa |
| Sistema estrutural com nós | Sistema estrutural contínuo |
| Gravidade se transmite de forma acentuada | Gravidade se transmite de forma contínua |



| | |
|--|--|
| Construção articulada | Construção contínua |
| Arquitetura óssea, lenhosa, leve | Arquitetura maciça, pétreo, pesada |
| Pousa na terra como em bicos de pés | Assenta na terra como se dela nascesse |
| Tapa-se os locais com paredes para controlar a luz que entra (defende-se da luz) | Perfuram-se as paredes para a entrada de luz no seu interior (busca luz) |
| Esforços de tração (momentos) | Esforços de compressão |
| Sistema de vigas e pilares, tesouras e treliças | Paredes portantes, abóbadas |

Tabela 03: Conceitos de Tectônica e Estereotômica. Fonte: Baeza (2003).

A partir desta caracterização, foi possível traçar uma análise da relação entre os conceitos de Arquitetura Tectônica e Estereotômica e os estudos de casos sistematizados anteriormente, conforme a sistematização apresentada na Tabela 04.

| Estudo de Caso | Aplicação dos termos Tectônica e Estereotômica |
|---|---|
|  <p>Galhos de árvores frondosas.</p>  <p>Cobertura de Santiago Calatrava.</p> | <p>Arquitetura Tectônica</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sistema estrutural com nós, construção articulada □ elementos articulados entre si ● Arquitetura óssea, lenhosa, leve ● Pousa na terra como em bicos de pés □ um único ponto de contato com o solo ● Gravidade se transmite de forma acentuada ● O controle da luz se dá através da adição de elementos; “tapar” □ as folhagens da árvore controlam a luz e fazem sombra enquanto paredes independentes fariam isso na cobertura |
|  <p>Asa da libélula</p> | <p>Arquitetura Tectônica</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sistema estrutural com nós, construção articulada □ elementos articulados entre si com muitos nós ● Sistema de vigas e pilares, tesouras e treliças ● Esforços de tração (momentos) |



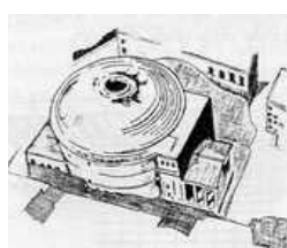
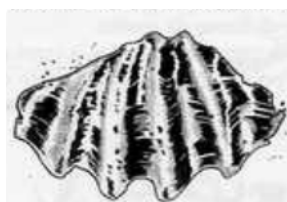
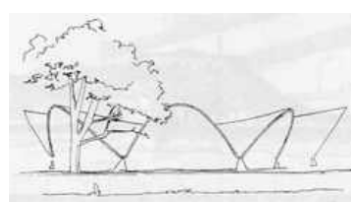
| | |
|--|---|
|  <p>Hall of Labor – Nervi</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Pousa na terra como em bicos de pés □ pontos de contato com o solo ● Gravidade se transmite de forma acentuada ● O controle da luz se dá através da adição de elementos □ “tapar” |
|  <p>Casa do João de Barro</p>  <p>Pantheon – Adriano</p> | <p>Arquitetura Estereotômica</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sistema estrutural contínuo e a gravidade se transmite de forma contínua □ é possível observar a continuidade presente ● Arquitetura maciça, pétreo, pesada □ materialidade da massa ● Assenta na terra como se dela nascesse ● O controle da luz se dá através da subtração de elementos □ “perfurar” ● Esforços de compressão ● Paredes portantes, abóbadas □ formato de cúpula visível tanto na Casa do João de Barro como no Pantheon |
|  <p>Concha marinha</p>  <p>Restaurante Los Manantiales, Cidade do México - Félix Candela</p> | <p>Arquitetura Estereotômica</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sistema estrutural contínuo e a gravidade se transmite de forma contínua □ é possível observar a continuidade presente na concha ● Arquitetura maciça, pétreo, pesada □ materialidade da massa ● O controle da luz se dá através da subtração de elementos □ “perfurar” ● Esforços de compressão ● Paredes portantes, abóbadas □ formato de abóbada visível tanto na Concha Marinha como no Restaurante |

Tabela 04: Análise da relação entre os conceitos de Arquitetura Tectônica e Estereotômica e os estudos de casos. Fonte: Elaborado pelos autores.



Com isso, pôde-se afirmar que o conhecimento, a observação e a associação da/natureza também permitem um auxílio no entendimento e aplicação dos termos de arquitetura Tectônica e Estereotômica e, conseqüentemente, no desenvolvimento da consciência construtiva de maneira mais didática no ateliê de projeto.

Quanto à representação gráfica, foi traçada uma análise para relacionar que tipo de desenho é utilizado para cada fase da metodologia projetual analisada, conforme a Tabela 05, com o objetivo de observar as potencialidades de cada representação à ação projetual.

| Fase | Representação gráfica (tipos e função) |
|---|---|
| Análise do problema. | <p>Desenho analítico/de observação.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Permite o reconhecimento de aspectos gerais e particulares do problema. |
| Geração das alternativas para solução do problema | <p>Desenho criativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Permite a exploração da forma. ● Desenhos livres, ortogonais, geométricos, paramétrico, representações tridimensionais, digitais etc. |
| Avaliação das alternativas para solução do problema | <p>Desenho como suporte ao raciocínio de extensão da memória.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Permite que exista um ciclo de operações simultâneas. ● Aspectos funcionais, espaciais, formais, materiais, construtivos, dinâmicos, de equilíbrio etc. <u>Desenho paramétrico para avaliação e seleção de soluções.</u> |
| Realização da solução do problema | <p>Desenho como ferramenta de comunicação de ideias e precisão da fabricação.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Permite comunicar a ideia do projeto com precisão para a construção. ● Desenvolvimento de modelos e protótipos, fabricação. |

Tabela 05: Análise das potencialidades da representação gráfica em cada etapa projetual. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Santos (2010).

Dessa forma, a partir dessa sistematização, observou-se que o desenho analítico é um forte aliado na compreensão da natureza e, conseqüentemente, das suas estruturas. Ademais, a parametrização do projeto a partir da representação paramétrica, além de exigir tal processo de análise, é um expoente de otimização ao permitir não apenas a comunicação de todas as fases projetuais – a exploração da forma, um ciclo de operações simultâneas, a comunicação das ideias e a precisão para a construção do projeto – como também a modelagem de formas e estruturas complexas que são encontradas na natureza.



5. Conclusões

O presente trabalho explicitou os saberes acerca da Biomimética como uma alternativa para soluções arquitetônicas em conjunto com a representação paramétrica no processo de projeto, que se configuram não apenas como um recurso ao método de projeto, mas também como subsídios importantes à ação projetual e formativa, voltada a abordagens contemporâneas de design. Isso auxiliará os acadêmicos de Arquitetura e Urbanismo a se atualizarem e apropriarem-se de novos saberes, métodos e soluções que vem sendo produzidos e a obterem uma maior compreensão sobre o funcionamento estrutural de seus projetos.

Nesse sentido, este trabalho irá permitir avançar na proposição e aplicação de atividades que promovam momentos didáticos de investigação das geometrias complexas da arquitetura e sua representação por modelagem paramétrica e fabricação digital, no projeto em questão. Isso se deve à associação das estruturas de saber identificadas para uma compreensão da relação da geometria da natureza com o processo projetual e a sua representação.

Como continuidade da pesquisa, serão propostas atividades de modelagem paramétrica de geometrias complexas da natureza, inspiradas nas potencialidades da Biomimética e dos conceitos de Tectônica e Estereotômica, a partir dos estudos de caso reunidos na pesquisa. Estas atividades serão estruturadas para que se relacionem com cada fase de projeto (análise do problema, geração de alternativas para solução e avaliação).

Referências

- BAEZA, Alberto Campo. De la cueva a la cabaña. Sobre lo estereotómico y lo tectónico em arquitectura. *Sustancia y circunstancia: memoria del curso 2002-2003 de las asignaturas proyectos arquitectónicos 4 e 5*. Madrid: Mairea Libros, 2003.
- BAHAMÓN, Alejandro.; PÉREZ, Patricia.; CAMPELLO, Alex. *Arquitectura vegetal: analogias entre el mundo vegetal y la arquitectura contemporánea*. 1ª Edição. Barcelona: Parramón ediciones S.A., 2006.
- BARBOSA, Enio Rodrigo. Inspiração que vem da natureza exige visão multidisciplinar na pesquisa. *Cienc. Cult.*, São Paulo, v. 60, n. 3, 2008.
- BENYUS, J. M. *Biomimética: inovação inspirada pela natureza*. São Paulo: editora Cultrix, 2003.
- BERTOL, Daniela. *FORM GEOMETRY STRUCTURE: from nature to design*. 1ª Edição. Exton, Pennsylvania: Bentley Institute Press, 2011.
- FORCELLINI, F.A. *Apostila de Projeto de Produto*. [S.l.]: [s.n.], 2002.
- HERNANDEZ, Carlos R. Barrios. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. *Design Studies*. Cambridge: Elsevier Ltd, v. 27, n. 3, 2006, p. 309-324.



LEGAULT, R. La trajectoire tectonique. In: CHUPIN, J., SIMONETTE, C.(org). Le projet tectonique. Gollion: Infólio éditions, 2005.

LITTMAN, J. A. *Regenerative Architecture: A Pathway Beyond Sustainability*. Dissertação de Mestrado. University of Massachusetts – Amherst. 2009. 68 p. Disponível em: <http://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1389&context=theses> Acesso em: 06 fev. 2021.

LOBÄCH, B. *Design industrial: bases para a configuração de produtos industriais*. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

PEREZ-GARCIA, A.; GÓMEZ-MARTÍNEZ, F. Natural structures: strategies for geometric and morphological optimization. Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2009, Valencia Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures 28 September – 2 October 2009, Universidad Politecnica de Valencia, Spain. Alberto DOMINGO and Carlos LAZARO (eds.).

POTTMANN, H. ASPERL, A. HOFER, M. KILIAN, A. *Architectural Geometry*. Exton, Pennsylvania: Bentley Institute Press, 1ª ed., 2007.

REBELLO, Y.C.P. *A Concepção Estrutural e a Arquitetura*. 1º Edição. São Paulo: Zigurate Editora, 2000.

SANTOS, Claudemilson dos. O DESENHO COMO PROCESSO DE APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NA ARQUITETURA E NO DESIGN. *Revista Tópos*. Presidente Prudente:UNESP, v. 4, n. 2, 2010, p. 144 – 192.

WOODBURY, R. *Elements of Parametric Design*. London: Routledge, 2010.

Sustentabilidade em projetos criativos: contribuições da biofilia

Sustainability in creative projects: biophilia contributions

Alice Araujo Marques de Sá, Mestranda em Design, Universidade de Brasília, UnB

alicearaujoms@gmail.com

Dianne Magalhães Viana, Doutora, Universidade de Brasília, UnB

dianne.magav@gmail.com

Resumo

A biofilia é um campo do conhecimento que enfoca o vínculo dos seres humanos com o meio natural, visando a promoção de bem-estar. Tendo em vista tais pressupostos, foi conduzida uma revisão da literatura com o intuito de investigar suas contribuições para estimular a sustentabilidade em projetos criativos. Assim, empregaram-se os descritores “*biophilia*” e “*sustainability*” para levantamento na base de dados *Scopus* no período de 2003 a 2020. Após várias filtrações, foram identificados 22 artigos, os quais contemplaram as temáticas: espaços verdes urbanos; biodiversidade urbana; jardins; infraestruturas verdes; gestão e economia de recursos do espaço; políticas e certificações sustentáveis e projetos de ambientes comunitários. Concluiu-se que a aplicação de noções e princípios biofílicos enseja projetos arquitetônicos e urbanísticos ‘restauradores’ do corpo e da mente, e que também se revelam sustentáveis e integrados aos ecossistemas. Sugerem-se investigações em outras bases de dados para melhor compreensão do assunto no cenário brasileiro.

Palavras-chave: Biofilia; Bioinspiração; Sustentabilidade; Design Regenerativo; Projetos Criativos.

Abstract

Biophilia is a field that focuses on the connection between humans and nature, and aims to promote well-being. In view of these assumptions, a literature review was conducted in order to investigate its contributions to stimulate sustainability in creative projects. Thus, the descriptors "biophilia" and "sustainability" were used to survey the Scopus database from 2003 to 2020. After several filters, 22 articles were identified, which covered the themes: urban green spaces; urban biodiversity; gardens; green infrastructures; management of space resources; sustainable policies and certifications; and community projects. It was concluded that the application of biophilic notions and principles provides opportunities for architectural and urban projects that are 'restorers' of the body and mind, as well as proving to be sustainable and integrated with ecosystems. Investigations in other databases are suggested for a better understanding of the subject in the Brazilian scenario.

Keywords: *Biophilia; Bioinspiration; Sustainability; Regenerative Design; Creative Projects.*

1. Introdução

As áreas do conhecimento inseridas na dinâmica da construção de espaços e artefatos podem favorecer a materialização de projetos que beneficiem a humanidade e também atendam preceitos básicos de equilíbrio ecológico e ambiental. Congruentemente, o desenvolvimento profissional para atuação nesses domínios envolve, cada vez mais, capacitação sobre diversos parâmetros: ergonomia, conforto térmico e sonoro, funcionalidade, resistência, manutenção, entre outros. Contudo, são necessários mais esforços para aprofundar a compreensão acerca das atividades humanas nos ecossistemas circundantes e seus impactos ao longo do tempo.

Efetivamente, conforme salientado por Fink (2016) e Reeve et al. (2015), ainda perduram práticas de construção, urbanização e produção de objetos que não consideram adequadamente os aspectos morfológicos de cada território e os critérios de sustentabilidade. Além disso, observa-se que os impactos do crescimento e adensamento urbano convergem em uma tendência multiplicadora dos comportamentos humanos associados ao agravamento das crises climáticas (FINK, 2016). Vale igualmente mencionar que em termos energéticos amplificam-se as dificuldades no sentido de assegurar conforto físico e psicológico das comunidades, em razão do aumento de temperaturas, concentração de gases contaminantes e redução de índices de evaporação. Ou seja, perfilam-se numerosos desafios gerados pela aceleração do aquecimento global e suas repercussões em escala planetária, o que parece limitar o postulado de Le Corbusier que defendeu o desenho padronizado de espaços para todas as nações nos mais variados climas (BRUNI, 2015; ROMERO, 2016).

Diante desse cenário contemporâneo, é pertinente integrar conhecimentos de áreas voltadas para a compreensão das relações dos seres humanos com seu espaço. Assim, com a inserção de estudos e práticas direcionadas aos indivíduos, abrangendo os campos social, psicológico, biológico e ecológico (BENYUS, 1997; ELALI, 1997), será possível estabelecer novas conexões, aproximando-se os projetos criativos de soluções mais adaptadas ao planeta.

Tendo em vista tais preocupações, empreendeu-se uma revisão da literatura especializada com o objetivo de identificar, descrever e discutir contribuições da biofilia para o desenvolvimento de projetos criativos sustentáveis, dando-se ênfase ao design, à arquitetura e ao urbanismo. Preliminarmente, serão delimitados o campo da biofilia e seus princípios gerais. Em seguida, o presente trabalho apresentará o método adotado na pesquisa bibliográfica, seus resultados e a discussão.

2. Biofilia

Nas últimas décadas, os avanços em sustentabilidade, preservação ambiental e produção consciente foram notáveis. Todavia, muitas criações em design, arquitetura e urbanismo ainda abordam a natureza como um obstáculo trivial que deve ser dominado e superado.

Além disso, na agitação dos atuais centros urbanos, multiplicam-se adversidades vivenciais como congestionamentos, jornadas de trabalho excessivas, aglomerações e contato com poluentes. Como consequência, seus habitantes tendem a demonstrar sinais de estresse, ansiedade, irritabilidade e cansaço (GRESSLER; GUNTHER, 2013). As pessoas também passam mais tempo em ambientes fechados, o que se intensificou acentuadamente desde a instauração da pandemia pelo coronavírus em 2020, impondo-se isolamento físico-social generalizado (GEDDES, 2020). De acordo com Dias (2015), os indivíduos vivem aproximadamente 90% do seu tempo em ambientes internos cercados por produções artificiais. O autor alertou que muitas estratégias “tradicionalistas” de projeto ignoram que esse

forte teor artificial, cujo gasto energético e de recursos é muito alto, podendo surtir efeitos nocivos tanto na saúde física e psicológica dos seres humanos, como no funcionamento dos ecossistemas.

O afastamento do meio natural e a imposição de padrões não adaptados a cada contexto interferem na experiência da natureza. Ao se presumir que o novo “habitat” dos seres humanos é um ambiente interno projetado, construído em larga escala e que se distancia das características locais, podem ser induzidos desvios em diferentes esferas (BENYUS, 1997).

Assim, é possível que prevaleçam comportamentos humanos associados à competição natural por posição social, aos bens materiais e à disponibilidade de parceiros, difundindo-se estilos de vida centrados em rapidez, transitoriedade, individualidade e recompensas de curta duração. Com tal restrição de perspectivas a médio e longo prazos, aumenta-se o desperdício dos recursos naturais sem regeneração ecológica suficientemente planejada (BROWNING et al., 2012). De fato, o desafio central do design biofílico consiste em abordar tais deficiências, apontando possibilidades de experiências satisfatórias da natureza mesmo em locais construídos (BROWNING et al., 2014; KELLERT et al., 2013).

Cumprir lembrar que o vocábulo ‘biofilia’ foi difundido após a publicação da obra de E. O. Wilson (1984). Essencialmente, essa expressão refere-se ao vínculo emocional de ordem inata entre ser humano e natureza, que propicia aprimoramentos de desempenho e saúde. Sob ótica semelhante, Kellert e Wilson (1993) propuseram a Hipótese Biofílica, segundo a qual existiria uma preferência humana por características vinculadas à configuração natural das paisagens, sobretudo, conforme destacam Kellert et. al. (2008) aquelas que se assemelham à savana Africana, suposto continente de origem de nossa espécie. Nessa configuração espacial, disponibilidade e abundância de recursos hídricos e de alimentação; possibilidade de identificação de sinais de perigo, de proteção contra intempéries e predadores; liberdade de movimentação, *wayfinding*; e sinais de habitabilidade são elementos favoráveis à sobrevivência e são considerados, consciente ou inconscientemente, como sinais de beleza, conforto e boa disposição (BROWNING, 2014).

Cabe comentar que nem todas as configurações e elementos naturais desencadeiam respostas favoráveis, agradáveis e restauradoras. O principal exemplo disso corresponde à noção de ‘biofobia’ que traduz o medo e as sensações negativas relacionadas com a natureza. São produzidas respostas fisiológicas mensuráveis desencadeadas a partir da exposição a certas situações ou organismos, como cobras e aracnídeos. Provavelmente, em seu percurso evolutivo, os seres humanos desenvolveram essas reações para evitar cenários de risco e vulnerabilidade perante predadores e outros fenômenos naturais que representam periculosidade, como relâmpagos e incêndios. Ainda assim, a biofobia pode ser compreendida como uma evidência da poderosa conexão inata da espécie humana com a natureza (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2010).

Retomando sobre os benefícios das configurações biofílicas e seu efeito sobre a saúde dos indivíduos, compete realçar o trabalho de Browning et al. (2012), no qual os autores focalizaram as configurações nervosas compostas pelos sistemas simpático e parassimpático. É válido rememorar que o primeiro se encarrega dos estímulos relativos às respostas fisiológicas ante a situações de tensão ou perigo; ao passo que o segundo proporciona relaxamento corporal. Em situações de equilíbrio e bem-estar, o corpo encontra-se em homeostase e quando surgem cenários desconcertantes e alarmantes, entra em estado de alerta, suprimindo o sistema parassimpático, desencadeando reações de estresse, fadiga, perda de foco e irritabilidade.

Ao se manter contato com os elementos orgânicos e multissensoriais presentes na natureza estimula-se o sistema parassimpático, melhorando-se as funções corporais e a percepção de bem-estar. Em outras palavras, a imersão na esfera natural tende a reduzir os níveis de estresse e ansiedade além de incrementar restaurações que elevam as capacidades de concentração, produtividade e disposição (BROWNING et al., 2014; REEVE et al., 2015). Para Elali (2017), pesquisadora da área de psicologia ambiental, a organização de espaços biofílicos encoraja a renovação da atenção direcionada e diminui a fadiga. Frequentar locais com tais qualidades ambientais promove bem-estar físico e mental.

Também é oportuno reportar quatro categorias gerais relacionadas à preferência humana pela natureza, evidenciadas por Gressler e Gunther (2013): a) capacidade de escape - que permite distanciamento físico ou mental dos lugares cotidianos, por meio de recursos como memórias ou vistas e paisagens; b) grau de escopo - que consiste na sensação de pertencimento ao espaço circundante; c) percepção de fascinação - a qual corresponde ao estímulo instigador da atenção; d) identificação de compatibilidade - que diz respeito ao nível de congruência entre o que é oferecido pelo ambiente e os desejos e ações dos indivíduos.

2.1. Princípios biofílicos e projetos criativos

O design biofílico se distingue dos demais, pois reconhece, preserva e se inspira nas qualidades do meio natural para elaboração de projetos criativos que promovem a saúde, a produtividade pessoal e coletiva (BENYUS, 1997, BROWNING et al., 2012). Na visão de Papanek (1985), é crucial estimular o amor ao espaço, incluindo-se as experiências sensoriais de padrões biomórficos dos elementos vivos.

A abordagem biofílica, orientada pela diversidade da biosfera, possui 14 princípios regentes, organizados por Browning et al. (2014), em três eixos primordiais:

- a) Natureza no espaço - representa a inserção de elementos naturais diretamente em um determinado local, como: flora; fauna; fluxos sonoros, olfativos, hídricos e aéreos. Tal como pode ser verificado na Figura 1, a percepção de movimentos intermitentes e as interações multissensoriais são preponderantes.



Figura 1: Características da natureza no espaço. Fonte: elaborado pelas autoras (adaptado de BROWNING; RYAN; CLANCY, 2014).

- b) Análogos naturais - correspondem às evocações orgânicas, não-vivas e indiretas da natureza em materiais, cores, formas, sequências, texturas, padrões, objetos, obras de arte, ornamentos e construções, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Particularidades dos análogos naturais. Fonte: elaborado pelas autoras (adaptado de BROWNING; RYAN; CLANCY, 2014).

- c) Natureza do espaço - contempla tanto o desejo de visualizar, como também o fascínio por cenários de mistério e refúgio. A identificação de potenciais riscos também é uma característica que estimula a construção e identificação de locais que promovam sensações de segurança e acolhimento. A Figura 3 exibe as características desse eixo.



Figura 3: Características da natureza do espaço. Fonte: elaborado pelas autoras (adaptado de BROWNING; RYAN; CLANCY, 2014).

Especificamente no que se refere ao aspecto cromático, essa abordagem sugere a seleção de tons neutros, terrosos - simbolizando o solo e as madeiras – e tons esverdeados que remetem à abundância de vegetação. Quanto ao emprego de cores brilhantes, esses mesmos autores recomendam uso similar às formas naturais (exemplo: flores, pôr do sol, certas plantas e animais) que costumam instigar percepções prazerosas (BROWNING et al., 2014).

Convém salientar, ainda, os benefícios de ordem econômica que podem decorrer da reconexão com a natureza. Assim, no âmbito hospitalar, a adição de elementos naturais auxilia a recuperação dos pacientes reduzindo o tempo de internação e os custos financeiros associados. Já na esfera educacional, quando as salas de aula são dotadas de vistas naturais, constatou-se uma melhora no

foco e na sensação de bem-estar dos estudantes, o que impactou positivamente seus resultados em avaliações. Em espaços comerciais, como lojas e shoppings, verificou-se que a aplicação de elementos da natureza produziu sensações de calma e atraiu os consumidores aos estabelecimentos, incrementando as vendas. Ademais, em locais de trabalho, os fatores biofílicos podem reduzir o absenteísmo e melhorar a produtividade, além de motivar emoções agradáveis (BROWNING et al., 2012).

Em uma ótica sustentável, verificou-se que os espaços que incluem elementos de vegetação, como, por exemplo, paredes verdes e uma maior integração de aspectos paisagísticos, demonstraram muitas vantagens, uma vez que as massas verdejantes auxiliaram na redução das temperaturas do microclima local por meio da evapotranspiração, tendo potencial para absorção de dióxido de carbono, produção de oxigênio, absorção de águas pluviais e captura de poluentes do ar (KELLERT et al., 2013).

Em síntese, levando em consideração os pressupostos anteriormente apresentados, é preciso conhecer melhor as contribuições dos estudos de biofilia para estimular a sustentabilidade em projetos criativos nas áreas de design, arquitetura e urbanismo. Dada sua relevância para o aprimoramento da qualidade de vida dos indivíduos, bem como para adoção de práticas mais compatíveis com a continuidade da biosfera, é imprescindível aprofundar conhecimentos teóricos e práticos sobre o assunto. Por conseguinte, conduziu-se uma pesquisa bibliográfica visando identificar, descrever e discutir contribuições da biofilia para desenvolvimento de projetos criativos sustentáveis nas áreas supracitadas.

3. Método

O levantamento da literatura foi realizado na base multilíngue *Scopus*, em 12/01/2021, com os descritores “*biophilia*” e “*sustainability*”. Não houve restrição de escopo temporal e foi feita uma filtragem por áreas do conhecimento, focalizando-se: Ciências Ambientais; Ciências Sociais; Engenharia; Energia; Agricultura e Ciências Biológicas; Medicina; Psicologia; Artes e Humanidades; Terra e Ciências Planetárias. Compete esclarecer que tal delimitação foi adotada uma vez que a base de dados não indicou a área específica de Design, Arquitetura e Urbanismo, ou seja, os trabalhos vinculados a esses domínios encontravam-se dispersos em categorias correlatas. Inicialmente, identificaram-se 38 publicações. Após a exclusão de anais de eventos, dissertações, teses e livros, foram selecionados 22 artigos que atendiam aos interesses estabelecidos para a referida pesquisa. A busca feita na *Scopus* gerou dados sobre número de citações por artigo, autores, países, organizações de ensino e pesquisa e ano de publicação. Em seguida, empregou-se o *software TagCrowd* para formulação de uma nuvem com as palavras-chave dos trabalhos. Por fim, com base na leitura e análise dos textos, foram elaboradas categorias temáticas gerais.

4. Resultados

O trabalho mais antigo encontrado na base *Scopus* datava de 2003. O artigo intitulado *Materialophilia, biophilia, and sustainable use of the planet*, elaborado por Cairns, criticou os impactos negativos da “materialfilia”. Ou seja, o acúmulo de artefatos e uso ‘não-sustentável’ dos recursos do planeta que o autor contrapôs à incorporação dos pressupostos biofílicos, os quais estimulam o crescimento do ‘capital natural’ e a proteção do meio ambiente.

Observou-se uma dispersão da produção sobre as inter-relações da biofilia e ações sustentáveis, uma vez que A. J. Hoffmann – identificado como o autor com mais artigos publicados no período investigado – teve apenas dois registros: *Going ‘green’ from gray: providing opportunities of community development and sustainability within a correctional facilities program* e *Community service activities reducing hate crimes and extremism: a ‘green intervention’ approach*. Os países com maior número de artigos foram: Austrália ($n = 5$), Estados Unidos ($n = 4$) e Suécia ($n = 4$). Vale sublinhar que o Brasil não se encontra na lista de países da *Scopus* formada para o presente estudo, o que aponta escassez de produções nacionais.

Não se verificou proeminência institucional no levantamento efetuado. Uma vez mais, evidenciou-se dispersão, sendo que o *Royal Institute of Technology KTH* e a *University of Western Australia* tiveram apenas dois artigos cada um. Mas, parece haver aumento de interesse sobre o assunto, já que em 2020 foram divulgados seis artigos, que corresponderam à maior produção anual. Cabe mencionar que um segundo patamar de maior produção pôde ser verificado em 2014, 2015 e 2016, contabilizando-se três artigos em cada ano.

Conforme mencionado anteriormente, foi gerada uma nuvem com as palavras-chave informadas nos 22 artigos. Estabeleceu-se um total de 50 termos para construção da imagem, a qual exibe os vocábulos de uso mais frequente de acordo com o tamanho e a coloração tipográfica.

Ao se examinar a Figura 4, é possível constatar que as palavras-chave com maior frequência de citação foram: “*sustainability*” ($n = 28$), “*urban*” ($n = 25$), “*biophilia*” ($n = 22$), “*green*” ($n = 20$) e “*design*” ($n = 17$). Quando se agrupam as palavras-chave “*sustainability*” ($n = 28$), “*urban*” ($n = 25$), “*green*” ($n = 20$), “*development*” ($n = 11$), “*ecosystem*” ($n = 11$), “*environmental*” ($n = 10$) e “*greenspaces*” ($n = 5$), percebe-se a importância da construção de espaços e infraestruturas verdes no cenário urbano, assim como das pesquisas voltadas para preservação de ecossistemas e sustentabilidade.

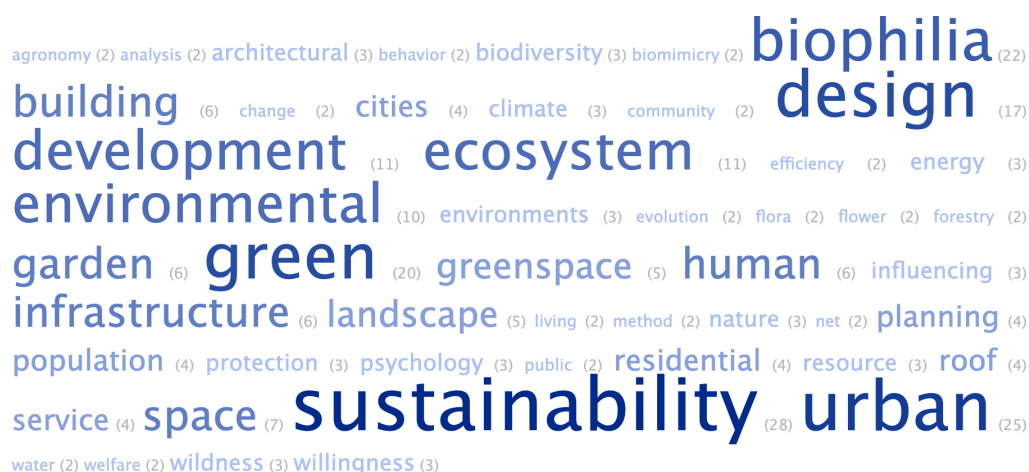


Figura 4: *Word cloud* com palavras-chave da plataforma *Scopus*. Fonte: elaborado pelas autoras.

A seguir, a Tabela 1 repertoria alguns dos trabalhos obtidos na revisão aqui relatada, de acordo com: autoria, título, número de citações e uma síntese das contribuições de cada um. É necessário esclarecer que foram selecionadas somente as publicações ($n = 9$) que alcançaram cinco citações no mínimo.

| Autoria e Título | Citações | Principais Contribuições do Trabalho |
|---|-----------------|--|
| Zelenski, J. M., Nisbet, E. K. (2014) <i>Happiness and Feeling Connected</i> | 168 | Estudo da conexão subjetiva com a natureza para prever atitudes sustentáveis e felicidade. Em comparação com outros tipos de conexões subjetivas, a natureza é um preditor de múltiplos indicadores de felicidade. Os resultados corroboraram que o vínculo com a biosfera pode ser um caminho para a felicidade e a sustentabilidade. |
| Benvenuti, S. (2014) <i>Wildflower green roofs for urban landscaping</i> | 42 | Investiga a inserção de paisagens naturais em ambientes urbanos. Foram analisados fatores presentes em telhados verdes: dinâmica da biodiversidade local, fauna polinizadora, eficiência de colonização da superfície e o isolamento térmico. Concluiu-se que as flores silvestres podem enriquecer a biodiversidade do ecossistema urbano. |
| Fink, H. S. (2016) <i>Human-nature for climate action</i> | 27 | Correlaciona estudos sobre ecossistemas urbanos e propostas para ações preservação ambiental em escala local. Delineia propostas de baixo carbono para criação de ambientes urbanos resilientes e sustentáveis. A influência dos serviços ecossistêmicos, a economia de recursos, o uso de infraestruturas verdes e a biofilia foram fatores associados a uma boa gestão ambiental. |
| Beery et al. (2015) <i>From environmental connectedness to sustainable futures</i> | 19 | Avalia a inter-relação de hipóteses da conexão humana com a natureza com práticas incentivadoras de preservação ambiental. A biofilia sugere que há uma relação genética para o vínculo com a biosfera. A topofilia incorpora uma concepção ainda mais ampla da natureza não-humana e uma teoria coevolucionária de aprendizado cultural e de resposta genética. Ressalta-se que o estímulo de tendências topofílicas pode promover esforços sustentáveis. |
| Reeve, A. C. et al. (2015) <i>Biophilic urbanism</i> | 12 | Apresenta uma revisão da literatura sobre natureza urbana e analisa como o urbanismo biofílico complementa as abordagens da gestão ambiental. Constatou-se o potencial das infraestruturas verdes no enfrentamento de desafios como: impactos das mudanças climáticas, crescimento populacional, e escassez de recursos. Um conjunto de “elementos biofílicos” foi proposto para facilitar a resposta a tais adversidades. |
| Revell, G., Anda, M. (2014) <i>Sustainable Urban biophilia</i> | 9 | Revela contribuições das infraestruturas verdes no cenário urbano. Destacam-se os seus benefícios: redução das ilhas de calor, melhoria nos fatores de conforto ambiental e sustentabilidade. Tais infraestruturas oportunizam projetos fundamentados na biofilia e no design ecológico. Características da estética da paisagem foram mescladas com design urbano, arquitetura e engenharia ambiental para criar experiências restauradoras. |
| Stoltz, J., Schaffer, C. (2018) <i>Salutogenic affordances and sustainability</i> | 8 | Focaliza estudos sobre o desenvolvimento de estratégias multifuncionais e sustentáveis para espaços verdes urbanos. Investigou o conceito do jardim florestal comestível e seu potencial para: regulação climática, estímulo de atitudes salutogênicas, restauração do bem-estar, produção sustentável de alimentos e reforço de comportamentos pró-ambientais. |
| Ramzy, N. S. (2015) <i>Sustainable spaces with psychological connotation</i> | 6 | Salienta os aportes da biomimética na geração de soluções inovadoras, sustentáveis e regenerativas. O estudo apontou que ainda há deficiências no emprego dessa abordagem, como: a) nem sempre as tecnologias biomiméticas são sustentáveis; b) há propostas biomiméticas que estão mal integradas ao ambiente. Sugeriu-se um <i>framework</i> para uma aproximação sustentável que combina biomimética, biofilia e psicologia ambiental. |
| Littke, H. (2016) <i>Becoming biophilic</i> | 5 | Discute os desafios e oportunidades para a implementação do urbanismo biofílico em políticas de planejamento urbano por meio de um estudo de caso do plano <i>Green living spaces</i> no Reino Unido. Percebe-se que essa noção pode fortalecer as políticas a favor dos espaços verdes urbanos. |

Tabela 1: Trabalhos mais citados e suas principais contribuições. Fonte: elaborado pelas autoras.

É imperioso atentar que o artigo de Zelenski e Nisbet (2014) atinge quatro vezes mais citações do que a segunda publicação listada na tabela. De fato, o trabalho entrou em circulação aproximadamente há sete anos, no periódico *Environment and Behavior*, o que pode explicar em parte tal destaque. Convém ponderar, também, que esse estudo tem um número elevado de citações em virtude da ênfase dada à perceptível inter-relação entre o contato com a natureza e a promoção

da felicidade; a despeito dos autores terem admitido que a transformação direcionada para atitudes sustentáveis nem sempre se alia às sensações de felicidade. No entendimento de Zelenski e Nisbet (2014), é incontornável atinar quanto às repercussões negativas do estresse e das privações decorrentes do enfrentamento da crise ecológica global. Outrossim, os autores insistiram sobre os benefícios decorrentes do vínculo com o meio natural, o qual pode facilitar a inexorável aceitação para promover comportamentos simultaneamente mais saudáveis e de preservação ambiental.

A análise do conjunto de artigos, expostos na Tabela 1, revela que o desenvolvimento de projetos de espaços verdes no cenário urbano constituiu a principal temática de investigação. Ademais, foram conteúdos marcantes desses estudos: a) área do design relacionada ao estudo dos ecossistemas; b) planejamento e construção de novas infraestruturas; e c) fatores da paisagem que influem na disposição de espaços residenciais e jardins.

Justamente sobre a confluência da biofilia e sustentabilidade, Reeve et al. (2015) reconheceram a existência de um forte elo entre esses campos, devido a uma notável necessidade humana de contato com a natureza manifestada em muitas iniciativas que desvelam aspirações de incorporação de elementos biofílicos nos ambientes com o intuito de torná-los mais confortáveis e habitáveis. Nesse mesmo sentido, a adoção de noções atinentes à biofilia e à sustentabilidade em projetos criativos – nomeadamente em design, arquitetura e urbanismo – reflete um comprometimento progressivo com princípios éticos que norteiam a preservação ambiental. Somam-se a isso, os empreendimentos empenhados em incrementar o consumo balanceado de recursos e a conservação da biodiversidade em ambientes saudáveis tanto para o bem-viver da humanidade quanto das demais espécies.

Assim, intervenções biofílicas em espaços exibiram resultados mensuráveis em termos de sustentabilidade, como por exemplo: a) preferência pelo uso de luz diurna - que reduz o impacto energético e influencia positivamente no ciclo circadiano e no conforto visual; b) uso de materiais locais - que limita a pegada carbônica no transporte e na extração de matéria-prima e pode incentivar a performance criativa; c) ventilação passiva - que diminui custos financeiros e energéticos com o resfriamento e o aquecimento de ambientes e suscita sensações de bem-estar pela percepção de estímulos aéreos e olfativos, além de manter o conforto térmico do local (FINK, 2016; RAMZY, 2015; REVELL, ANDA, 2014).

A Figura 5 ilustra as principais categorias temáticas, identificadas na pesquisa bibliográfica, expondo-as de acordo com as ocorrências registradas na análise dos 22 artigos.



Figura 5: Categorias temáticas identificadas na literatura. Fonte: elaborado pelas autoras.

A visualização permite averiguar que há uma evidência para o estímulo de mudanças comportamentais incentivadoras de ações de preservação ambiental aliadas à promoção de bem-estar, saúde e qualidade de vida. Além disso, o desenvolvimento de projetos para o cenário urbano encontra-se no cerne das produções de design e arquitetura orientadas pela biofilia e sustentabilidade. Apuram-se também outras aproximações significativas com ambas as áreas do conhecimento: conservação e restauração da biodiversidade urbana e dos ecossistemas, benefícios da gestão de recursos do espaço, como das águas pluviais, isolamento térmico e economia de energia; planejamento e construção de infraestruturas verdes; observação de particularidades associadas à configuração de paisagens, de espaços comunitários e de jardins; e investigações sobre políticas, normas e certificações sustentáveis para espaços construídos.

5. Considerações Finais

Grande parte dos desafios enfrentados pela humanidade consiste nos impactos das mudanças climáticas, que minam a capacidade dos países para atingir o desenvolvimento sustentável. Dentre suas consequências mais perceptíveis estão o esgotamento de recursos naturais e os impactos negativos da degradação ambiental, que se refletem na intensificação da desertificação, escassez de água doce e perda de biodiversidade. A elevação das temperaturas globais, o aumento do nível do mar e a acidificação dos oceanos estão afetando gravemente várias zonas da Terra, com maiores malefícios para as populações vulneráveis. Tanto a sobrevivência de muitas comunidades, como de sistemas biológicos do planeta, está em risco (ONU, 2016).

Conforme destacou Benyus (1997), é evidente a necessidade de considerar que a natureza pode conter soluções surpreendentes para os dilemas impostos à humanidade. Para Kellert et al. (2013), é preciso repensar a relação do ser humano com a natureza e o ambiente construído. Sendo assim, tornaram-se vitais mais propostas fundamentadas na consciência biofílica e na sustentabilidade em áreas como o design, a arquitetura e o urbanismo.

Em suma, o presente trabalho constatou que estudos sobre o campo da biofilia são relativamente recentes, sendo que a difusão de conhecimentos passou a ocorrer nas décadas de 1980 e 1990 com as publicações de Wilson e Kellert (RAMZY, 2015). Igualmente, notou-se uma tendência nesse domínio para expandir projetos criativos que estimulam sustentabilidade e preservação ambiental.

Durante o levantamento, constatou-se que incorporar os 14 princípios biofílicos, na concepção de espaços e objetos pode favorecer a redução de estresse; ampliar a capacidade de foco e o bem-estar físico; melhorar a satisfação no trabalho; acelerar o tempo de recuperação; gerar laços de convívio comunitário; além de estimular a compreensão da importância da preservação da natureza. O contato com elementos naturais, seja por meio de, por exemplo, vistas para a paisagem natural; pelo planejamento e a vivência em hortas e parques urbanos, também pode, conforme observado na literatura, possibilitar a economia de recursos materiais e de energia, além de priorizar escolhas mais adaptadas e com uma menor pegada carbônica, o que, em última instância, beneficia os ecossistemas (BROWNING et al., 2012; RAMZY, 2015; REEVE et al., 2015).

Por fim, recomendam-se pesquisas bibliográficas em outras bases de dados, tais como *Web of Science* e *Google Scholar*, como também a realização de pesquisas experimentais e estudos de caso em diversas escalas de projeto, incluindo-se observações de ordem biofílica e sustentável, destinadas a produção de artefatos de design e intervenções arquitetônicas e urbanísticas.

Referências

- BEERY, Thomas; JÖNSSON, Ingemar; ELMBERG, Johan. From environmental connectedness to sustainable futures: Topophilia and human affiliation with nature. **Sustainability**, v. 7, p. 8837-8854, 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/>>. Acesso em: 8 dez. 2020.
- BENVENUTI, Stefano. Wildflower green roofs for urban landscaping, ecological sustainability and biodiversity. **Landscape and Urban Planning**, v. 124, p. 151-161, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 14 dez. 2020.
- BENYUS, Janine M. **Biomimicry: innovation inspired by nature**. New York, Estados Unidos: William Morrow and Company, 1997. 324 p.
- BROWNING, Bill et al. **The economics of biophilia: why designing with nature in mind makes financial sense**. Nova Iorque, Estados Unidos: Terrapin Bright Green, 2012. Disponível em: <www.terrapinbrightgreen.com>. Acesso em: 6 dez. 2020.
- BROWNING, William D. et al. **14 patterns of biophilic design**. Nova Iorque, Estados Unidos: Terrapin Bright Green, 2014. Disponível em: <www.terrapinbrightgreen.com>. Acesso em: 7 dez. 2020.
- BRUNI, Alessandro Hseuh. Le Corbusier's Fatal Flaws: a critique of modernism. **Trinity College Serial Publications**, Hartford, Estados Unidos, 2015. Disponível em: <<https://www.digitalrepository.trincoll.edu/>>. Acesso em: 5 dez. 2020.
- CAIRNS, John. Materialophilia, biophilia, and sustainable use of the planet. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 10, ed. 1, p. 43-48, 2003. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/>>. Acesso em: 5 dez. 2020.
- DIAS, Bruno Duarte. Beyond sustainability: biophilic and regenerative design in architecture. **European Scientific Journal**, p. 1-12, 2015.
- ELALI, Gleice Azambuja. Psicologia e Arquitetura: em busca do locus interdisciplinar. **Estudos de Psicologia**. Dossiê Psicologia Ambiental 1997, v. 2, ed. 2, pp. 349-362. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 11 fev. 2020.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. **Biophilia hypothesis**. 2010. Disponível em: <<https://www.britannica.com/>>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- FINK, H. S. Human-nature for climate action: Nature-based solutions for urban sustainability. **Sustainability**, v. 8, ed. 3, p. 1-21, 2016. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/8/3/254>>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- GEDDES, Linda. How staying indoors affects your immune system: Covid-19. **BBC Future**, 2020. Disponível em: <<https://www.bbc.com/future>>. Acesso em: 7 jan. 2021.
- GRESSLER, Sandra Christina; GUNTHER, Isolda de Araújo. Ambientes Restauradores: definição, histórico, abordagens e pesquisas. **Estudos de Psicologia**, v. 18, ed. 3, pp. 487-495, 2013. Disponível em: <www.scielo.br/> Acesso em: 6 dez. 2020.
- HOFFMAN, August John. Community service activities reducing hate crimes and extremism: a 'green intervention' approach. **Journal of Prevention & Intervention in the Community**, v. 48, ed. 3, p. 272-280, 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/>>. Acesso em: 6 jan. 2021.

HOFFMAN, August John. Going “green” from gray: Providing opportunities of community development and sustainability within a correctional facilities program. **Journal of Prevention & Intervention in the Community**, v. 48, ed. 3, 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/>>. Acesso em: 6 jan. 2021.

KELLERT, Stephen; HEERWAGEN, Judith; MADOR, Martin. **Biophilic design: the theory, science and practice of bringing building to life**. Hoboken, EUA: John Wiley & Sons, 2013. 385 p.

KELLERT, S. R.; WILSON, E. O.; (ed.). **Biophilia hypothesis**. Shearwater, 1993. 496 p.

LITKE, Hélène. Becoming biophilic: Challenges and opportunities for biophilic urbanism in urban planning policy. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 5, ed. 1, p. 15-24, 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/>>. Acesso em: 3 dez. 2020.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 17 objetivos para transformar nosso mundo: Organização das Nações Unidas**, 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/>> Acesso em: 1 fev. 2020.

PAPANÉK, Victor. **Design for the real world**. Human Ecology and Social Change. Londres: Thames & Hudson, 1985. 394 p.

RAMZY, Nelly. Sustainable spaces with psychological connotation: Historical architecture as reference book for biomimetic models with biophilic qualities. **International Journal of Architectural Research**, v. 9, ed. 2, p. 248-267, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net>. Acesso em: 6 dez. 2020.

REEVE, Angela Chenoweth; et al. Biophilic urbanism: contributions to holistic urban greening for urban renewal. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 4, ed. 2, p. 215-233, 2015. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/>>. Acesso em: 4 dez. 2020.

REVELL, Grant; ANDA, Martin. Sustainable Urban biophilia: The case of greenskins for Urban density. **Sustainability**, v. 6, ed. 8, p. 5423-5438, 2014. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/6/8/5423>>. Acesso em: 2 dez. 2020.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. Brasília: Editora UnB, 2013. 172 p.

STOLTZ, Jonathan; SCHAFFER, Christina. Salutogenic Affordances and Sustainability: Multiple Benefits with Edible Forest Gardens in Urban Green Spaces. **Frontiers in psychology**, v. 9, p. 1-12, 2018. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/>>. Acesso em: 4 dez. 2020.

WILSON, E. O. **Biophilia**. Estados Unidos: Harvard University Press, 1984. 168 p.

ZELENSKI, J.M.; NISBET, E.K. Happiness and Feeling Connected: The Distinct Role of Nature Relatedness. **Environment and Behavior**, Boston, Estados Unidos, v. 46, ed. 1, p. 3-23, 2014. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

A Percepção de Materiais Compósitos em Artefatos de Moda e Painel Automobilístico

The Perception of Composite Materials in Fashion Artifacts and Automobile Panel

Marcelo Vicente da Silva Junior, M.e, PPGD/UFPE

mvmarcelovicente@gmail.com

Lourival Costa Filho, D.r., PPGD/UFPE

lourival.costa@yahoo.com

Amilton Jose Vieira de Arruda, Ph.D., PPGD/UFPE

arruda.amilton@gmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a percepção de dois materiais compósitos, priorizando elementos configurativos de cor, brilho, textura e flexibilidade. A matéria prima proveniente do pó do endocarpo do coco tem duas composições de aglutinantes, a química e a biodegradável. Assim, gerou-se quatro superfícies distintas (frente e verso), denominadas x1, x2, e y1, y2. Como procedimento de pesquisa adotou-se entrevistas estruturadas, e foi solicitado ao grupo entrevistado para selecionar a superfície de sua preferência para a possível aplicação em bolsas, calçados e painel interno de automóvel. Os elementos estéticos mais considerados foram, em primeiro lugar, o médio brilho, textura lisa, flexibilidade baixa e cor marrom escura, relacionados ao material X1. Em sequência o material Y obteve destaque para alto brilho, textura lisa, alta flexibilidade e cor marrom claro; e Y2 pelo baixo brilho, textura fosca, alta flexibilidade e cor marrom claro.

Palavras-chave: Teoria das facetas, material driven, engenharia de materiais

Abstract

The goal of this work was to evaluate the perception of two composite materials, prioritizing configurative elements of color, brightness, texture and flexibility. The raw material from the coconut shell powder has two compositions of binders, chemical and biodegradable. Thus, four distinct surfaces (front and back) were generated, called x1, x2, and y1, y2. As a research procedure, structured interviews were adopted, and the interviewed group was asked to select the surface of their preference for the possible application in bags, shoes and car interior panel. The aesthetic elements most considered were, first, the medium gloss, smooth texture, low flexibility and dark brown color, related to the X1 material. In sequence,

the Y material stood out for its high gloss, smooth texture, high flexibility and light brown color; and Y2 for its low gloss, matte texture, high flexibility and light brown color.

Keywords: *Facet theory, material driven, materials engineering*

1. Introdução

Este trabalho apresenta o produto da Disciplina: Imagem Avaliativa do Produto e do Ambiente, ofertada no PPGDesign - UFPE, pela linha de ergonomia; sendo uma abordagem preliminar a ser aprofundada e introduzida em uma pesquisa de Dissertação em Design. A pesquisa em andamento é da linha de design e tecnologia, abordando materiais compósitos de resíduo vegetal e a percepção do usuário sobre sua aplicabilidade.

Os autores do Departamento de Psicologia Geral da Alemanha, Elisabeth Baumgartner et al (2013), defendem que as pesquisas acerca da percepção do material vêm ganhando notabilidade, enfatizando nessa dinâmica o papel de importância que a abordagem háptica e visual têm para a percepção de materiais. Os autores expõem, ainda, a importância do brilho, por sua suscetibilidade natural nas diversas superfícies a serem analisadas. Nessa dinâmica de análises materiais Löbach (2001) aponta as etapas no processo de percepção (captação do estímulo em nível biológico, seguido pelo processo cognitivo) como sendo um entendimento importante para o processo de design, considerando que as escolhas configurativas compõem estrategicamente a unidade dos artefatos.

A partir disso é possível destacar variáveis que influem para a avaliação estética de um artefato, considerando textura, flexibilidade, brilho e cor; como elementos configurativos complementados pelos aspectos subjetivos, ou seja, os sentimentos em relação a eles.

Nessa pesquisa, a percepção será atrelada à materiais resultantes do processo de experimentações com resíduos vegetais. Manzini e Vezzoli (2011) retratam a importância da seleção material para os processos do design, devido ao potencial do reaproveitamento residual para benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Considerando os diversos tipos de material que vêm sendo desenvolvidos atualmente, o processo de percepção e aceitação deles pelo usuário é uma dinâmica em estudo. Dessa forma, a partir dos experimentos materiais realizados com o resíduo vegetal do Pó do Endocarpo do coco e um aglutinante natural e outro químico, geraram-se superfícies materiais com diferentes características.

Os dados observados referentes às preferências de elementos como cor, textura, flexibilidade e brilho serão abordadas como categorias preditoras da preferência, associada a percepção do material em três diferentes tipos de produtos.

A presente pesquisa busca investigar a preferência de dois materiais compósitos (X e Y) percebida por indivíduos não especialistas da cidade do Recife, em projetos de produtos, a partir de uma amostra de 26 pessoas. A cidade do Recife foi o recorte espacial para a investigação empírica.

A relação entre o design e o julgamento perceptual/cognitivo permite a compreensão da interação das pessoas com as duas composições materiais avaliadas; esses dados poderão auxiliar na compreensão da aceitação dos materiais, além de ainda fornecer bases para sua aplicação nos tipos de produto selecionados.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Esta seção consiste primordialmente da abordagem de Löbach (2001) em sua obra “Design Industrial, Bases para a Configuração de Produtos Industriais”, no capítulo sobre a abordagem estética e perceptiva dos artefatos.

É pertinente iniciar com o conceito de estética, proveniente do grego “*aisthesis*”, e sua relação com a percepção sensorial. Em complemento Löbach (2001) aponta uma visão mais ampla, considerando a estética como ciência das aparências perceptíveis pelos sentidos, sendo sua percepção e sua importância pelos humanos como parte de um sistema sociocultural; defendendo, ainda, que essa abordagem deve ser o viés aplicado pelo designer industrial.

Considerando a avaliação estética de objeto, mais precisamente do material, esta pesquisa traz uma abordagem empírica, considerando o processo de entrevistas, a ser apresentado, que proporciona a investigação de ideias e valores de determinado grupo de pessoas.

As características estéticas da configuração de um produto industrial são determinadas pelos elementos configurativos (forma, cor, textura, materiais), portadores de informações estéticas acerca do produto; sendo mais representativos quando formam uma unidade, composição feita pelo designer que propõe a aplicação de estímulos ao repertório do indivíduo, buscando atraí-lo.

Acerca dos materiais, Löbach (2001) aponta que nem sempre são escolhidos devido à aplicabilidade, e em respeito aos usuários, mas principalmente por considerações econômicas. A textura também apresenta grande influência no processo de design, e para esta pesquisa, o brilho, a textura e a flexibilidade serão introduzidas na lista de elementos para o teste de percepção. A cor, como elemento que atinge a psique do usuário, é um elemento essencial na configuração dos produtos, seguindo certos princípios de aplicação dependendo do fim desejado; o autor também enfatiza a importância das cores para a criação de contrastes e composições diferenciadas nos produtos (LÖBACH, 2001).

Löbach (2001) também trata das etapas de percepção e cognição, sendo essas duas, partes componentes do processo perceptivo. A primeira consiste na captação do aspecto observado, sendo objetiva por conta do processo biológico que ocorre. Em sequência, há o processo de conscientização (cognição), em que o indivíduo é influenciado pela imagem percebida, assim como pelas experiências anteriores (repertório), conceitos de valor, normas socioculturais e outras influências, transformando imagem em significado.

Nasar (1989) complementa que pessoas diferentes possivelmente não avaliarão o entorno de maneira exatamente igual, tampouco o mesmo indivíduo, em outro recorte temporal, e o mesmo acontece com diferentes populações de indivíduos com repertórios diferentes. Dessa forma, o autor põe a questão sobre como deve agir o investigador deparando-se com essa complexidade/pluralidade. Com isso, como proposta à questão apresentada, o autor propõe buscar o consenso entre pessoas que avaliam o entorno.

Nessa dinâmica, Nanay (2015) aponta que as propriedades estéticas relevantes podem ter características extrínsecas e intrínsecas, e, nesse sentido, a presente pesquisa foca nos aspectos intrínsecos ao material: cor, brilho, textura e flexibilidade. A parcela extrínseca representa a percepção e avaliação do material composto de resíduos vegetais na indústria.

OBJETO DE ESTUDO EMPÍRICO

O material a ser utilizado como elemento de estímulo para avaliação advém do coco nucífera, mais especificamente do pó do seu endocarpo (quenga), sendo inserido como

aglomerante em compósitos. A palavra “compósito” (do inglês composite) significa que dois ou mais materiais são combinados numa escala macroscópica para formar um terceiro. O exame macroscópico desse material permite a identificação de diferentes componentes a olho nu. (ARAÚJO, 2015). A mistura imiscível desses dois materiais é representada por uma matriz e um reforço, um aglutinante e aglomerante, respectivamente (CARVALHO, 2013). Neste trabalho o pó do endocarpo do coco é o aglomerante, e há dois tipos de resina de mamona sendo utilizadas como matrizes, a resina 301 e 302, mais rígida e mais maleável.

Baumgartner et al, (2013) defendem que as pesquisas acerca da percepção do material vêm ganhando notabilidade, enfatizando, nessa dinâmica, o papel de importância que a abordagem háptica e visual têm para a percepção de materiais. Em sua pesquisa, foi abordada correlação entre as abordagens háptica e visual em 84 diferentes materiais, em que a primeira foi realizada com os participantes vendados e, em sequência, usaram a visão para concluir as avaliações. Dessa dinâmica eles apontam que em ambos os sentidos a dureza e a rugosidade foram os componentes em comum destacados na avaliação, apesar de considerar que a abordagem visual proporciona respostas mais completas que a abordagem somente háptica.

Baumgartner et al, (2013) defendem a importância da investigação das propriedades materiais; inicialmente evidenciam o brilho, por sua suscetibilidade natural nas diversas superfícies a serem analisadas. Sob determinadas condições oculares, o reflexo apreendido do objeto gera uma variação perceptiva dramática. Outra dinâmica apresentada é acerca da análise do brilho em superfícies em movimento, retomando a diferença perceptível pelo usuário.

Nesse sentido, considerando os atributos intrínsecos do material, o trabalho conduzido permeia a avaliação estética e a preferência visual dos materiais a um conjunto de tipos de artefatos apresentados ao usuário. Os elementos cor, brilho, textura e flexibilidade estão sendo considerados e terão a predileção para sua aplicabilidade investigada na pesquisa. Em relação às possíveis aplicações, os usuários processam os pré-requisitos do artefato e, por meio do repertório, escolhem a alternativa material preferível, consciente ou inconscientemente o acesso ao repertório busca selecionar a aplicação “ideal”.

CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

A pesquisa abordou os respondentes por meio de entrevistas estruturadas, utilizando um formulário digital para computar as respostas, ademais o suporte de quatro pranchas contendo oito imagens de três tipos de produtos industriais, e os materiais compósitos que foram entregues aos usuários para que houvesse a interação entre usuário material, possibilitando a escolha da superfície de melhor adequação.

A amostra populacional neste trabalho foi de 26 pessoas não especialistas, a coleta foi na cidade do Recife, em sua maioria na Universidade Federal de Pernambuco e em outros locais onde o pesquisador se encontrava cotidianamente. É importante salientar que não foram dadas explicações técnicas sobre os materiais, no que se refere à composição.

A abordagem com os entrevistados ocorreu baseada no Sistema de Classificações Múltiplas (COSTA FILHO, 2014) onde os usuários foram apresentados aos materiais X e Y, e suas variações (x1, x2; y1, y2,) que correspondem às superfícies (frente e verso) de cada material.

Os elementos de estímulo levaram em conta os aspectos de brilho, textura, flexibilidade e cor identificados em cada uma das superfícies dos materiais X e Y, conforme abaixo (figura 01 e tabela 01):

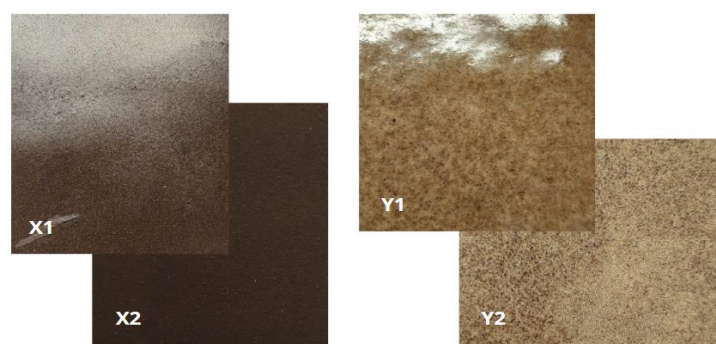


Figura 01: Materiais X e Y e suas superfícies X1, X2; Y1, Y2.

Fonte: Acervo do autor

| Materiais / Elementos Estéticos | X1 | X2 | Y1 | Y2 |
|---------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Brilho | médio | baixo | alto | baixo |
| Superfície | lisa | fosca | lisa | fosca |
| Flexibilidade | baixa | baixa | alta | alta |
| Coloração | marrom escuro | marrom escuro | marrom claro | marrom claro |

Tabela 01: Elementos de estímulos associados aos materiais

Fonte: Composição do autor

As imagens nos três diferentes tipos de produtos foram dispostas em quatro folhas A4, onde foram impressas a sequência de oito imagens, variando entre A à C (A1, A2, A3, A4; B1, B1; C1), como é possível visualizar na Figura 2 :

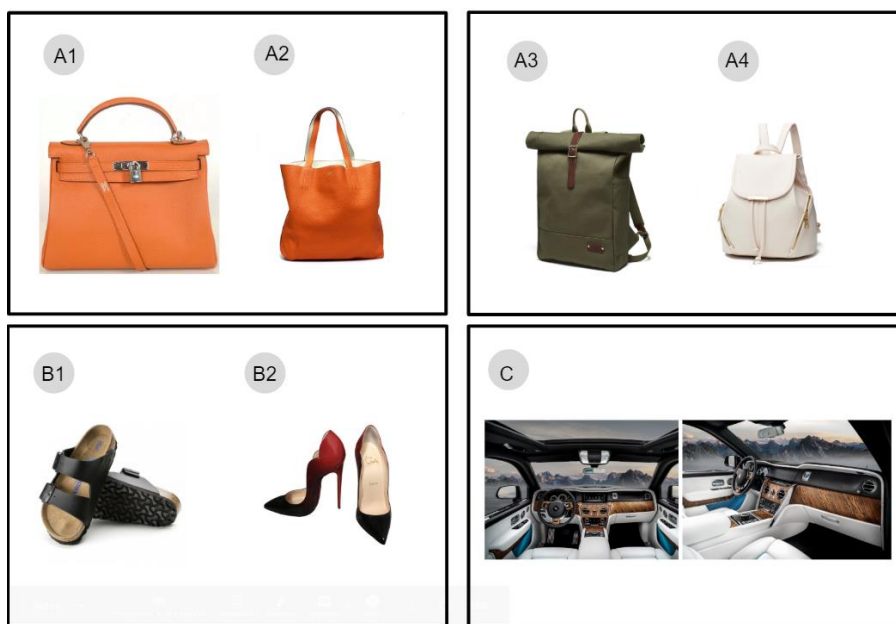


Figura 02: Imagens das pranchas apresentadas aos usuários
Fonte: Composição feita pelo autor da pesquisa

Buscando facilitar a leitura dos objetos industriais, as imagens foram escolhidas para representar possíveis aplicações do material; sendo um grupo de 04 tipos de bolsas de modelagens diferentes, 02 modelos de calçado e o painel de um automóvel esporte.

O formulário *online* foi construído através do *Google Forms*, e as alternativas de resposta foram apresentadas em múltipla escolha, e além das alternativas referentes aos materiais compósitos foi introduzida a opção “outros”, onde o respondente poderia negar a aplicabilidade/preferência aos materiais apresentados e justificar ou propor alternativas.

O processo iniciou-se com a entrega do aparelho celular para que o participante preenchesse os dados sociodemográficos, na sequência foi realizada a pesquisa sobre a percepção dos materiais.

CONSIDERAÇÕES EMPÍRICAS

Inicialmente a população amostral continha 30 pessoas, no entanto com o intuito de selecionar somente os não especialistas, o quantitativo passou a ser de 26 pessoas, sendo 16 mulheres e 10 homens; os respondentes têm média de 25 anos. Os dados sociodemográficos apontam que 15 pessoas fazem parte do grupo de ensino superior completo, 09 (nove) enquadram-se em ensino superior incompleto e 02 (duas) na pós graduação.

| | | | |
|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Entrevistados | 10 homens | 16 mulheres | Total: 26 |
| escolaridade | 15 Ensino superior incompleto | 9 ensino superior completo | 02 pós graduação |
| idade | (min) 17 e (máx.) 63 | média 25 anos | |

Tabela 02: Dados gerais dos entrevistados
Fonte: Autor

Os resultados foram obtidos de acordo com a revisão dos dados apresentados pelos respondentes, registrados através do *Google Forms*. Apesar dos gráficos gerados, foi necessário verificar sequencialmente todas as respostas por conta de problemas no preenchimento das questões. Apesar de serem muito objetivas, a tentativa de escolher uma alternativa e fazer uma sugestão no mesmo item, gerou imprecisão nos gráficos. Contudo, as informações foram reajustadas ao contabilizar os dados.

Os dados advindos das contribuições dos respondentes representam a preferibilidade dos materiais compósitos para cada produto industrial apresentado. Através das escolhas foi possível correlacionar quais elementos configurativas são preferíveis para cada produto e na tabela 03 é possível visualizar a contabilização referente a cada Artefato. Às bolsas (A1, A3, A4); o calçado (B1); e painel automobilístico foi preferível o material X1; podendo-se entender que, para esse grupo, os elementos configurativas de brilho médio, superfície lisa, baixa flexibilidade e coloração marrom escuro são mais adequadas aos produtos industriais citados.

O material Y1 foi o mais votado para possível aplicação nos produtos A2 (bolsa), e B2 (calçado) configurando preferibilidade por alto brilho, superfície lisa, alta flexibilidade e cor marrom clara, para esse tipo de artefato.

| Materiais/Produtos | X1 | X2 | Y1 | Y2 | Outros | TOTAL | Outros (comentários dos respondentes) |
|--------------------|------------------|----|------------------|----|--------|-------|---|
| A1 | <u>16</u> | 01 | 03 | 05 | 01 | 26 | <ul style="list-style-type: none"> Os materiais não são compatíveis à flexibilidade do produto |
| A2 | 03 | 03 | <u>11</u> | 07 | 02 | 26 | <ul style="list-style-type: none"> gerar combinação das propriedades de X e Y |
| A3 | <u>11</u> | 03 | 01 | 09 | 02 | 26 | <ul style="list-style-type: none"> mix das propriedades dos materiais, mais flexível que X1 e |

| | | | | | | | |
|----|-----------|----|-----------|----|----|----|---|
| | | | | | | | mais resistente que Y1 |
| A4 | <u>10</u> | 01 | 07 | 08 | 00 | 26 | |
| B1 | <u>15</u> | 02 | 04 | 05 | 00 | 26 | |
| B2 | 07 | 01 | <u>14</u> | 00 | 04 | 26 | <ul style="list-style-type: none"> • sugestão de utilizar veludo • Os materiais não são compatíveis com a aplicação neste produto • poderia ser mais confortável se houvesse maior flexibilidade • as cores não são favoráveis • mix da flexibilidade de y1 e dureza de x1 |
| C | <u>12</u> | 04 | 05 | 03 | 02 | 26 | não houve sugestões |

Tabela 03: Resultados detalhados das escolhas dos respondentes
Fonte: Composição do Autor da pesquisa

O processo foi muito interessante devido à interação com o usuário e de certa forma imprescindível, pois as preferências perceptivas surgiram justamente do contato háptico e visual do usuário com o material, como aponta Baumgartner (et Al, 2013).

Conclusão

O trabalho conclui através dos dados coletados a preferibilidade pelo material X, em sua superfície X1 e o Material Y sendo a superfície Y1. Apontando as preferências de textura, brilho, cor e flexibilidade às determinadas aplicações industriais. Houve surpresa para o entrevistador quando o material X1 foi escolhido, devido à composição química não biodegradável. No entanto, como os entrevistados não foram informados sobre as composições do material não haveria possibilidade de inferir a preferibilidade por materiais de composição natural (Y). Dessa forma, o material X1 foi o mais escolhido, destacando o médio brilho, superfície lisa, baixa flexibilidade e coloração marrom escuro. É válido retomar a abordagem de Baumgartner et al (2013), confirmando a importância da avaliação háptica e visual no processo de percepção dos materiais. Essas ações foram imprescindíveis, pois o usuário teve que passar pelo processo háptico e visual para poder sentir as propriedades dos materiais (X, Y) apresentados.

Para trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento nas características que mais chamam a atenção dos usuários; assim como gerar uma pesquisa somente com especialistas,

possibilitando analisar os dados entre os diferentes grupos na base de dados inicial para análise entre diferentes públicos. Outras sugestões são a abordagem à preferibilidade considerando as características mecânicas do material, que pode, para o público especialista, potencializar a abordagem crítica. E buscar variantes que possam influir na avaliação do material, como a sua origem (animal, vegetal, química, entre outras) e o apelo socioeconômico ambiental que ela evoca; todas essas proposições em adição à avaliação estética.

Referências

ARAÚJO, Eduardo. 2015. **O que é material compósito?** disponível em:
<<https://www.esss.co/blog/o-que-e-material-composito/>>

BAUMGARTNER, Elizabeth; WEIBEL, Christine B.; GEGENFURTHER, Karl R. 2013 .
Visual and Haptic Representations of Materials Properties. Multisensory Research 26 - p
429-455. DOI: 10.1163/22134808-00002429.

CARVALHO, Vinicius. 2013. Disponível em: **Materiais Compósitos, Notas de estudo de Engenharia de Produção.** <<https://www.docsity.com/pt/materiais-compositos-6/4882035/>>

COSTA FILHO, L. L. **O enfoque da teoria das facetas na avaliação de lugares.** In: V ENEAC - ENCONTRO NACIONAL DE ERGONOMIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E VI SEMINÁRIO NACIONAL DE ACESSIBILIDADE INTEGRAL, 2014. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, PUCRio, LEUI/PUC – Rio. 2014.

LÖBACH, B. 2001. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais.** São Paulo: Edgard Blücher,

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. (2011) *O desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.* 1 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo., 366 p. ISBN 978-85-314-0731-4.

NANAY, B. 2016. **Aesthetics as Philosophy of Perception.** Great Britain: Oxford University Press.

NASAR, J. L. **The evaluative image of the city.** California: Sage Publication, Inc.,1998.

Estudo de caso de criação de compósito de fibra de tururi e seu potencial uso como material sustentável para o design de produtos

A case study on the designing of tururi fiber's composites and its potential use as a sustainable material for product design.

Amanda Sousa Monteiro.

amandasousamonteiro@usp.br

Denise Dantas.

dedantas@usp.br

Júlia Baruque-Ramos.

jbaruque@usp.br

Takashi Yojo.

yojos@ipt.br

Resumo

O objetivo da presente pesquisa foi analisar a criação de compósitos da fibra vegetal amazônica tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn.) com a resina epóxi-vinil-éster como potencial material sustentável para o design de produtos, segundo a óptica de projeto de Manzini e Vezzoli (2002). Para tanto, analisou-se o ciclo de vida do compósito produzido com o método de infusão a vácuo. Buscou-se apreender as várias fases que diferenciam a entrada, permanência e a saída de um compósito como material para o mercado. Notou-se que o material desenvolvido tem potencial para a utilização no design de produtos como um produto sustentável pois apresenta um baixo impacto em sua pré-produção, produção, montagem e descarte.

Palavras-chave: compósito de tururi; projeto sustentável; *Manicaria saccifera* Gaertn

9

Abstract

*This research aimed to analyze the creation of composites made of the Amazonian fiber Tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn) with epoxy-vinyl-ester resin as a sustainable material for product design, according to Manzini and Vezzoli's project perspective (2002). For this purpose, we analyzed the life cycle of a composite made of tururi fiber and epoxy-vinyl-ester resin, produced using the vacuum infusion method. We aimed to apprehend the various phases of entry, permanence and exit of such composite as an option for the product design market. It was noted that the developed composite has the potential to be used in product design as a sustainable material due to the low environmental impact of its pre-production, production, assembly, and disposal.*

Keywords: tururi composite; sustainable design; *Manicaria saccifera* Gaertn

1. Introdução

Por aproximadamente um milhão de anos os seres humanos utilizaram majoritariamente madeira, pedra, osso, chifre e pele como materiais. Foi somente na revolução do período Neolítico (10.000 a.C. a 4.000 a.C) que outros materiais como a lã e as fibras vegetais foram empregues. A partir disso, a evolução das técnicas de trabalho gerou alternativas que marcaram profundamente a vida em sociedade, chegando à revolução industrial com uma completa transformação de operação e assim um número cada vez maior de possibilidades tecnológicas (MANZINI, 1993).

Na perspectiva do design de produtos, os últimos 15 anos vem sendo permeados por pesquisas que objetivam estabelecer uma nova relação com os materiais através do desenvolvimento de novas possibilidades aproveitando as metodologias projetuais. Através de técnicas artesanais, designers de produto tem acesso à tecnologia de forma ativa, buscando a inovação em materiais e processos. Estabelece-se assim “Uma nova dimensão em termos da relação entre designers, tecnologia, processos de produção e materiais.” (ROGNOLI; AYALA-GARCÍA, 2018, p.7, tradução nossa).

As experimentações criativas com materiais acarretam em inovação, além da democratização das práticas tecnológicas pois viabilizam o acesso e compartilhamento de tecnologias, métodos e materiais. Reconhece-se, dentro desta perspectiva, a necessidade de orientar os chamados “novos materiais” para atingir questões de sustentabilidade no projeto. Deve-se conhecer suas propriedades e ter previsibilidade de seus comportamentos para um uso racional que vise a redução do impacto ambiental (MANZINI; VEZZOLI, 2002).

A aplicação de fibras naturais vegetais em compósitos é uma das inovações em materiais de grande valia ao design de produtos, sobretudo nos países em que há abundância de materiais regionais com subutilização. O Brasil oferece muitas alternativas no que diz respeito a fibras naturais vegetais e estas vem sendo bastante exploradas, principalmente aquelas cuja renovação dá-se de forma rápida e de maneira pouco prejudicial, preservando a resiliência do ecossistema (SAVASTANO JR, 2000).

Levando em consideração os aspectos supracitados, a presente pesquisa teve como objetivo analisar a criação de compósitos da fibra vegetal amazônica tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn.) com a resina epóxi-vinil-éster como potencial material sustentável para o design de produtos, segundo a óptica de projeto de produto sustentável defendida por Manzini e Vezzoli (2002). Para tanto, analisou-se uma adaptação do ciclo de vida da criação do material, com o propósito de apreender as fases que diferenciam a entrada, a permanência e a saída do compósito como uma alternativa sustentável para o mercado.

2. Compósitos como uma alternativa de material sustentável

A conscientização a respeito dos problemas ambientais tem crescido nas últimas décadas e conduzido a uma maior discussão e reorientação dos comportamentos sociais e industriais. Entre os requisitos gerais para se alcançar a sustentabilidade, ressalta-se que o design de produtos deve aproveitar-se da utilização de recursos renováveis. A busca por materiais sustentáveis tem levado empresas a repensarem sua produção e investir na pesquisa e desenvolvimento de novas alternativas (KOZLOWSKI et al., 2005).

Compósitos mostram-se uma excelente alternativa neste sentido. São materiais multifásicos que exibem uma proporção significativa de ambas as partes que o compõem. Há duas fases distintas: uma denominada matriz, a qual é contínua e envolve outra fase, chamada de dispersa. Com a combinação das duas fases adquire-se um novo material com melhores combinações de qualidades (CALLISTER, 2005).

Manzini trata compósitos como: “(...) significa escolher os materiais com as características mais apropriadas e dispô-los segundo uma geometria adequada na macroestrutura daí resultante” (MANZINI, 1993, p. 87). Também aborda que a combinação de materiais visando novos comportamentos vem sendo realizada ao longo de toda a história da técnica, desde o trabalho de artesãos até o ponto em que as teorias sobre a matéria e o seu comportamento culminaram na gestão complexa dos materiais, com alta carga de experiências acumuladas.

Como fase dispersa em compósitos, a utilização de fibras vegetais é de grande importância ecológica. Fibras vegetais como tururi, curauá, juta, palha da costa, coco, bambu e sisal vêm sendo usadas como materiais de reforço em diversos estudos e pesquisas acadêmicas, apresentando a vantagem da simplicidade de produção e versatilidade (OLIVEIRA, 2011), (CALEGARI; OLIVEIRA; LENZ, 2014), (RODRIGUES; SOUZA; FUJIYAMA, 2015), (BARAUNA; RAZERA; HEEMANN, 2015).

Além das propriedades mecânicas elevadas em termos de resistência à tração e leveza, essas fibras têm vantagens em termos de baixos custos de produção, abundância natural, biodegradabilidade, alto grau de renovação, baixas emissões de poluentes e baixo consumo de energia para a sua produção e descarte (BORRI et al., 2013). Os custos para a produção e eliminação, no fim da sua vida, são significativamente menores do que para um material compósito com fibras sintéticas tradicionalmente utilizadas (BORRI et al., 2013), (FUENTES et al., 2014), (RODRIGUES; SOUZA; FUJIYAMA, 2015).

Entretanto, existem também problemáticas associadas à utilização de fibras naturais, como as suas fraquezas inerentes: a acentuada variabilidade nas propriedades mecânicas e baixa estabilidade dimensional, alta sensibilidade a efeitos ambientais (variações de temperatura da umidade), seções transversais de geometria complexa e não uniforme, propriedades mecânicas modestas em relação aos materiais estruturais tradicionais, entre outras (MEDEIROS et al., 2016). Além disso, a produção de fibras vegetais tem implicações sociais importantes, como o fortalecimento das culturas rurais onde são cultivadas e/ou extraídas. Por esse motivo, a pesquisa nesta área é extremamente relevante e deve levar em consideração todos esses agentes e questões (SWAMY, 1990).

3 Metodologia

O objetivo desta pesquisa foi analisar a criação de compósitos da fibra vegetal amazônica tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn.) com a resina epóxi-vinil-éster como potencial material sustentável para o design de produtos. Foi considerada a óptica de projeto sustentável de Manzini e Vezzoli (2002) e analisou-se uma adaptação do ciclo de vida da criação do compósito, com o propósito de apreender as várias fases que diferenciam a entrada, a permanência e a saída do material para o mercado. Na figura 1 o

modelo de ciclo de vida utilizado como base para análises, optou-se por reduzir e excluir algumas fases, por se tratar do desenvolvimento de um material e não de um produto:

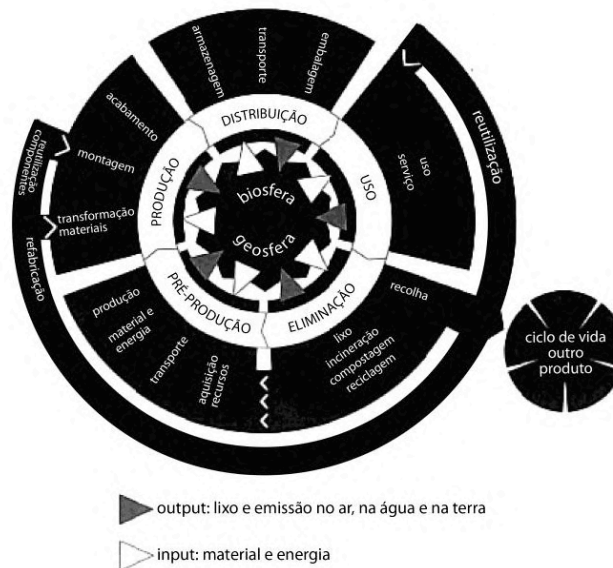


Figura 1: Ciclo de vida do produto. Fonte: Manzini e Vezzoli (2002).

Para melhor organização, o material foi analisado seguindo as fases descritas abaixo.

3.1 Pré-produção

Diz respeito à produção do material, com a aquisição dos recursos, o transporte dos recursos do local de aquisição ao de produção e a transformação dos recursos materiais em energia.

3.2 Produção

É referente à transformação dos materiais, montagem e acabamento. Por se tratar de técnicas artesanais, esta etapa foi adaptada para melhor aplicabilidade. Foi levada em consideração para análise a confecção de compósitos poliméricos com o método de infusão a vácuo. O processo de produção dos compósitos baseia-se em Seyam et al. (2017). Esta fase deve ocorrer em laboratórios para o devido controle científico. Dividiram-se as análises em transformação do material, montagem e acabamento.

Na transformação do material estão abarcadas a pesquisa, o desenvolvimento, o projeto, controles produtivos e gestão das etapas. Foi considerado para tanto, o processo de beneficiamento do material fibroso de tururi. São englobadas a limpeza, classificação, medição e pesagem das amostras, além da preparação do material para utilização nos compósitos (MONTEIRO; DANTAS; YOJO, 2021).

3.3 Descarte

Diz respeito à eliminação do material, sobre as possibilidades de reuso, reciclagem ou o seu despejo.

4 Resultados e discussão

Como mencionado anteriormente, para compreender o ciclo de vida do compósito de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster é necessário adaptar o modelo proposto por Manzini e Vezzoli (2002), tendo em vista que se trata de um material e não um produto e que não há estudos que aprofundem a interação entre a matriz e a fase dispersa. O modelo abaixo (figura 2) foi concebido para que os assuntos tratados em sequência sejam melhor visualizados, como cadeia de produção e descarte do material.

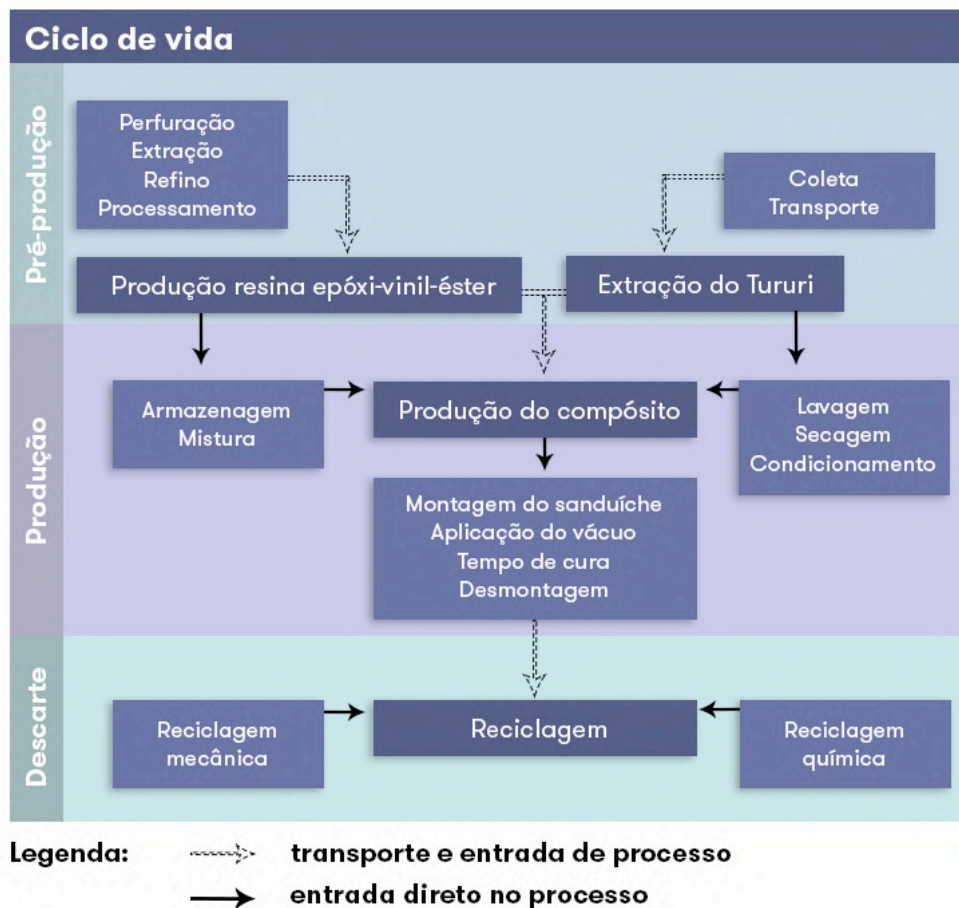


Figura 2: Ciclo de vida do compósito de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster.
Fonte: elaborado pelos autores.

4.1 Pré-produção

Quanto à pré-produção dos compósitos, primeiramente foi analisada a aquisição dos recursos. Os espécimes do material fibroso tururi foram coletadas na região do entorno da cidade de Muaná – Pará (raio de 5000 m a partir de S $-1^{\circ} 20' 40.3506''$ W $-49^{\circ} 17' 45.3948''$), que faz parte do arquipélago do Marajó. A obtenção do material vegetal pesquisado não necessita de autorização do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) ou de qualquer outro órgão ambiental federal ou estadual, posto tratar-se de material normalmente comercializado na região do Pará (Brasil) e cuja compra e posse não possui qualquer restrição legal em nenhum dos Estados brasileiros (MONTEIRO; BARUQUE-RAMOS, 2016).

As palmeiras são encontradas de maneira dispersa nas matas de várzea (aquelas que são periodicamente inundadas). Este fator dificulta o processo de extração, já que é necessário que moradores da região com grande conhecimento da área apontem onde estão as palmeiras. Não há conhecimento até o presente momento de projeto de silvicultura da palmeira de Ubuçu.

A coleta é feita de maneira artesanal pela população ribeirinha, que utiliza métodos tradicionais para o corte, como facões e peçonhas. O transporte até o local de extração é feito através de pequenas embarcações, o tipo mais comum de transporte na região do arquipélago do Marajó. Na figura 3 é ilustrado um morador fazendo a extração utilizando facão. De acordo com Manzini e Vezzoli (2002) pode-se classificar esta primeira fase como de utilização de recursos primários renováveis. Depois de serem recolhidos nas várzeas, os sacos são colocados em pacotes e transportados da cidade de Muaná para a capital Belém, em uma viagem de 5 a 6 horas.



Figura 3: Extração do tururi da palmeira Ubuçu. Fonte: Monteiro e Baruque-Ramos (2016).

O processo em geral é lento (não há embarcação entre Muaná e Belém todos os dias) e totalmente dependente da população ribeirinha. Em 2020, o saco do tururi tinha um alto custo, de R\$5,00 (cinco reais) por espécime.

4.2 Produção

A produção de um compósito polimérico de tururi com resina epóxi-vinil-éster e método de infusão a vácuo inicia-se com a limpeza, classificação, medição, pesagem e corte em tamanho padrão dos espécimes. Este método pode ser seguido para outras fibras vegetais que não necessitem de tratamento químico para sua utilização.

Os espécimes foram medidos com fita métrica e sua espessura medida em seis diferentes pontos com um micrômetro Mitutoyo (modelo MC-004) devido a uniformidades no material. Na figura 4 é apresentado o esquema de medição e detalhe do procedimento:

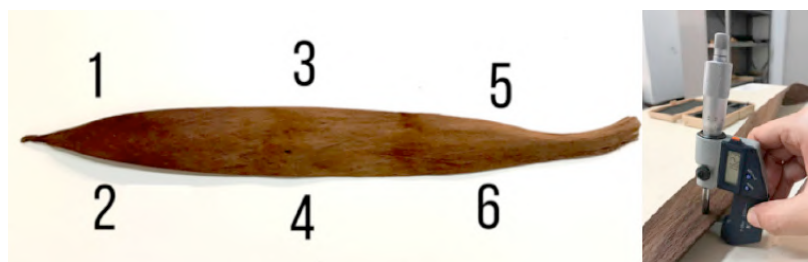


Figura 4: Medição de espessura das amostras. Fonte: Monteiro, Dantas e Yojo (2021).

O passo seguinte é manter os espécimes imersos em água corrente por 24 horas. As fibras vegetais quando em contato com a água, em forma líquida e vapor, incham devido à absorção de água, o que facilita o trabalho de limpeza. Após o período determinado de 24 horas, os espécimes foram recortados em sentido vertical, preservando as partes menos danificadas pelos agentes naturais (figura 5).



Figura 5: Exemplo de espécime antes de ser recortado. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir desse momento o tururi é escovado com uma escova de cerdas delicadas, pesado e mantido em estufa com circulação e renovação de ar (Marconi, modelo MA 035). Como critério de secagem e medição da umidade, a temperatura foi fixada em 45° C, com primeira medição da massa da amostra após 24 horas e a segunda medição 6 horas depois. O valor da diferença de 1% entre as duas massas foi definido como o critério de parada e retirada da estufa. Finalizado este processo, os espécimes foram mantidos em ambiente climatizado pelo condicionador de ar (Diamont, Modelo Vega) a 20°C e umidade relativa de 65%.

4.2.1 Montagem

A laminação por infusão a vácuo é uma técnica de injeção de resina alternativa aos processos manuais em molde aberto para criação de compósitos. O processo caracteriza-se pela utilização de um molde flexível, o qual é submetido à pressão do vácuo para injetar a resina para o interior do material de reforço (LOPES, 2009). Na Figura 6, esquematização do processo para a fibra de tururi:

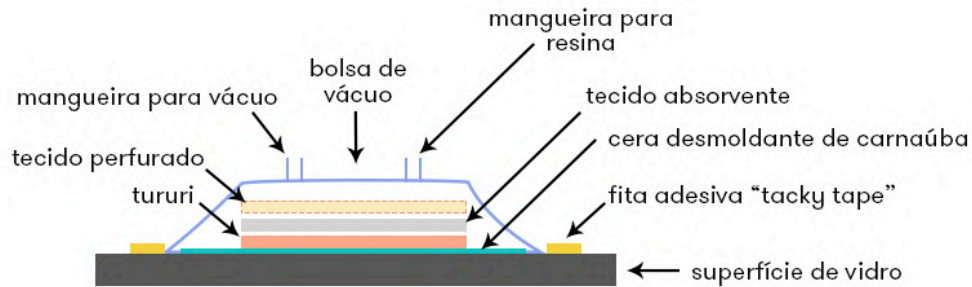


Figura 6: Esquema representativo do processo de laminação a vácuo. Fonte: elaborado pelos autores.

A montagem do compósito é do tipo sanduíche e segue as seguintes etapas: aplicação de cera desmoldante de carnaúba; organização das amostras de tururi de acordo com o layout planejado; proteção das amostras com tecido desmoldante de poliamida, malha plástica flexível e tecido perfurado; montagem de mangueiras e tubo em espiral de meia polegada, para inserção da resina e aplicação do vácuo; camada final de filme de vácuo com 75 microm de espessura. Após a selagem com fita adesiva apropriada, o sistema é conectado a uma bomba de vácuo usada para remover o ar existente dentro da cavidade do molde. Após o período de verificação de aplicação do vácuo, a mangueira conectada ao sistema é aberta e a resina é dispersa no sanduíche.

Esta técnica foi utilizada pois proporciona uma estrutura mais leve e forte aos compósitos, quando comparado testes de tração e impacto para compósitos do mesmo tipo fabricados com o método de compressão (OLIVEIRA, 2011), (SEYAM et al., 2017), (MIDANI et al., 2018). Há uma melhor compactação do laminado por conta da pressão atmosférica, com maior impregnação de resina com a fase dispersa (o tururi). Na figura 7, o sistema para infusão a vácuo montado e o resultado obtido.

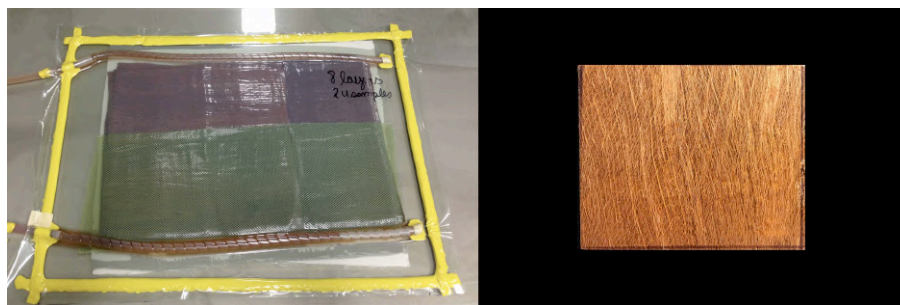


Figura 7: Processo de laminação a vácuo e compósito resultante. Fonte: elaborado pelos autores.

Deve-se, todavia, atentar para as dificuldades ao se trabalhar com fibras naturais neste tipo de compósito. O material vegetal difere bastante entre si, suas qualidades dependem de fatores de difícil controle, como a alta sensibilidade a fatores ambientais relacionados ao crescimento do espécime, a vulnerabilidade à ataque de animais, entre outros. Por isso, uma análise visual anterior à montagem dos compósitos é essencial, para que somente espécimes com peso e características equivalentes possam ser utilizados.

Outro fator é a dificuldade de controle sobre o material durante a montagem do saco. Quando é imposto vácuo no compósito, pode haver movimentação do material, já que não são utilizadas colas ou outras formas de fixação do material no molde. Apesar da qualidade do compósito, deve-se apontar algumas problemáticas relacionadas à sua confecção pelo método de infusão a vácuo. Primeiramente, o processo gera uma quantidade significativa de lixo, pois utiliza diversos componentes descartáveis, como o saco de vácuo, as fitas adesivas, mangueiras e tecidos absorventes. Estes devem sofrer um descarte diferenciado, pois contém resíduos químicos após o processo.

4.2.2 Acabamento

O acabamento final dos compósitos é diretamente relacionado aos itens consumíveis utilizados durante a montagem do sanduíche no processo de infusão a vácuo. O lado que entra em contato com a cera desmoldante (ou filme plástico desmoldante) é favorecido, tendo um aspecto brilhante e mais uniforme. O lado oposto, em contato com os tecidos respiradores e de tela de dispersão, tem alteração em seu visual. Perde grande parte do apelo estético como é possível notar na comparação entre as duas faces exposta na figura 8.



Figura 8: Diferença entre os dois lados do compósito. Fonte: elaborado pelos autores.

Sobre o corte da placa de tururi, foram testados cortes com serra circular de bancada. De acordo com a metodologia apresentada por Porto et al. (2020), constatou-se que o material é facilmente cortado com esse tipo de serra, não requerendo qualquer tipo de preparação de superfície e mantendo a área cortada com poucas rebarbas e vazios. A área cortada apresenta aspecto áspero e opaco e não há deslocamento de fibra/matriz ou remoção de fibras pela serra (figura 9).



Figura 9: Análise de corte no compósito. Fonte: elaborado pelos autores.

4.3 Descarte

A etapa de descarte considera, neste estudo, o material compósito finalizado. De acordo com Manzini e Vezzoli (2002), não se pode falar do fechamento completo do ciclo de vida. Para este tipo de material, o descarte mais comum é a reciclagem, que é um processo que consome uma quantidade significativa de energia.

Primeiramente, pode-se citar como solução a reciclagem mecânica para conversão dos resíduos poliméricos em grânulos. Outra alternativa é separar a matriz da fase dispersa através da reciclagem química, que é a decomposição dos resíduos por meio de processos químicos ou térmicos. São necessários estudos apropriados para compreender a melhor forma de se reciclar o compósito de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster (KERSTING; MARINUCCI; MARINUCCI, 2012) e (MEDEIROS et al., 2016).

5 Conclusões

O presente estudo buscou analisar o ciclo de vida do compósito de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster, adaptando o modelo proposto por Manzini e Vezzoli (2002). Sobre a pré-produção, pode-se afirmar que o processo de obtenção do material, em primeiro lugar, tem aspectos sociais que devem ser levados em consideração, principalmente pela dificuldade de acesso e extração dos espécimes e do deslocamento na região amazônica. Recomenda-se que a produção dos compósitos de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster seja planejada para o uso em produtos de baixa tiragem em produção local, de modo a favorecer os pequenos produtores da região e minimizar o deslocamento da fibra e impacto de sua retirada no meio ambiente.

Quanto à limpeza, beneficiamento e preparo da fibra natural, ressaltamos que os processos descritos têm impacto mínimo, pois não utilizam produtos químicos e geram apenas resíduos orgânicos. Para a manutenção de qualidade de desempenho do material, é necessário estabelecer os critérios anteriormente citados. Quanto à resina epóxi-vinil-éster, esta é a parte frágil deste material e que gera maior capacidade de poluição e resíduos sólidos ao meio ambiente após o descarte, por se tratar de uma resina proveniente do petróleo. Por esse motivo, sugere-se a realização de pesquisas sobre a reciclagem da resina epóxi-vinil-éster associada a fibras naturais vegetais e também recomenda-se a utilização de resina de mamona, um polímero considerado ecológico, por não ser originado de fontes petrolíferas.

Compósitos poliméricos com fibras vegetais vêm sendo estudados com frequência devido às inúmeras possibilidades que geram para a criação de novas alternativas com baixo custo e baixa energia de produção. É essencial, assim, reforçar que futuramente outros estudos serão desenvolvidos, objetivando compreender o desenvolvimento do material em questão visando a sustentabilidade no projeto, através de completa caracterização física, análise de ciclo de vida, trabalhabilidade do material e suas possíveis aplicações.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e à sua fundação (FIPT) pelo apoio financeiro e institucional, por meio do Programa Novos Talentos.

Referências

- BARAUNA, D.; RAZERA, D. L.; HEEMANN, A. Seleção de Materiais no Design: Informações Necessárias ao Designer na Tomada de Decisão para a Conceituação do Produto. *Design & Tecnologia*, Curitiba, v.5, n.10, p. 1-9, dez. 2015.
- BORRI, A.; CORRADI, M.; SPERANZINI, E. Reinforcement of wood with natural fibers. *Composites Part B Engineering*, v.53, p. 1-8, abr. 2013.
- CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F.; LENZ, D. M. O desenvolvimento de produtos a partir de novos materiais: a aplicação de biocompósitos no design de produtos. *Projética*, Londrina, v.5, n. 2, p. 127- 150, dez. 2014.
- CALLISTER, Jr. W.D. *Materials Science and Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- FUENTES C. A.; BECKERS, K.; PFEIFFER, H.; TRAN, L.Q.N.; DUPONT-GILLAIN, C.; VERPOEST, I.; VAN VUURE, A.W. Equilibrium contact angle measurements of natural fibers by an acoustic vibration technique. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 455, p. 164–173, maio 2014.
- KERSTING, D. F.; MARINUCCI, G.; WIEBECK, H. Reciclagem De Compósitos Carbono/Epóxi: Uso De Reciclagem Química Associada a Outros Métodos. *In: CBECIMAT- Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, 20., 2012, Joinville, SC: 2012, p. 11907-11914. Disponível em: <https://ipen.br/biblioteca/2012/cbecimat/18414.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2021.
- KOZLOWSKI, R.; BARANIECKI, P.; BARRIGA-BEDOYA, J. Bast fibres (flax, hemp, jute, ramie, kenaf, abaca). *In: BLACKBRUN, R. S. (Ed.). Biodegradable and sustainable fibres*. Cambridge: Published by Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2005. cap. 2, p. 36-88.
- LOPES, I. A. F. Estudo do processo de infusão a Vácuo em materiais compósitos: produção de tampa de bagageira para autocarro. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2009.
- MANZINI, E. *A Matéria da Invenção*. Lisboa: Porto Editora, 1993.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. 1.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MEDEIROS, D. L.; TAVARES, A. O. C.; ROZADOS, I. L. G.; DOS SANTOS, E. S.; VIANA, J. D. Ciclo de Vida de Compósitos com Fibras Vegetais: Uma Análise Qualitativa das Emissões de Gases Efeito Estufa (GEE) do Compósito de Polipropileno com Fibra de Sisal Medeiros. Revista Virtual de Química, v. 8, n. 4, p. 1166-1180, 2016.

MIDANI, M.; SEYAM, A. F. M.; MONTEIRO, A.S.; BARUQUE-RAMOS, J. Effect of structural parameters on the impact properties of multilayer composites from Tururi palm (*Manicaria saccifera* Gaertn.) fibrous material. Journal of Natural Fibers, v.17, n. 2, p. 284-297, 2018.

MONTEIRO, A.S.; BARUQUE-RAMOS, J. Amazonian Tururi Palm Fiber Material (*Manicaria saccifera* Gaertn.). In: FANGUEIRO, R.; RANA, S. (Ed.). Natural Fibres: Advances in Science and Technology Towards Industrial Applications. Germany: RILEM Bookseries, 2016. p. 127-138.

MONTEIRO, A. S.; DANTAS, D.; YOJO, T. Preparation of Amazonian Palm Tree Fiber (*Manicaria saccifera* Gaertn.) for Composite Materials. U.Porto Journal of Engineering , v.7, n.2, p. 31-26, 2021.

OLIVEIRA, A. K. F. Estudo da viabilidade técnica de utilização do composito poliuretano de resina de mamona e fibra de ubuçu na fabricação de pisos e revestimentos. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

PORTO, J. S.; ANGRIZANI, C. C.; CALEGARI, E. P.; AMICO, S. C.; DUARTE, L. C. Polyester/paper composites: study of manufacturing techniques for product development. Revista Matéria, v. 25, n. 3, 2020.

RODRIGUES, J.; FUJIYAMA, R.; SOUZA, J. A. Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais da Amazônia fabricados por infusão. Revista Matéria, v. 20, n. 4, p. 946– 960, 2015.

ROGNOLI, V.; AYALA-GARCÍA, C. Materia emocional. Los materiales en nuestra relación emocional con los objetos. RChD: creación y pensamiento, v. 3, n. 4, p. 1–15, 2018.

SAVASTANO JR, H. Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: Reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. Tese de Livre-Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000. 144p.

SEYAM, A. F. M.; MONTEIRO, A. S.; MIDANI, M.; BARUQUE-RAMOS, J. Effect of structural parameters on the tensile properties of multilayer 3D composites from Tururi palm tree (*Manicaria saccifera* Gaertn) fibrous material. Composites Part B, v. 111, p. 17-26, 2017.

SWAMY, R. N. Vegetable fibre reinforced cement composites—a false dream or a potential reality?. In: SOBRAL H.S. (Ed.). Vegetable Plants and their fibres as Building Materials. Londres: Chapman and Hall, 1990. cap.1, p.1-3

REDESIGN DE FERRAMENTAS MANUAIS PARA O CULTIVO AGRÍCOLA A PARTIR DO MÉTODO BIOMIMÉTICO

REDESIGN OF HAND TOOLS USED IN AGRICULTURAL CULTIVATION THROUGH THE BIOMIMETIC METHOD

Itamar Ferreira da Silva, Doutor, Universidade Federal de Campina Grande

itamar@design.ufcg.edu.br

Daniel Ferreira Alves, Graduando, Universidade Federal de Campina Grande

danielalves672@gmail.com

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o uso do método biomimético no redesenho de ferramentas agrícolas manuais que são utilizadas em atividades do campo. Usando como referências os dispositivos naturais identificados como garras, unhas, bicos, cascos e presas de animais presentes no semiárido e zona da mata nordestina, foi elaborado um quadro de analogias dividido em ferramenta, função, animal, sistema e anatomia do sistema. A partir deste quadro foi possível realizar o redesenho das ferramentas levando em consideração o processo metodológico do design de produto. Como resultado final, verifica-se visualmente melhoria formal e estética dos artefatos modificados, todavia há a necessidade de realização de prototipagem para testes e análises quanto a funcionalidade, viabilidade produtiva e usabilidade das ferramentas no trabalho rural.

Palavras-chave: Biomimética; Redesign; Ferramentas manuais; Cultivo agrícola.

Abstract

The present paper aims to demonstrate the use of the biomimetic method in the redesign of agricultural hand tools used in rural activities. Using as references natural devices such as the claws, nails, beaks, hooves, and fangs of animals that inhabit the semi-arid and Zona da Mata regions in Northeastern Brazil, a framework of analogies was devised and divided into tool, function, animal, system and system anatomy. From this framework, it was possible to redesign the tools taking into account the methodological process of product design. As a final result, it is possible to visually verify shape and aesthetic improvements of the redesigned artifacts; however, there is a need for prototype testing and analyses regarding functionality, production viability, and usability of the tools in rural work.

Keywords: Biomimetics; Redesign; Hand tools; Agricultural cultivation.

1. Introdução

O homem tem sido capaz de criar produtos e solucionar problemas tendo como lógica a reprodução de padrões e estratégias das estruturas biológicas. A Biomimética (de bios, significando vida, e mimesis, significando imitação) é constituída por um método inovador cujo objetivo é criar produtos, processos e políticas de desenvolvimento sustentável baseados nos modos de vida que estão bem adaptados à vida na terra durante o longo período de evolução dos seres vivos (BIOMIMICRY GUILD, 2006).

A biomimética é definida como uma técnica de reprodução dessas características da natureza visando o desenvolvimento de soluções simples e eficientes para os mais diversos problemas do ser humano. Segundo Benyus (2010) o principal segredo da natureza é que ela produz seus materiais em condições favoráveis a vida.

Como um campo de pesquisa, o biomimetismo vai muito além das simples imitações. Não consiste em replicar apenas as formas, mas compreender como os organismos funcionam e se mantêm. É ver a **natureza como mentora**, e assim aprender com ela (BENYUS, 2010).

Esta abordagem vem acompanhando a humanidade em todo seu processo de evolução, destacando-se o meio rural, principalmente por sua proximidade com a natureza. Neste ambiente, o homem do campo aprendeu desde cedo a observar os animais e as plantas, suas funções, formas, ritmos e ciclos, e por analogia se apropriou dessas oportunidades evolutivas em seu benefício. Biqueiras de água baseadas no escoamento d'água das folhas e cabanas de lenha que são inspiradas nos ninhos de pássaro, são alguns dos exemplos que podem ser citados.

A partir de uma observação prévia, verifica-se que as ferramentas que são utilizadas na agricultura, voltadas para o âmbito familiar e de subsistência possuem forma bastante tradicional e rudimentar, havendo a possibilidade de uma intervenção biomimética para sua atualização levando em consideração sistemas naturais de animais.

2 Ferramentas manuais e animais do Semiárido e Zona da Mata Nordestina

As ferramentas manuais como picareta, foice, pá, enxada e ancinho são bastante importantes para a agricultura, principalmente para o cultivo agrícola de subsistência. Esses objetos auxiliam, facilitam e servem para tarefas específicas como cavar buracos e valas, quebrar pedras e troncos, cortar galhos e vegetação, capinar etc. Essa agricultura, caracterizada pelo uso de técnicas rudimentares e tradicionais, é comum em países e regiões mais subdesenvolvidas, como o interior do nordeste brasileiro, onde muitas famílias trabalham e dependem dessa modalidade.

Para os agricultores que praticam a agricultura extensiva, qualquer melhoria nessas ferramentas pode trazer bons resultados durante a colheita, o plantio e em outras tarefas como o corte de lenha. Em decorrência do processo de fabricação dessas ferramentas que visa o menor custo possível, elas apresentam um formato tradicional e arcaico, percebe-se também a existência de problemas ergonômicos como questões de peso, falta de apoio para seu manejo, dentre outros.

Para o redesenho das ferramentas é necessário estudar suas funções e a sua importância para a agricultura, só assim será possível fazer analogias com alguns animais que possuem sistemas naturais para escavar, perfurar, remover e revolver a terra. Esses animais terão

seus mecanismos funcionais analisados (exemplo: patas, garras, unhas, cascos etc.), para a transposição das suas características para as ferramentas.

| | |
|---|---|
|  | <p>PICARETA: Possui duas “cabeças”, (1) serve para cavar terrenos duros, fazer buracos e vala. (2) mais pontiagudo, tem função principal de arrancar e quebrar pedras. Seu principal uso é nos roçados, cavando buracos, retirando pedras, tocos de árvores e raízes grossas.</p> |
|  | <p>FOICE: Constituída por uma lâmina de ferro em forma de arco, presa a um cabo de madeira. Tem como função principal o corte de madeira, galhos, folhagens, etc. Serve prioritariamente para o corte de lenha e auxilia na capinação do campo.</p> |
|  | <p>PÁ: Composta por uma chapa de ferro, um cabo de madeira e um apoio para a mão do usuário. É utilizada para cavar, carregar detritos, etc. Algumas pás possuem a chapa de ferro reta e quadrada que servem mais para juntar resíduos. As pás que tem formato parecido com um “bico” servem para cavar o solo.</p> |
|  | <p>ENXADA: Confeccionada em chapa de ferro larga, achatada e resistente, e um cabo de madeira geralmente grande. Tem como função capinar, cavar buracos, etc. Na agricultura é manuseada principalmente para cavar “covas” que são os buracos onde se colocam as sementes dos grãos, para limpar o solo e arrancar ervas-daninhas.</p> |
|  | <p>ANCINHO: Sendo constituído por uma travessa dentada e de um cabo de madeira geralmente longo. Tem como função juntar e arrastar resíduos como palhas, folhas e feno.</p> |

Quadro 1: Ferramentas Manuais. Fonte: elaborado pelos autores.

3 Animais do Semiárido e da Zona da Mata Nordestina e Suas Ferramentas Naturais

Para relacionar as ferramentas com a fauna nordestina, foi necessário identificar analogias entre as funções dos artefatos manuseados na agricultura de subsistência, com as características funcionais dos animais na atividade de cavar, cortar, furar, agarrar, etc. Para isso, foi realizada uma visita ao Centro de Ciências Exatas e da Natureza do Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba no Campus João Pessoa, onde foram disponibilizadas amostras taxonômicas de animais para registro fotográfico das patas, garras, unhas, bicos, dentes e cascos.

| | Animal | Ferramenta natural |
|---|--|---|
| TAMANDUÁÍ: As garras dos membros anteriores são especialmente adaptadas para se deslocar pelo ambiente arbóreo, também servem para abrir pequenos buracos nas árvores visando alcançar os insetos para a sua alimentação. Nas “mãos” ele possui duas garras, sendo que a menor serve como um polegar, auxiliando a outra garra em seus movimentos. |  |  |
| TATOUAY: Possui cinco dedos. Nos membros anteriores as unhas são grandes e falciformes, a do meio é maior e possui a forma de uma “lâmina”. Por causa de suas garras ele é um ótimo escavador. |  |  |
| TAMANDUÁ DE COLETE: As patas anteriores são bem desenvolvidas com quatro dedos e garras enormes. A garra do meio é a principal servindo como defesa e para escavar formigueiros, cupinzeiros e colmeias. |  |  |
| BOI: apresentam dois dígitos (dedos) em cada membro. Essa parte do corpo é utilizada para a fabricação de ração, sabão e artesanato |  |  |

Quadro 2: Animais e ferramentas naturais. Fonte: elaborado pelos autores.

| | Animal | Ferramenta natural |
|--|--|---|
| <p>BODE: Os caprinos possuem oito dentes incisivos. Esses dentes apresentam perto da sua raiz uma base mais grossa que vai laminando até a outra extremidade</p> |  |  |
| <p>CORUJA TYTO: Os bicos dessas corujas são fortes, curvos e afiados, usados para rasgar a pele/carne durante a alimentação ou até para matar suas presas. As garras também são fortes e afiadas.</p> |  |  |
| <p>CARCARÁ; Devido as suas longas patas adaptadas para marchar, o carcará passa muito tempo no chão andando e até parado. Suas garras apresentam o mesmo padrão dos falcões comuns, possuem dedos longos com garras finas e afiadas, ideais para capturas de presas em voo.</p> |  |  |
| <p>FORMIGA SAÚVA: Anatomicamente as formigas apresentam três pares de pernas, um par de olhos compostos, um par de antenas e um par de fortes e afiadas mandíbulas. O par de mandíbulas compõe o seu aparelho bucal mastigador, essencial para os seus hábitos alimentares.</p> |  |  |

Quadro 3: Animais e ferramentas naturais. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Desenvolvimento do Quadro de Analogias

A partir das observações das ferramentas manuais que são utilizadas na agricultura de subsistência e de identificação dos princípios funcionais de alguns animais, foi elaborado um quadro de analogias que relaciona a função desses utensílios com os sistemas naturais dos espécimes pesquisados. Com base no quadro de analogias entre as ferramentas manuais e os dispositivos naturais dos animais, foram identificados quais sistemas e formas tinham mais relação com a função básica de cada artefato. A partir disso, foram selecionados dois modelos naturais que serviram de referência para o redesenho de cada artefato. Foram abstraídas referências funcionais e formais de cada animal selecionado para a geração de alternativas, sendo refinados de acordo com as medidas e padrões de cada ferramenta.

| Ferramenta | Função | Animal | Sistema | Anatomia do sistema |
|---|---|---|---|--|
|  <p>Picarela .</p> | <p>Cavar terrenos duros, arrancar e quebrar pedras e concreto, abrir valas e buracos.</p> |  <p>Timbu (gambá de orelha branca)</p>  <p>Tatu-peba</p>  <p>Tamanduá</p>  <p>Tamanduá de coleite</p> | <ul style="list-style-type: none"> Garras que rasgam e arrancam matérias para fazer suas tocas. Patas e garras que cavam o solo. Par de garras nas patas anteriores que escalam e furam árvores. Garras que servem como defesa e para escavar formigueiros, cupinzeiros e colmeias etc. |  <p>Garra do timbu</p>    |
|  <p>Foice</p> | <p>Cortar folhagens, madeira, galhos.</p> |  <p>formiga Saúva</p>  <p>Tatouay</p>  <p>Preguiça comum</p>  <p>Caruja Lyta</p> | <ul style="list-style-type: none"> Mandíbulas que cortam folhas e outros materiais. Garra do meio da pata anterior é maior e possui a forma de uma "lâmina". Garras curvas (formal) Bicos fortes, curvos e afiados, usados para rasgar a pele/carne durante a alimentação. |  <p>Mandíbulas da Saúva</p>    |
|  <p>Pá</p> | <p>Cavar, juntar resíduos etc.</p> |  <p>Cavalo</p>  <p>Bode</p> | <ul style="list-style-type: none"> Ossos incisivos do crânio. (formal) Dentes que capinam e a a vegetação. |  <p>Crânio, vista lateral</p> <p>Crânio pedão</p> <p>Vista inferior</p>  |
|  <p>Enxada</p> | <p>Capinar, cavar buracos etc.</p> |  <p>Boi (bovinos)</p>  <p>Boce</p> | <ul style="list-style-type: none"> Estrutura interna dos cascos/Forma dos cascos. Dentes que capinam e a a vegetação. |   |
|  <p>Ancinho</p> | <p>Coletar materiais como folhas, grama solta, palha e feno, e também em hortas para preparar a terra para o plantio.</p> |  <p>Carcará</p>  <p>Gafanhoto</p>  <p>Tatouay</p> | <ul style="list-style-type: none"> Garras e formas das patas. (formal) Pernas traseiras que possuem espinhos. (formal) Patas e garras anteriores do Tatouay que servem para cavar e arrastar terra e lama. |  <p>Garras</p>  <p>Tala</p> <p>Filum</p> <p>Cono</p>  |

Figura 1: Quadro de Analogias. Fonte: elaborado pelos autores.

5. Redesenho das Ferramentas

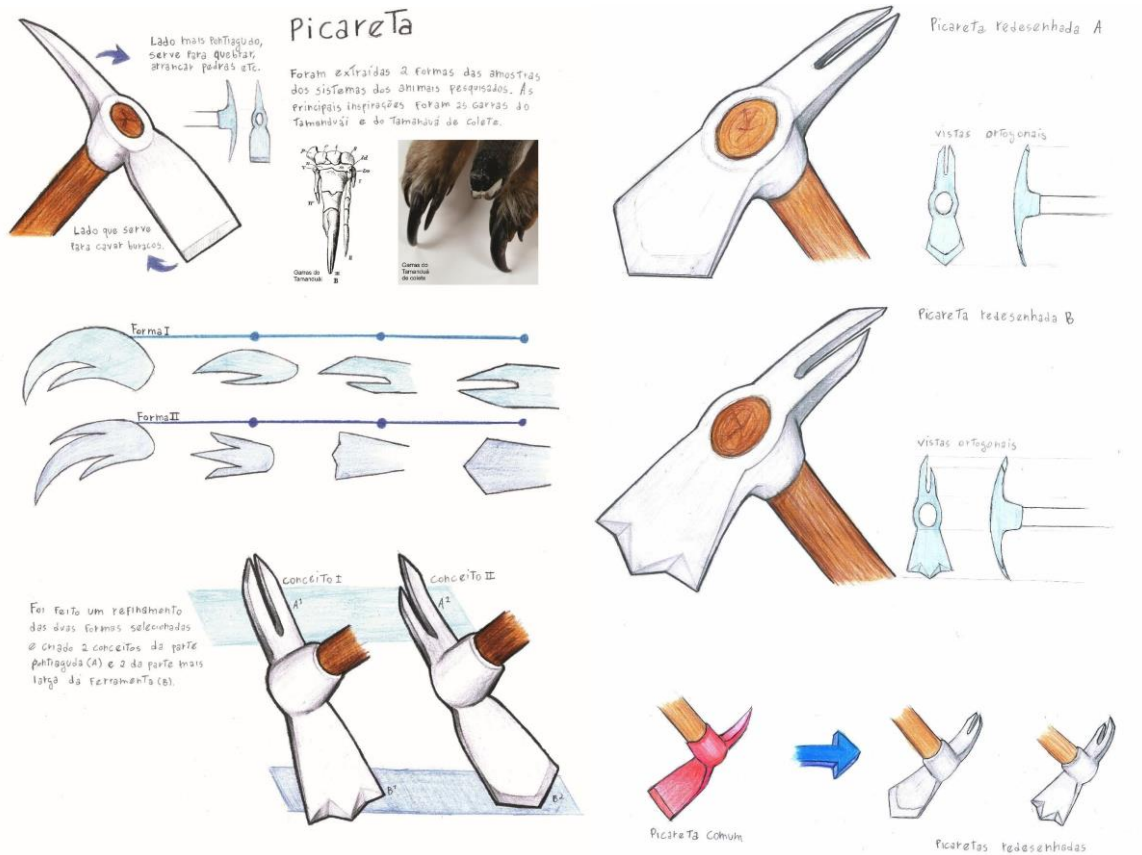


Figura 2: Redesenho da picareta. Fonte: elaborado pelos autores.

A parte mais larga da picareta (A) foi baseada na configuração formal das garras do tamanduá de colete, o que facilita a entrada da ferramenta no solo. Já a parte mais pontiaguda (B) serve para quebrar pedras etc. Foi redesenhada seguindo os princípios funcionais e formais das garras do tamanduaí, tendo uma ‘ponta’ secundária que age como a garra do animal, facilitando a retirada e a quebra de objetos.

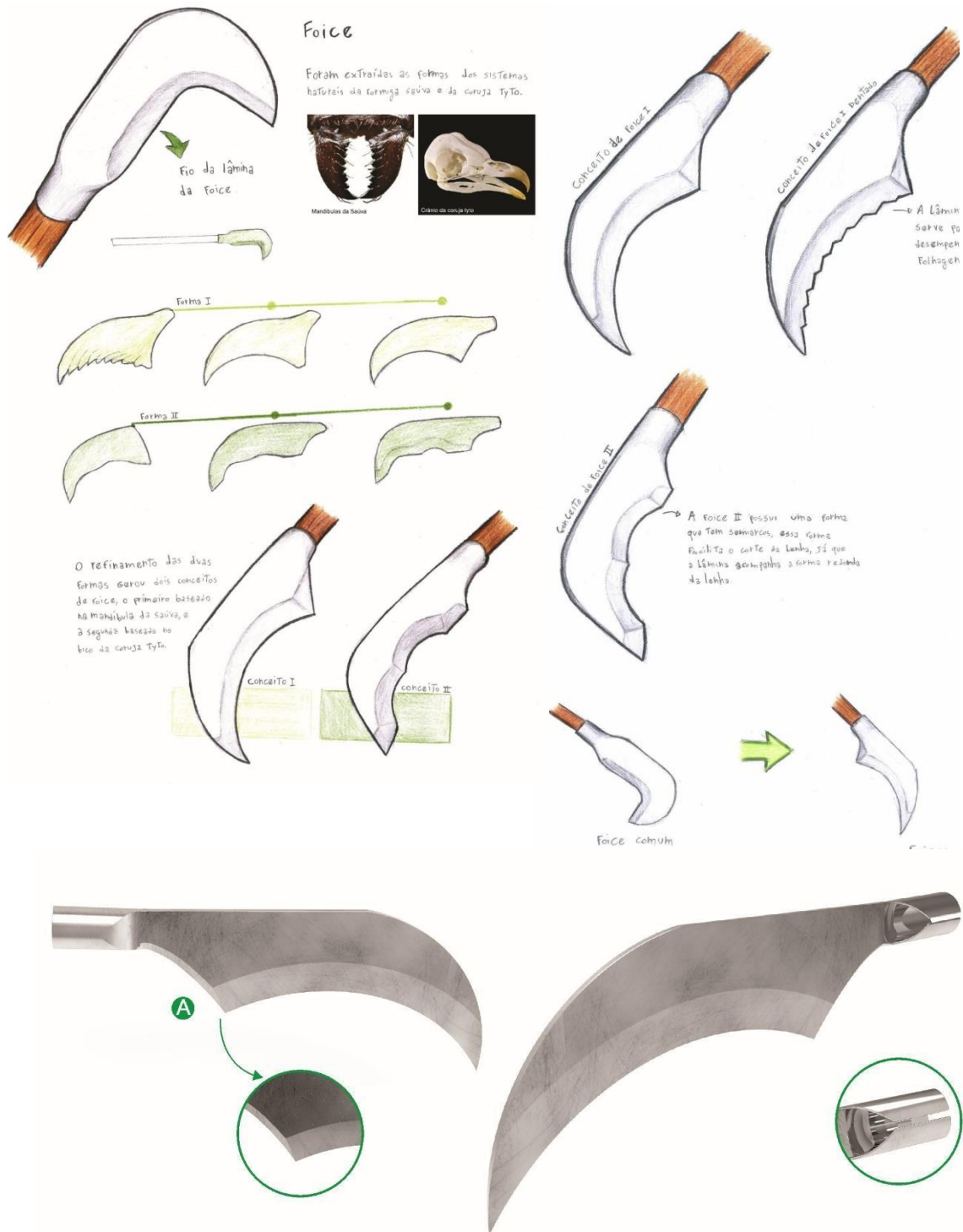


Figura 3: Redesenho da foice. Fonte: elaborado pelos autores.

A Foice foi redesenhada tendo como base as características formais e funcionais da mandíbula da formiga Saúva que é adaptada naturalmente para o corte de folhas e pequenas plantas. A lâmina possui uma ‘quina’ que facilita o corte e quebra da madeira.

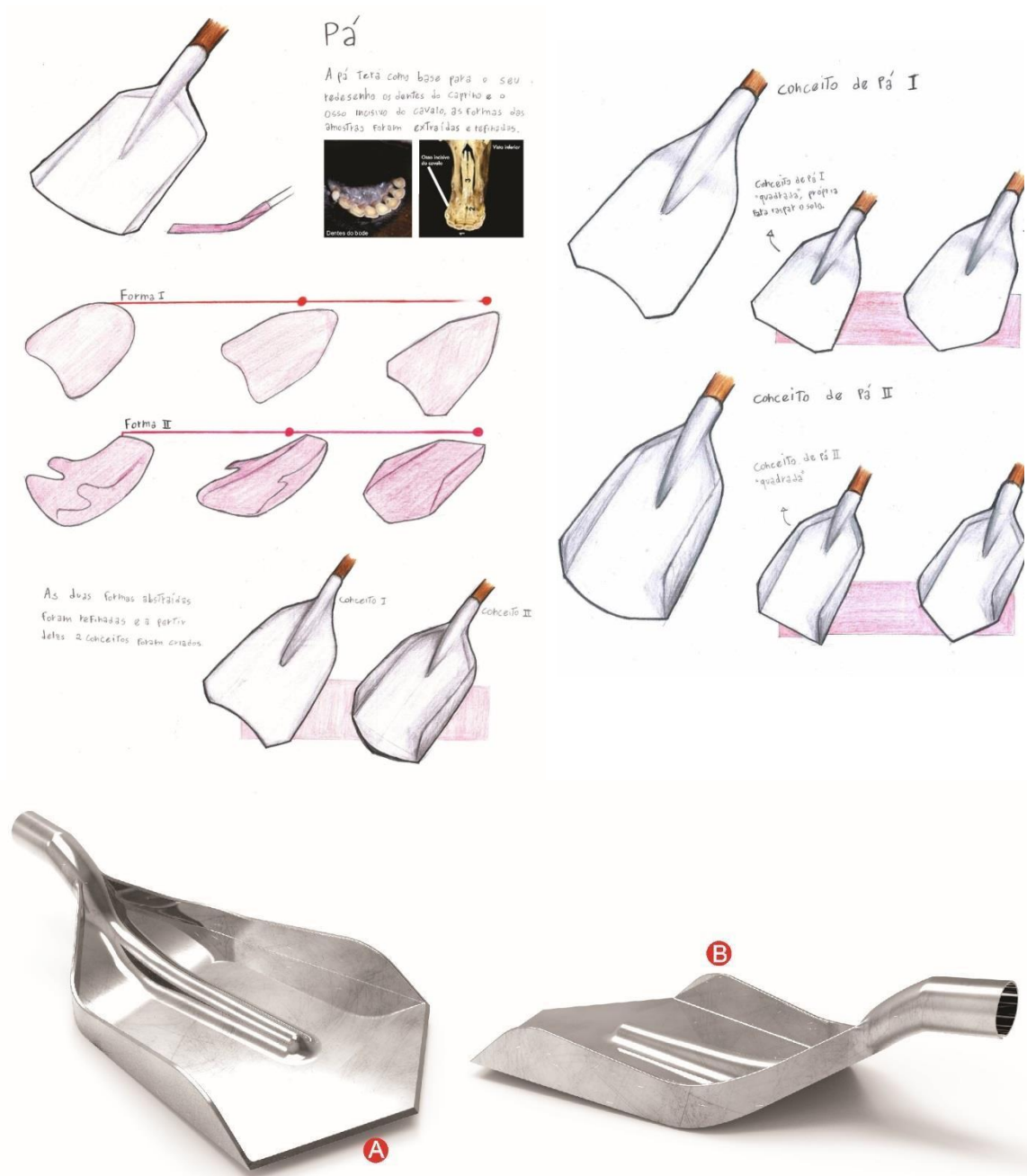


Figura 4: Redesenho da pá. Fonte: elaborado pelos autores.

A pá redesenhada teve como base de referência as características formais do osso incisivo dos equinos. Ela possui a ponta que remete a pá de bico (A), facilitando a entrada no solo quando se precisa cavar, também possui bordas em suas laterais (B), o que impede que detritos caíssem quando a pá é utilizada para carregar resíduos no geral.

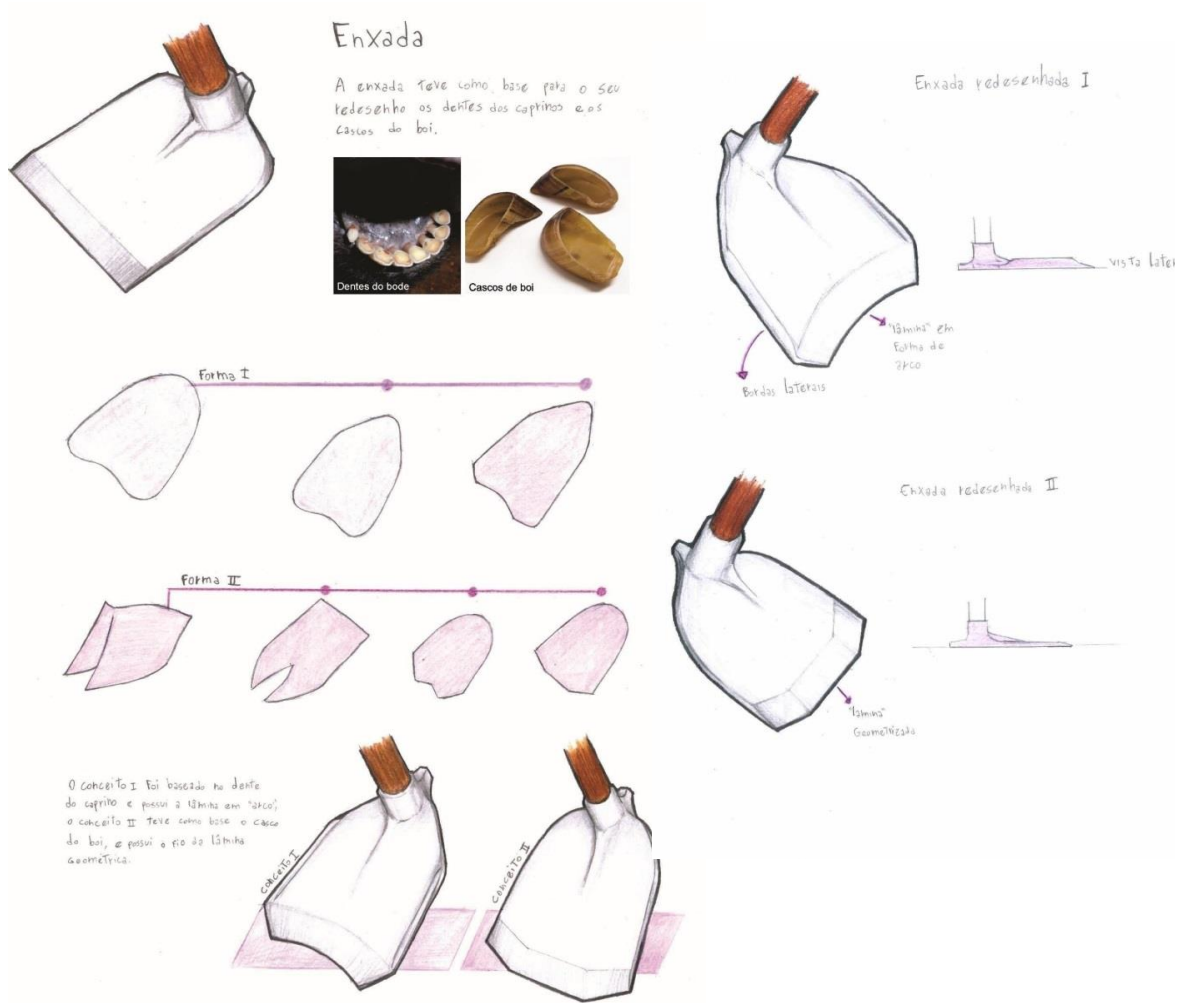


Figura 5: Redesenho da enxada. Fonte: elaborado pelos autores.

A Enxada redesenhada é a junção dos dois conceitos anteriores. Ela possui o fio da lâmina geométrica (A), o que facilita a entrada da ferramenta no solo e diminui o desgaste das bordas da enxada, há também pequenas bordas laterais (B) que auxiliam a manipulação do solo com a ferramenta.

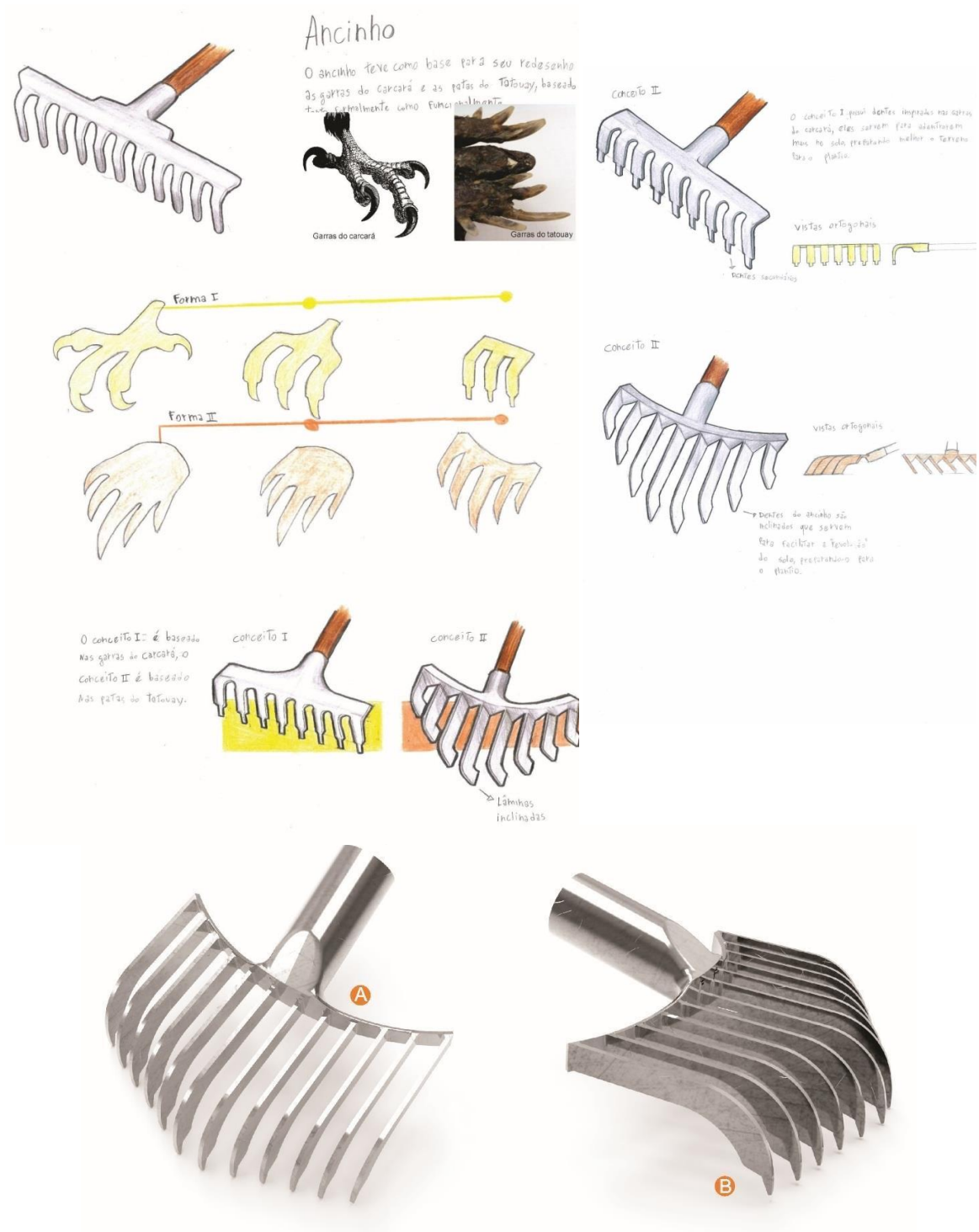


Figura 6: Redesenho do ancinho. Fonte: elaborado pelos autores.

O ancinho redesenhado teve como referência as garras do Tatouay e do Carcará. Possui a organização de seus ‘dentes’ em forma de arco (A), que por sua vez, são baseados nas garras da ave (B). Eles servem para a ferramenta adentrar mais facilmente ao solo.

6. Considerações finais

O presente trabalho teve como prioridade o estudo de elementos da natureza, especificamente voltado a sistemas naturais de animais que são típicos do semiárido brasileiro para a apropriação de suas características e funções, como cavar, rasgar, furar etc. voltadas para o redesenho das ferramentas manuais que são bastante presentes e importantes para a agricultura de subsistência. Em um ambiente de pressões seletivas, há uma tendência de que as morfologias mais eficientes tenham prevalência sobre as de menor eficiência, o comportamento mecânico e a viabilidade dos seres vivos estão intrinsecamente ligados ao seu tamanho, escala e às relações com o ambiente nos quais estão imersos. Esses pontos estudados foram excepcionalmente importantes para a concepção dos conceitos das novas ferramentas, dentre os métodos utilizados no processo desenvolvimento a analogia do conteúdo da natureza com as ferramentas já existentes.

7. Referências bibliográficas

BENYUS, Janine M. *Biomimética: Inovação inspirada pela natureza*. São Paulo: CULTRIX, 2010.

BIOMIMICRY GUILD. *Introduction to Biomimicry*, 2006. Disponível em: <<http://biomimicry.org>>. Acesso em 27 de setembro de 2018.

“Aves de Rapina do Brasil”. Disponível em <<http://www.avesderapinabrasil.com>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2019.

“Equinos no brasil” Disponível em <<https://www.infoescola.com/mamiferos/cavalo/>>. Acesso em 03 de março de 2019.

“Caprinos” Disponível em <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AgriculturaFamiliar/RegiaoMeioNorteBrasil/Caprinos/alimentacao.htm> . Acesso em 04 de março de 2019.

“Tamanduá mirim” Disponível em <<http://projetooncafé.com.br/pt-BR/anta/18-mamiferos/126-tamandua-mirim>>. Acesso em 17 de março de 2019.

“bicho preguiça curiosidades” Disponível em <<https://www.greenme.com.br/informar-se/animais/5785-bicho-preguica-curiosidades>>. Acesso em 17 de março de 2019.

“Mamíferos - Cabassous tatouay - tatu de rabo mole grande” Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/estado-de-conservacao/7096-mamiferoscabassous-tatouay-tatu-de-rabo-mole-grande>>. Acesso em 17 de março de 2019.

Conceitos de Frequências Sonoras da Natureza Aplicados na Arquitetura Bioclimática

Concepts of Nature's Sound Frequencies Applied in Bioclimatic Architecture

Marco Antonio Souza Borges Netto, Mestre, Arquiteto Urbanista

marcoborgesnetto@gmail.com

Gabrielly Anunciato de Matos, Graduanda em Arquitetura, UNESC

anunciato.gabrielly@gmail.com

Gentil Silva Gonçalves, Graduando em Arquitetura, FSP

gentilsilvagon@hotmail.com

Fernando José da Silva, Doutor, UFMG

fernandojsilva@ufmg.br

Resumo

Tendo um cenário de urbanização generalizado, e problemas identificados de ruídos ambientais severos, este artigo tem o objetivo de analisar o uso de arquitetura bioclimática, trabalhando a imersão do ocupante do ambiente em situações naturais, analisando seus efeitos através da bioarquitetura. Fez-se um breve levantamento sobre o uso de arquitetura bioclimática, com alguns resultados em aspectos de conforto acústico, som ambiente com a frequência da natureza além de padrões harmônicos da natureza, possibilitando boas inferências no sistema fisiológico humano. Identificou-se que em geral, idosos, crianças são pessoas com sistemas de defesa mais vulneráveis, e que costumam ser os mais afetados. Deste modo, espera-se que este artigo com este levantamento possa incentivar projetos arquitetônicos, em planejar aplicação de conceitos da natureza em prol de um ambiente favorável e harmônico através de uma bioarquitetura.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática; Frequência Sonora; Natureza; Conforto Ambiental; Percepção.

Abstract

In a scenario of widespread urbanization, and problems identified with severe environmental noise, this article aims to analyze the use of bioclimatic architecture, working the immersion of the occupant of the environment in natural situations, analyzing its effects through bioarchitecture. A

brief survey was made on the use of bioclimatic architecture, with some results in aspects of acoustic comfort, ambient sound with the frequency of nature, in addition to nature's harmonic patterns, enabling good inferences in the human physiological system. It was identified that in general, the elderly, children are people with the most vulnerable defense systems, and who are usually the most affected. Thus, it is hoped that this article with this survey can encourage architectural projects, in planning the application of concepts of nature in favor of a favorable and harmonious environment through a bioarchitecture.

Keywords: *Bioclimatic Architecture; Sound Frequency; Nature; Environmental comfort; Perception*

1. Introdução

Observando a existência de diferentes maneiras de viver entre cidades de portes distintos, com poluição visual e sonora, identifica-se que estes fatores podem influenciar na saúde das pessoas. Soluções preliminares são pesquisadas para apropriação de elementos da natureza, como a cor e o som advindo de animais e florestas, que podem melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Dados da ONU apontam que cerca de três milhões de pessoas migram para cidades mundo afora a cada semana, principalmente em países em desenvolvimento. O contingente de pessoas morando em zonas urbanas representa em 2018, 55,3% da população mundial (UNITED NATIONS, 2018). O número de moradores de cidades deve chegar a 6,3 bilhões em 2050. Na América Latina e Caribe, as cidades já abrigam cerca de 80% da população total da região.

Brito (2017) observa que a “poluição sonora, de luzes, ambientes mais fechados, prédios altos, por exemplo, dão aquela sensação de estar fechado num determinado ambiente”. Daí que muitas pessoas identificam aspectos de irritabilidade, cansaço e desestímulos à realização de atividades diárias do ser humano.

Este artigo tem o objetivo de analisar o uso de arquitetura bioclimática, no sentido de trazer uma melhor imersão do morador ao ambiente no qual o ser humano está inserido, analisando seus efeitos na bioarquitetura.

Aspectos de conforto acústico, implantando som ambiente com a frequência da natureza dentro da residência, ou para um local reservado para concentração, e padrões harmônicos da natureza serão observados no nosso sistema fisiológico.

2. Arquitetura e a Natureza

A arquitetura bioclimática é a integração da arquitetura com a natureza (Figura 1). Tem como principal função a economia de energia, trazendo benefícios como umidificação do ar no interior da residência, possibilitando troca térmica com as vegetações presentes, trazendo certo conforto térmico e acústico. A arquitetura bioclimática traz para o lar do indivíduo a tranquilidade da natureza de acordo com o ecossistema em que o mesmo está inserido. Segundo Souza (2014), a arquitetura bioclimática estuda “os efeitos do ambiente

físico sobre os organismos vivos. Na esfera da arquitetura, a bioclimatologia fornece dados sobre o ambiente físico para projetar edificações, possibilitando uma arquitetura mais sustentável e eficiente em termos de conforto humano”.



Figura 1: integração da arquitetura com a natureza. Fonte: Archtrends Portobello.

Para se aplicar a arquitetura bioclimática, são necessários diversos estudos locais com foco na climatologia do local. Ela busca imergir o morador no meio mais natural possível dentro de seu próprio ambiente. Sendo assim, estudar todos os fatores que possibilitam uma aplicação dessa arquitetura com eficiência e baixo custo é essencial para a perduração da mesma.

O estudo do ambiente físico reúne diversos fatores climáticos, como por exemplo, o sol, a latitude, a altitude, os ventos, as massas de terra e a água, a topografia, a vegetação o solo entre outros e as características dos seus elementos como a temperatura, umidade e os movimentos das massas de ar e as precipitações. Tornam-se, desse modo, dados importantes para o desenvolvimento do projeto e da compressão dos fatores e elementos para o que deve ser controlado no ambiente, a fim de se obter os resultados esperados para o projeto. (ROMERO, 2000).

A arquitetura bioclimática busca de maneira natural o melhor conforto para o indivíduo e para o coletivo. É feito um comparativo com os níveis de sensibilidade climática de cada pessoa, dessa forma, gerando o ambiente mais confortável possível (Figura 2), como ventos cruzados, disposição do imóvel em relação ao sol, e controles internos de temperatura e umidade.

Romero (2000) apresenta que “os níveis de conforto ambiental são baseados nas sensações humanas confrontadas com os elementos climáticos, em especial a temperatura, a radiação, a umidade e o movimento do ar”. Estes fatores atuam diretamente na percepção térmica do ser humano.

Na arquitetura bioclimática é o próprio ambiente construído que atua como mecanismo de controle das variáveis do meio através de sua envoltura (paredes, pisos, coberturas), seu entorno (água, vegetação, sombras, terra) e, ainda, através do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para melhor controle do vento e do sol. (ROMERO, 2000).



Figura 2: Arquitetura bioclimática, conforto ambiental. Fonte: Rafael Loschiavo Miranda, arquiteto ecoeficiente.

A arquitetura bioclimática permite uma maior imersão do morador com a natureza, isso por que ela busca uma harmonização das construções com o meio ambiente. A localização final da obra deve ser planejada, de modo que esta harmonia se dará somente se as características internas estiverem em consonância com as externas. A autora mostra ainda que “a moradia é um refúgio que resguarda e beneficia o ser humano frente ao clima” (ROMERO, 2000). Como existem no mundo diversos climas, a habitação precisa oferecer ao homem condições de proteção e conforto para sua subsistência, seja onde ela estiver, num país de clima tropical, frio ou árido.

Assim, este conforto ambiental em que se vive influi diretamente na maneira de agir e pensar de cada um. A natureza presente na arquitetura bioclimática propicia bons resultados fisiológicos e mentais; como outros seres vivos, o homem é capaz de viver em condições adversas, se puder obter alimentos. E contudo, só poderá alcançar um bom desenvolvimento físico, mental e social se estiver em condições ambientais adequadas para a realização de suas atividades em geral.

2.1 Interação com a Natureza

Desde os primórdios, os ancestrais do homo sapiens, bem como ele mesmo, utilizaram da natureza para sobreviver, criando ferramentas e moradia (TUTTLE, 2021). E no decorrer do tempo, grandes inventores fizeram seu marco na história, como Albert Einstein e a teoria da relatividade em 1905 (RENN, 2005), Isaac Newton e as Leis de Movimento em 1687 (ANTUNES, GALHARDO e HERNASKI, 2018), Charles Darwin e a Seleção Natural (PIMENTA, 2018) entre outros grandes nomes, em épocas em que explorar o mundo e natureza era novo e incógnito. Essa evolução nas posições intelectuais e ideológicas aprimoraram novas descobertas, novas tecnologias, pesquisas e invenções, onde o ser humano mudou seu ambiente de convívio, se fechou em laboratórios e salas com inteligência artificial, e ambientes com ar climatizado. Os hábitos da humanidade

mudaram muito nos últimos anos, e o contato direto com a natureza foi deixado de lado, fazendo com que a correria do dia a dia não permitisse algumas pessoas terem tempo de qualidade.

A área urbana tem sido conhecida como floresta de concreto (MACHADO, 2020), onde os prédios têm tomado conta do nosso entorno. Com a ausência da natureza no cotidiano do ser humano urbanizado, vários distúrbios de saúde mental, como a depressão, Síndrome de Burnout, ou mesmo o estresse, entre outras enfermidades, têm aparecido entre as pessoas (TRIGO, TENG e HALLAK, 2007).

Fugas temporárias para o contato com a natureza, seja em praias, trilhas, parques ou zona rural, têm transmitido sensação de bem-estar ao ser humano; algumas pessoas usam uma fala popular, como por exemplo, “restabelecendo as energias”. Esse sentimento de tranquilidade mental que as pessoas sentem, influenciadas pela natureza, permite com que o corpo humano reaja de forma espontânea a esses sentidos. Barbosa (2014) aponta que o relaxamento foi comprovado em estudos realizados na Universidade de Wisconsin. Ao analisar os dados da pesquisa sobre a saúde e bem-estar da população local, os cientistas observaram que os “altos níveis de espaços verdes foram associados com sintomas mais baixos de ansiedade, depressão e estresse”.

Cansado de ter que ficar constantemente alerta e consciente aos estímulos da correria do dia a dia, o cérebro humano se recupera ao percorrer um caminho repleto de árvores e estímulos naturais. Dentro dessa lógica, até mesmo visualizar espaços verdes da janela do escritório pode ser reconfortante. O efeito do relaxamento foi confirmado pelo estudo indicado por Barbosa (2014), que recomenda que um passeio no parque possa dar um jeito rápido no problema do estresse diário, evitando a fadiga mental da vida urbana.

Furnass (1979) descobriu que uma experiência da natureza pode ajudar a fortalecer as atividades do hemisfério direito do cérebro e restaurar a harmonia das funções do cérebro como um todo. Rohde e Kendle (1997) descobriram que estar em ambientes naturais invoca uma sensação de "unidade" com a natureza e o universo, e que estar na natureza pode levar a experiências transcendentais.

Daudén (2018) aponta que a integração da natureza no projeto arquitetônico é fundamental para o melhoramento da qualidade de vida. Um exemplo de *biomimese* é que estudos mostram o quão a cor verde, encontrada também em plantas, transmite a sensação de relaxamento ao ser humano (LACY, 1996). Esta autora relata experiências com algumas pessoas expostas a determinadas cores, por exemplo, sobre a cor verde:

Chegaram à sala verde, pôde-se perceber o alívio no semblante dos participantes por entrar num ambiente mais calmo! Algumas pessoas se sentaram, outras colocaram os pés para cima e descruzaram os braços (sempre um sinal de relaxamento). A conversa foi mais tranquila do que nos aposentos laranja e amarelo; era como se os presentes preferissem absorver a cor do que falar sobre ela. Acharam-na repousante e tranquilizante, embora várias pessoas tenham afirmado não gostar do verde. (LACY, 1996).

Depara-se com uma questão-problema: é possível adotar a *biomimese* em projetos de arquitetura capazes de reproduzir os sons da natureza? Como o uso da cor verde, tal qual é a cor predominante das florestas, árvores, e da vegetação pode criar ambientes capazes de garantir uma qualidade de vida melhor? Aliando-se sons da natureza e suas cores, ambientes podem ser transformados em prol da saúde dos seus ocupantes.

3. Ruídos e Conceito de Conforto Acústico

Apesar de não ser a causa direta de problemas relacionados à saúde mental ou cardíaca, o desconforto provocado por ruídos intensos pode agravar sintomas relacionados à ansiedade, à instabilidade emocional, às alterações de humor, ao estresse e ao nervosismo.

Os ruídos alteram a condição normal de audição e de comunicação, e isso pode ocorrer tanto por sequência (sons repetitivos, baixos ou não) quanto por intensidade (sons altos). Há pessoas mais ou menos tolerantes às consequências dos sons altos no ambiente. Mas, em geral, idosos, crianças e pessoas com tendência à depressão, que têm mecanismos de defesa mais vulneráveis, costumam ser os mais afetados.

A exposição por um longo período a sons acima de 65 decibéis (métrica de intensidade ou volume dos sons) ou a ruídos agudos entre 80 e 85 decibéis pode ativar respostas hormonais e do sistema nervoso. Um liquidificador, por exemplo, atinge 75 decibéis, em média. Um show de rock chega a aproximadamente 110 decibéis. As turbinas de um avião, por volta de 120 decibéis. E uma rua de trânsito intenso alcança 85 decibéis (SUN et al, (2021). Essa intensidade sonora provoca reações no corpo humano. Sun et al (2021) mostram ainda que o ruído leva a uma maior produção de cortisol, conhecido como "o hormônio do estresse". E o estresse, por sua vez, repercute em todo organismo, acarretando no aumento da pressão arterial e dos batimentos cardíacos, podendo causar danos cardiovasculares. Também provoca ansiedade, déficit de atenção, perda de memória, distúrbios de sono e dores de cabeça.

Os órgãos sensoriais humanos funcionam em resposta às diferenças geométricas ou proporcionais (e não quantitativas) inerentes aos estímulos que recebem. Quando se aspira um perfume de uma flor, o sentido olfato não responde às substâncias químicas e sim à geometria de sua construção molecular. Ou seja, qualquer substância química que apresente a mesma geometria das substâncias de uma rosa, por exemplo, terá a mesma fragrância que a dela.

Nas palavras de Robert Lawlor:

Não ouvimos simples diferenças quantitativas na frequência das ondas sonoras, mas antes as diferenças proporcionais e logarítmicas entre frequências, sendo a expansão logarítmica a base das espirais geométricas. [...] Nossas diferentes faculdades perceptivas, tais como a visão, o ouvido, o tato e o olfato, são, pois o resultado de diferentes reduções proporcionais de um vasto espectro de frequências vibratórias. (LAWLOR, 1996, p. 4).

A natureza fundamental da matéria tem sido estudada com uma grande ênfase no ponto de vista da substância (partículas, quantum), mas atualmente tem ganhado mais aceitação a idéia de que a natureza fundamental do mundo material pode ser mais conhecida através do estudo da organização subjacente de suas formas ou ondas (CELUQUE, 43, 2004).

Neste âmbito, o conforto acústico abrange muito mais aspectos do que somente isolamento de paredes e tetos para a não penetração do som externo no ambiente interno, ou do ambiente interno para o externo. O conforto acústico pode trabalhar em todos os aspectos relacionados ao bem-estar sonoro, bem como o bem-estar no silêncio.

O som está presente em todas as atividades humanas, e atualmente está sendo motivo de várias divergências judiciais, pelas consequências físicas e psicológicas que apresentam no homem urbano como stress, fadiga, dores de cabeça, doenças ocupacionais, perda auditiva, distúrbios cardiovasculares, dentre outros. Quanto aos aspectos psicológicos, a exposição

ao ruído pode levar à perda de concentração e de reflexos, irritação permanente, perturbações do sono, sensação de insegurança, entre outros (SILVA, 2011).

Existe o som, mas também existe o silêncio, no silêncio também é possível reduzir os índices de ansiedade, stress, pensamentos acelerados e receber a tranquilidade tão desejada. Alguns minutos em silêncio pode fazer a diferença durante todo o dia, é possível organizarmos melhor nossos pensamentos e conseqüentemente as nossas atitudes.

A partir dessas definições pode-se notar que apesar do silêncio possuir um sentido universal referido a não emissão de sons, o dicionário também revela outro sentido, a saber, o da singularidade. Singularidade em psicanálise está diretamente relacionada à existência de um sujeito, o qual por motivos subjetivos, se recusa a fazer uso da linguagem. (OLIVEIRA, CAMPISTA, 2007).

Lemos (1994, in SILVA, 2011, p 36) mostra que a arquitetura se faz presente em todas as criações na natureza, ela se faz presente até na música, indicando que a cimática comprova essa afirmação. Cada faixa de frequência modela o ar, a luz, a matéria ou a água, de tal maneira que apresente uma forma geometria específica.

O ritmo musical implantado nos ambientes movimenta de certa forma o ritmo que se deve ter no determinado local. Se for necessário um fluxo mais rápido de pessoas no ambiente, é necessário um ritmo mais acelerado e conturbado. Caso precise de um ambiente mais tranquilo, onde os clientes se sintam confortáveis, é preciso um ritmo mais harmonioso, voltado à natureza, ou a instrumentos que ressoem um som mais harmônico.

Goldman (1994, in COSTA, 2017) afirma que “determinados sons e até vogais específicas geram um comprimento de onda, e esta vibração será responsável pela sensação obtida ativando (ou não) o determinado chakra”. Assim, para este autor, a voz humana é vital nesse processo pois, “além de ser mais acessível nos permite canalizar a intenção, para ele a frequência exata mais a intenção pode ser capaz de promover curas”.

É o que ocorre com a música. Weigsding e Barbosa (2015) mostram que a música possui uma representação neuropsicológica extensa, com acesso direto à afetividade, controle de impulsos, emoções e motivação, bem maior que qualquer outra forma de arte. Ela pode “estimular a memória não verbal por meio das áreas associativas secundárias as quais permitem acesso direto ao sistema de percepções integradas ligadas às áreas associativas de confluência cerebral que unificam as várias sensações”.

Assim, o conforto acústico engloba todos os aspectos necessários para haver conforto sonoro de qualidade, que esbanje harmonia no ambiente, refletindo assim no equilíbrio mental e emocional das pessoas.

3.1 A Frequência da Natureza: 432 Hz

Existem padrões vibratórios, esses padrões influem na forma geométrica, como também, emanam energia. Na natureza existe um padrão vibratório, um padrão que vibra de acordo com harmônicos da natureza. Cada partícula que existente na matéria ou no espaço está em vibração, a faixa de frequência que envolve cada elemento é que dá forma à vida. Nikola Tesla (1856-1943) afirma que “se você deseja descobrir os segredos do universo, pense em termos de energia, frequência e vibração”. O simples contato com a natureza pode trazer benefícios ao ser humano.

Campbell (1989, p.187) demonstra que “o universo inteiro está construído e em sintonia com a série harmônica: 72, 144, 432 e assim sucessivamente”. Esta frequência de 432 Hz está em harmonia com os batimentos cardíacos, como também, auxilia na redução da pressão arterial. Isso acontece porque o corpo humano é composto por mais de 70% de água. Dessa forma, as moléculas de água são moldadas pelas frequências nas quais elas estão sendo expostas. A natureza em si é pura frequência, tanto no sentido de pureza, quanto no sentido de ser vibração.

No dia a dia, usa-se a palavra proporção ou para a relação comparativa entre partes de coisas com respeito a tamanho ou quantidade, ou quando se descreve uma relação harmoniosa entre diferentes partes. Na matemática, o termo proporção é usado para descrever uma igualdade do tipo nove está para três assim como seis está para dois. Para Lívio (2014, p.213) a Razão Áurea fornece uma instigante mistura das duas acepções, já que, embora seja matematicamente definida, considera-se que revela qualidades harmoniosas.

Ainda assim, a matemática e a música estabelecem entre si uma relação histórica, desde o tempo dos Gregos. Pitágoras e os seus seguidores fizeram muitas descobertas em música. A aplicação da Proporção Áurea à música tem sido muito frequente. Bach e Beethoven teriam-na utilizada, bem como Debussy e Béla Bartók. Em Debussy (1862-1918), a Proporção Áurea ocorre frequentemente para controlar a forma e “vitalidade” da sua música. Desde Pitágoras, na Grécia Antiga, até hoje, existe a aplicação matemática na música para alcançar acordes harmônicos que alcancem a melhor sensação para quem ouve.

4. Estudo de caso e discussão

Atualmente já é possível ter um projeto sonoro para a residência, fazendo assim parte dos projetos complementares. A integração do projeto sonoro de uma residência já em seu primórdio facilita projeto e instalação, pois no futuro não há necessidade de cortar o forro ou fazer reajustes para a adequação do sistema de som. Esse sistema sonoro pode ser distribuído por toda residência ou escritório; assim, unindo-se à arquitetura bioclimática, é possível reproduzir essa frequência com o som ambiente, com um tom puro de fundo na base de 432 Hz, ecoando sons de pássaros ao amanhecer, ou som das águas e cachoeiras ao meio dia e som de grilos e animais noturnos durante a noite, em primeiro plano. Isso de maneira automatizada ou de acordo com o querer do cliente, que também poderá modificar os sons de acordo com o seu gosto, utilizando o que melhor lhe agrada, trazendo mais tranquilidade e clareza de raciocínio. Os tons puros são a reprodução do som da vibração em determinada faixa de frequência, ou seja, é o tom sem oscilações.

Michalski (2017) mostra que o som é a sensação auditiva que os ouvidos são capazes de detectar propagando-se no meio através da vibração de partículas do meio em torno da posição de equilíbrio. Vários outros estudos relatam que o nível de ruído nas cidades metropolitanas excede os limites padrão especificados. Bhargawa (2001) mostra também que o ruído é responsável pelo aumento da incidência de surdez entre os habitantes nas grandes cidades. Bond (1996) relata que 16% das pessoas na Europa estão expostas a 40 dB ou mais de ruído do tráfego em seus quartos à noite.

Com objetivo de redução de ruídos não desejados em ambientes residenciais, uma empresa brasileira chamada Ecotelhado (ECOBARREIRA, 2019) desenvolveu uma tecnologia usando plantas como um isolante acústico, no qual nomeou de Ecobarreira Acústica, um muro vegetado com barreira acústica natural, como se pode observar na Figura 3:



Figura 3: Muro vegetado com barreira acústica recém instalado. Foto: Ecotelhado.

Pode-se definir esta Ecobarreira como uma cerca viva acústica que oferece proteção contra a poluição sonora, além de trazer mais harmonia ao meio ambiente, através de um design biofílico. Ela funciona da seguinte forma: as barreiras se mimetizam ao ambiente natural. Além disso, tornam-se mais atraentes na medida em que a vegetação cresce.

O isolamento ocasionado pela Ecobarreira Acústica se dá através da utilização de diferentes materiais: com duplo revestimento de placas de plástico reciclado intertravadas e uma camada central de fibra de côco, além da massa de vegetação crescendo pelos dois lados do muro. Já a barreira de ruído é composta por cinco componentes, que são individuais e se encaixam sem nenhum parafuso e/ou soldagem, diminuindo a possibilidade de falhas humanas na montagem do sistema. São eles:

- Estrutura de perfil metálico de sustentação;
- Placas laterais de plástico reciclado;
- Trancas centrais de plástico reciclado tipo guilhotina;
- Fibra de côco;
- Plantas diversas.

5. Considerações finais

Observou-se neste artigo um breve levantamento sobre o uso de arquitetura bioclimática, com resultados de imersão do ocupante do ambiente (seja ele residencial ou comercial) em ambientação voltada para características da natureza, analisando seus efeitos a partir dos conceitos da bioarquitetura. Outros aspectos analisados foram o de

conforto acústico, com possibilidade de implantação de som ambiente com a frequência da natureza dentro da residência, ou para um local reservado para concentração, além de padrões harmônicos da natureza que possibilitam boas inferências no sistema fisiológico humano.

Observou-se também que a área urbana é considerada uma “floresta de concreto” o que tem gerado, com seus ruídos, alteração nas condições normais de audição e comunicação. Em geral, idosos, crianças são as pessoas que possuem tendência à depressão, por possuírem sistemas de defesa mais vulneráveis, e assim, com ruídos presentes nos ambientes, costumam ser os mais afetados. Assim como o som, as cores são frequências eletromagnéticas, e possuem influências diretas no sistema fisiológico do corpo humano, como a cor verde que se encontra na frequência de 512 Hz, sendo assim a cor central da escala, e com efeito tranquilizante ao ambiente.

Portanto, o conforto acústico abrange muito mais aspectos do que apenas um isolamento de paredes e tetos para evitar o som externo ou de outros ambientes, trabalhando em todos os aspectos relacionados ao bem-estar sonoro, bem como o bem-estar no silêncio, buscando harmonia no ambiente, refletindo em equilíbrio mental e emocional para os ocupantes do ambiente, inclusive redução na pressão arterial. Espera-se que este artigo possa incentivar projetos arquitetônicos, na definição desde a fase de planejamento e projetual, aplicação de conceitos da natureza em prol de um ambiente favorável, harmônico e equilibrado através de uma bioarquitetura.

Referências

ANTUNES, Camila A.; GALHARDI, Vinícius B.; HERNASKI, Carlos A. As leis de Newton e a estrutura Espaço-temporal da Mecânica Clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.40, n.3, e3311, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n3/1806-9126-RBEF-40-3-e3311.pdf> Acesso em 17/02/2021.

BARBOSA, Vanessa. **Quem mora perto de áreas verde é mais propenso à felicidade**. Exame, 2014. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/quem-vive-perto-de-areas-verdes-e-mais-propenso-a-felicidade/> Acesso em: 23/02/2021.

BHARGAWA, Gopal: **Desenvolvimento do planejamento urbano e regional da Índia no século 21**. Gian Publishing House, New Delhi, pp.115-116, 2001.

BOCCANERA, Nélio Barbosa; BOCCANERA, Silvia Fernandes Borges; BARBOSA, Maria Alves. As cores no ambiente de terapia intensiva: percepções de pacientes e profissionais. **Revista. Esc. Enferm. USP**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 343-349, Set/2006. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/reeusp/v40n3/v40n3a04.pdf>. Acesso em 17/02/2021. <https://doi.org/10.1590/S0080-62342006000300005>.

BOND, Michael. **Atormentado pelo barulho**. New Scientist: 14-15, 1996, in DAVAR, Narendra Singh And S. C.; Noise Pollution-Sources, Effects and Control. Kamla-Raj, Haryana, India, J. Hum. Ecol. 16(3), p.181-187, mar.2004. Disponível em: <http://krepublishers.com/02-Journals/JHE/JHE-16-0-000-000-2004-Web/JHE-16-3-151-226-2004-Abst-PDF/JHE-16-3-181-187-2004-1160-Singh-N/JHE-16-3-181-187-2004-Singh-N.pdf> Acesso em 27/02/2021.

BRITO, Meyre. **Como a vida nos grandes centros urbanos afeta a saúde.** DW, 2017. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/como-a-vida-nos-grandes-centros-urbanos-afeta-a-sa%C3%BAde/a-38811781> Acesso em: 27/02/2021.

CAMPBELL, Joseph. **O Herói de Mil Faces.** São Paulo: Cultrix/Pensamento, 1989.

CELUQUE, Leonardo. **A Série de Fibonacci: Um Estudo um estudo das relações entre as ciências da complexidade e as artes.** Salvador: UFBA, Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências UFBA /UEFS, 2004. 99p.

COSTA, Christiane Santos Alves. **Mantras: sons, espiritualidade e qualidade de vida.** São Cristóvão SE: Universidade Federal de Sergipe, 2017.

DAUDÉN, Julia. **A natureza como coautora em projetos de arquitetura.** *ArchDaily*, 2018. Disponível em <https://www.archdaily.com.br/br/888530/a-natureza-como-coautora-em-projetos-de-arquitetura> Acesso em: 27/02/2021.

ECOTELHADO. Ecobarreira Acústica. Ecotelhado design biofílico, 2019. Disponível em: <https://ecotelhado.com/>. Acesso em: 27/02/2021.

FURNASS, B. **Health values.** In: Messer, J. e Mosley, J. G. (eds) **The Value of National Parks to the Community.** University of Sydney, Australian Conservation Foundation, 1979.

LACY, Marie Louise. **Poder das cores no equilíbrio dos ambientes.** São Paulo: Pensamento, 1996. 18 p.

LAWLOR, Robert. **Geometria Sagrada.** Rio de Janeiro, Del Prado, 1996. Disponível em: <https://vdocuments.site/geometria-sagrada-robert-lawlor-2pdf.html>, acesso em 27/02/2021.

LÍVIO, Mário. **Razão Áurea: a história de Fi, um número surpreendente.** 6.ed. Rio de Janeiro: Record, 2014.

MACHADO, Christopher N. Maurício. **Os Xamãs da Floresta de Concreto: uma jornada de auto encontro.** São Paulo: Ubu, 2020.

MICHALSKI, Ranny L. X. N.. **Conforto Ambiental & Acústica.** aut 0278 - **desempenho acústico, arquitetura e urbanismo.** FAU-USP, [s. d], Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/66394178/conceitos-basicos-acustica-design> Acesso em 30/08/2017.

OLIVEIRA, Vânia M.R. de; CAMPISTA, Valesca do R. O silêncio: multiplicidade de sentidos. In: **SINAIS - Revista Eletrônica - Ciências Sociais.** Vitória: CCHN, UFES, Edição n.02, v.1, Outubro. 2007. pp.107-120. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/sinais/article/view/2849> Acesso em 17/02/2021.

PIMENTA, Pedro Paulo. **Charles Darwin A origem das espécies por meio de seleção natural: a preservação das raças favorecidas na luta pela vida.** São Paulo: Ubu, 2018.

RENN, Jürgen. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 27-36, Mar. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-

[11172005000100004&lng=pt&tlng=pt](https://www.researchgate.net/publication/31172005000100004) Acesso em 17/02/2021.

ROHDE, C. L. E.; KENDLE, A. D. **Nature for people**. In KENDLE, A. D. e FORBES, S. (eds) *Urban Nature Conservação - Gestão da Paisagem Urbana* Campo. E. e F. N. Spon, London, pp. 319-335, 1997.

ROMERO, Marta Adriana B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. Copymarket, [s. l], p. 23-50, 2000. Disponível em: http://airesfernandes.weebly.com/uploads/5/1/6/5/5165255/principios_bioclimticos_para_o_desenho_urbano.pdf Acesso em 27/02/2021.

SILVA, Kleyton de Sena. **Conforto acústico na concepção do projeto de arquitetura: estudo de caso: igrejas evangélicas A Pioneira no município de Macapá**. Santana AP: Universidade Federal do Amapá, Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2011. Disponível em: <https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2020/07/Silva-2011-Conforto-acustico-na-concepcao-do-projeto-de-arqui.pdf> Acesso em 17/02/2021.

SOUZA, Adriana Sbroggio de. **Arquitetura bioclimática para instituição de ensino fundamental em São Gonçalo do Amarante/RN**. Natal RN: UFRN, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Mestrado. Dissertação, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/19452>. Acesso em: 27/02/2021.

SUN Gang; Lin X.; Yi X.; Zhang P.; Liu R.; Fu B.; Sun Y.; Li J.; Jiao S.; Tian T.; Xu XM.; Tseng KW.; Lin CH.; Aircraft noise, like heat stress, causes cognitive impairments via similar mechanisms in male mice. **Chemosphere**. 2021. Jan 22; 274:129739. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.129739. Epub ahead of print. PMID: 33529949.

TRIGO, Telma Ramos; TENG, Chei Tung; HALLAK, Jaime Eduardo Cecílio. Síndrome de burnout ou estafa profissional e os transtornos psiquiátricos. **Revista Psiquiatria Clínica**, São Paulo, v. 34, n. 5, pág. 223-233, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-60832007000500004> Acesso em 01/02/2021 <https://www.scielo.br/pdf/rpc/v34n5/a04v34n5.pdf>

TUTTLE, Russell Howard. **Evolução Humana**. Britannica, 2021. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/human-evolution> Acesso em: 27/02/2021.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects 2018**. ONU: Department of Economic and Social Affairs Population Dynamics, 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Download/>

WEIGSDING, Jessica Adriane; BARBOSA, Carmem Patrícia. **A influência da música no comportamento humano**. MUDI, v.18, n.2, p.47-62, 2015. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/issue/view/974/pdf_42 Acesso em 27/02/2021.

Metodología para el diseño de productos basada en la simbiosis entre biomimética, diseño paramétrico y tecnologías de fabricación digital

A product design methodology based on symbiosis between biomimicry, parametric design, and digital fabrication technologies

David A. Torreblanca-Díaz

david.torreblanca@upb.edu.co

Resumen

Las disciplinas bioinformadas estudian la naturaleza para resolver problemas del ser humano e impulsar la innovación, incluyendo o no resultados sostenibles. Por otra parte, las tecnologías de fabricación digital y el diseño paramétrico emergen en las últimas décadas con posibilidades nunca vistas para imitar sistemas naturales y solucionar problemáticas a través del diseño. Este texto presenta una aproximación metodológica para el diseño de productos basada en la simbiosis entre biomimética, diseño paramétrico y tecnologías de fabricación digital. La metodología propone 4 fases: (i) identificación del problema, (ii) selección de referentes biológicos, (iii) diseño, modelación y fabricación digital y (iv) validación del producto. Este texto muestra los dos primeros casos de aplicación metodológica: el primero en la academia y el segundo un workshop en el evento internacional Digital Futures. En conclusión, la metodología requiere mayor cantidad pruebas para mejorar y evolucionar en un proceso iterativo.

Palabras-clave: Biomimética; Diseño de productos; Tecnologías de fabricación digital; Diseño paramétrico; Metodologías para diseño de productos.

Abstract

The bio-informed disciplines are those that study nature to solve problems of the human being and propel innovation, including or not sustainable results. On the other hand, digital fabrication technologies, parametric and associative design have been emerging in last decades with possibilities never seen before; consequently, have enhanced the possibilities of imitating natural systems to solve human problems through product design. This text presents a product design methodological approach based on symbiosis between biomimicry, parametric design, and digital fabrication technologies. The methodology is proposed in 4 phases: (i) identification of the problem, (ii) selection of biological referents, (iii) design, modeling, and digital fabrication and (iv) product validation. This text shows the first two cases of methodological application: a case in the academy and the second in the Digital Futures Workshop. In conclusion, the methodology requires more testing to improve and evolve in an iterative process.

Keywords: Biomimicry; Product design; Digital fabrication technologies; Parametric design; Product design methodologies.

1. Introdução

Después de 3.800 millones de años de evolución, la naturaleza ha aprendido lo que funciona, lo que es apropiado y lo que perdura en la Tierra (Benyus, 2013). Las especies en la naturaleza han sobrevivido y evolucionado debido a sus respuestas adaptativas ante los requerimientos de un contexto dinámico. Darwin definió evolución como descendencia con modificación, los linajes que descienden de antepasados comunes divergen con el tiempo a medida que se adaptan a diferentes ambientes, respondiendo a las múltiples exigencias y requerimientos de esos contextos (Ayala, 2012).

Benyus (2013) define la biomimética como una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza para imitar diseños o procesos biológicos para resolver problemas humanos, con propuestas que promueven la sostenibilidad y el equilibrio del ecosistema. La idea de disciplinas bioinformadas incluye a todas aquellas que estudian la naturaleza para resolver problemas del ser humano, con el propósito de generar innovación que incluya o no resultados sostenibles (Iouguina, et al., 2014).

Por otra parte, en las últimas décadas han estado emergiendo las tecnologías de fabricación digital, el diseño paramétrico y asociativo, con posibilidades sin precedentes para el diseño, la arquitectura e ingeniería. Estas tecnologías están cambiando radicalmente la manera de concebir el proceso proyectual, ampliando las posibilidades morfológicas, de materialización y la eficiencia de las soluciones.

En este milenio, gracias a la irrupción de las tecnologías digitales el proceso de diseño ha sufrido grandes transformaciones, incrementando sus capacidades de innovación; este método de pensamiento desafía las concepciones tradicionales del proyecto, alejándose cada vez más de la geometría euclidiana y del espacio cartesiano, en su reemplazo moviéndose hacia una nueva arquitectura dinámica, de conformaciones complejas, de geometrías topológicas y superficies NURBS (*non-uniform rational B-spline*), las propuestas de diseño ya no son entidades fijas, definitivas y finitas, por el contrario son posibilidades infinitas, flexibles, los resultados se pueden anticipar, simular y optimizar. Según lo descrito, se requiere el nacimiento de nuevos diseñadores, abiertos a los cambios, capaces de producir un vocabulario para engendrar teorías con un enfoque transdisciplinario, en una búsqueda incesante de eficiencia y optimización (Fraile, 2020).

El diseño paramétrico y asociativo o algorítmico, puede ser entendido como un conjunto de herramientas computacionales que han impulsado en gran parte esta nueva concepción dinámica, flexible y eficiente del proceso de diseño, pero entonces ¿qué es un algoritmo? ¿qué es un parámetro? Tedeschi (2014) define algoritmo como un procedimiento utilizado para dar una solución a una pregunta, o para realizar una tarea en particular a través de una lista finita de instrucciones básicas y bien definidas; los algoritmos son un ejemplo de la aptitud humana para dividir un problema en un conjunto de pasos simples que se pueden calcular fácilmente, y aunque están fuertemente asociados a procesos computacionales, se podrían definir algoritmos también de manera analógica, independientemente de los lenguajes de programación. En un sistema paramétrico, un parámetro es aquella parte del sistema cuya alteración de valores, cambios de estado y/o variaciones, provocarán modificaciones en el resultado obtenido por el sistema a que pertenecen o influyen (Schieda, 2015a, p.102).

Las tecnologías de fabricación digital ofrecen ventajas técnicas únicas, tales como: la fabricación de piezas poliméricas sin moldes, objetos personalizados, alto nivel de precisión, materialización de geometrías complejas, fabricación de ensamblajes armados, integración de diferentes materiales en un solo proceso (multimaterialidad), fabricación remota, entre otros. En poco tiempo, la fabricación digital ha crecido y ha generado lo que el arquitecto estadounidense Michael Speaks denominó “inteligencia de diseño”, un modo de hacer que en el proceso se transforme en conocimiento o creación inteligente (Iwamoto, 2009).

En este contexto, aparecen oportunidades nunca vistas para imitar los sistemas naturales a través de las tecnologías digitales, entre otras tecnologías disruptivas, por ejemplo: los materiales inteligentes, el Big Data, la robótica colaborativa, etc. Nace el concepto de diseño y arquitectura biodigital, una fusión entre biomimética, diseño y tecnologías digitales, para hacer propuestas bioinspiradas inteligentes, eficientes y con una visión sistémica. Una exploración de modelos evolutivos, sistemas basados en algoritmos genéticos, en los que se integran y combinan una serie creciente de alternativas optimizadas de acuerdo con parámetros ecosustentables, dentro de un campo que podría definirse como morfogenético. Una arquitectura de avanzada, en superación del ecologismo y al uso de la computadora como mero sustituto del dibujo manual (Estévez, 2003).

Este texto presenta los primeros avances de una investigación exploratoria dirigida a proponer una metodología para el diseño de productos basada en la *simbiosis* entre biomimética, diseño paramétrico y tecnologías de fabricación digital, en referencia a la relación de colaboración y beneficio entre organismos en la naturaleza. Se analizan los dos primeros casos de aplicación metodológica: el primero en la academia y el segundo en un workshop del evento internacional Digital Futures.

2. Propuesta metodológica

Gebeshuber y Drack (2008) diferencian dos métodos para la biomimética: por analogía y por inducción. La biomimética por analogía comienza con un problema del ser humano, buscando referentes biológicos para encontrar la solución, la biomimética por inducción en cambio, arranca con estudios de los sistemas naturales sin considerar en un principio una problemática concreta, no obstante, los hallazgos pueden ser utilizados posteriormente para resolverlas.

La metodología adopta un enfoque por analogía y se sitúa en tres escenarios: del ser humano, la naturaleza y el escenario de diseño y fabricación. Se proponen 4 fases secuenciales: (i) identificación del problema, (ii) selección de referentes biológicos, (iii) diseño, modelación y fabricación digital y (iv) validación del producto o sistema, ver figura 1.

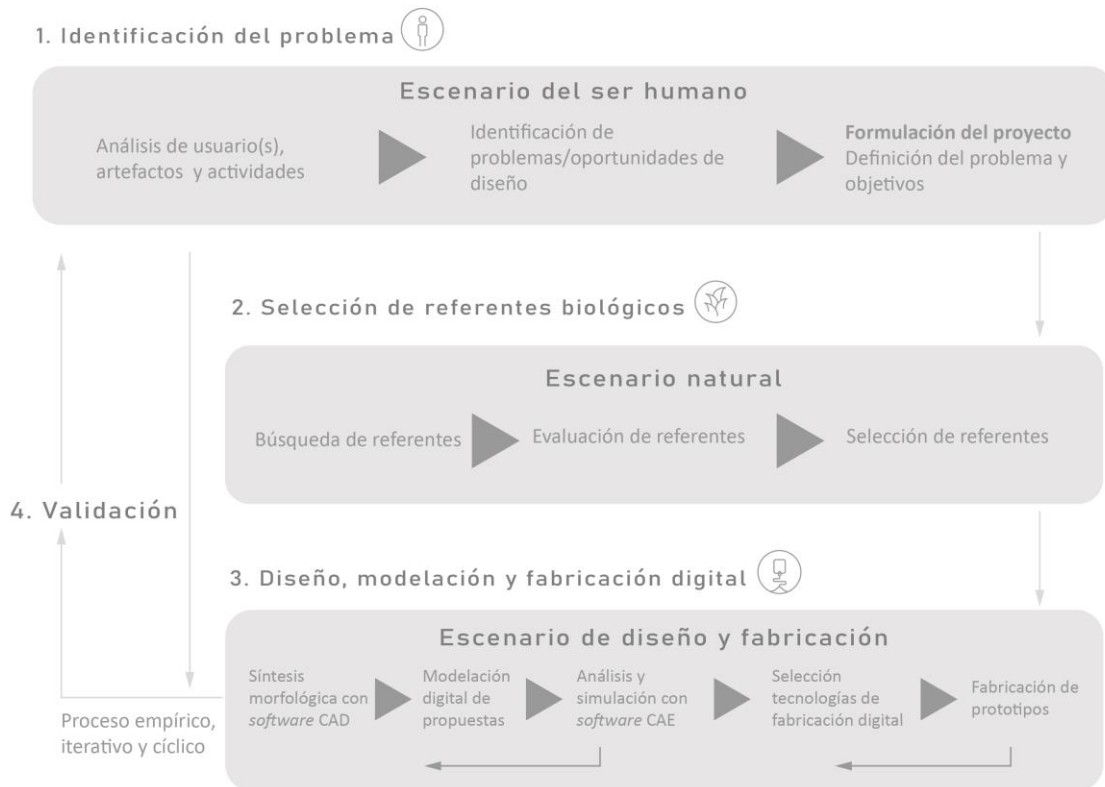


Figura 1: Esquema que sintetiza la secuencia metodológica. Fuente: elaborado por el autor.

2.1 Identificación del problema

Para el inicio del proyecto se propone observar a diferentes usuarios en su contexto, analizar sus actividades, interacciones y dinámicas, como consecuencia identificar situaciones o tensiones que permitan definir problemáticas en diversos aspectos, tales como funcionalidad, estructurales, de mecanismos, de usabilidad, estético-comunicativos, entre muchos otros. Una vez identificados los problemas y oportunidades se hace la formulación del proyecto, definiendo objetivos y alcances. Pedersen Zari (2007) determinó tres niveles para proyectos de biomimética el de organismo, comportamiento y ecosistema, considerando el análisis de los siguientes aspectos para cada nivel: forma, material, construcción, proceso y función. Según esto se debe acotar cuál es el tipo proyecto, complejidad técnica y nivel de alcance.

2.2 Selección de referentes biológicos

Según la problemática identificada y la formulación del proyecto se hace la búsqueda de referentes en la naturaleza; es posible abordar aspectos sobre morfología, materiales, mecanismos, estructuras, comportamientos, o sus combinaciones. Se analizan los referentes, se evalúan y se selecciona uno o varios, según su pertinencia.

2.3 Diseño, modelación y fabricación digital

Se realiza una síntesis morfológica parametrizada del referente o los referentes biológicos elegidos en un software CAD, estas síntesis morfológicas digitales se integran en las propuestas de diseño. Luego se hacen análisis y simulaciones en un software CAD y CAE para validar digitalmente el desempeño cinemático, aerodinámico, estructural, funcional de las propuestas, entre otros. Se elige la alternativa, o alternativas con el mejor rendimiento en las simulaciones digitales, y se seleccionan las tecnologías de fabricación digital para la etapa de materialización según la factibilidad de cada propuesta para ser construida con las tecnologías mencionadas. Se hacen pruebas, experimentaciones y prototipos (focalizados e integrales) hasta lograr resultados que cumplan con los objetivos propuestos.

2.4 Validación del producto o sistema

Finalmente se hacen las validaciones con el usuario o usuarios inmersos en la actividad estudiada y en su contexto para obtener información relevante sobre las propuestas de diseño, recibir retroalimentación respecto a la experiencia de uso e interacción, funcionalidades, resistencia a esfuerzos mecánicos y otras verificaciones. Con la información recabada se hace un análisis de los resultados, evaluación y propuestas de mejora, se vuelven a hacer experimentaciones, prototipos y nuevas validaciones con el usuario o usuarios en un proceso empírico, iterativo y cíclico.

3. Casos de aplicación

Este texto muestra los dos primeros casos de aplicación metodológica: un caso en la academia y el segundo un workshop en el evento internacional Digital Futures. Se elijen ejemplos representativos de cada experiencia, coherentes con la metodología y con posibilidades de implementación en el contexto estudiado.

3.1 Caso de aplicación en la academia

La primera experiencia de uso de la metodología fue en la asignatura semestral de Investigación para el diseño 1, programa de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, en Medellín, Colombia. Los estudiantes empezaron analizando diferentes situaciones del contexto local, identificaron problemas y oportunidades, hicieron la formulación de su proyecto, definiendo objetivos y alcances. Luego buscaron referentes, los evaluaron y seleccionaron aquellos que fueron coherentes con los requerimientos; hicieron la síntesis morfológica parametrizada de los referentes en el software CAD Rhinoceros con la herramienta paramétrica Grasshopper y las integraron en sus propuestas de diseño, considerando las múltiples variables y exigencias de cada proyecto. Se seleccionaron las tecnologías de fabricación digital para materializar pruebas, experimentaciones y prototipos en el RhinoFabStudio de la Universidad Pontificia Bolivariana con el apoyo del coordinador José Ovidio Cardona. Dado las limitaciones del contexto académico, la mayoría de estos proyectos no llegaron a la fase 4, la validación con el o los usuarios, pero no se descarta hacerlo a futuro para obtener retroalimentación, verificar su factibilidad y poder plantear mejoras.

Se destacó el proyecto desarrollado por los estudiantes Miguel Ángel González y Valentina Rodríguez Múnera, quienes analizaron diferentes problemáticas de adultos mayores y

proponen superficies antideslizantes para baños, un contexto donde comúnmente estos usuarios se resbalan y accidentan, los estudiantes seleccionan como referente los reptiles del infraorden de los saurópsidos escamosos llamados *Gekkota* o comúnmente conocidos como *Geckos*, estos poseen texturas en sus patas con un alto grado de adherencia. Se hicieron diferentes pruebas de texturas con la tecnología de fabricación aditiva Digital Light Processing (DLP) con una resina termocurable y se eligieron las que tenían mayor adherencia, ver figura 2. Otro proyecto relevante en esta primera experiencia aborda la problemática de los desechos sólidos no orgánicos, para ser usado por estudiantes durante el transporte y estaba en la universidad. Los estudiantes David Escobar Hurtado y Juan José Pineda Cerda proponen el diseño de un contenedor compacto, de uso personal que puede ser plegado y guardado en el bolso o la mochila y con mayor durabilidad que las bolsas comunes. Se estudian referentes de contenedores y patrones de superficies plegadas de especies vegetales, se hicieron experimentaciones con corte y marcado láser para obtener resultados que cumplieran con la función propuesta, el proyecto pudo ser validado y mejorado a través de diferentes prototipos, ver figura 3.

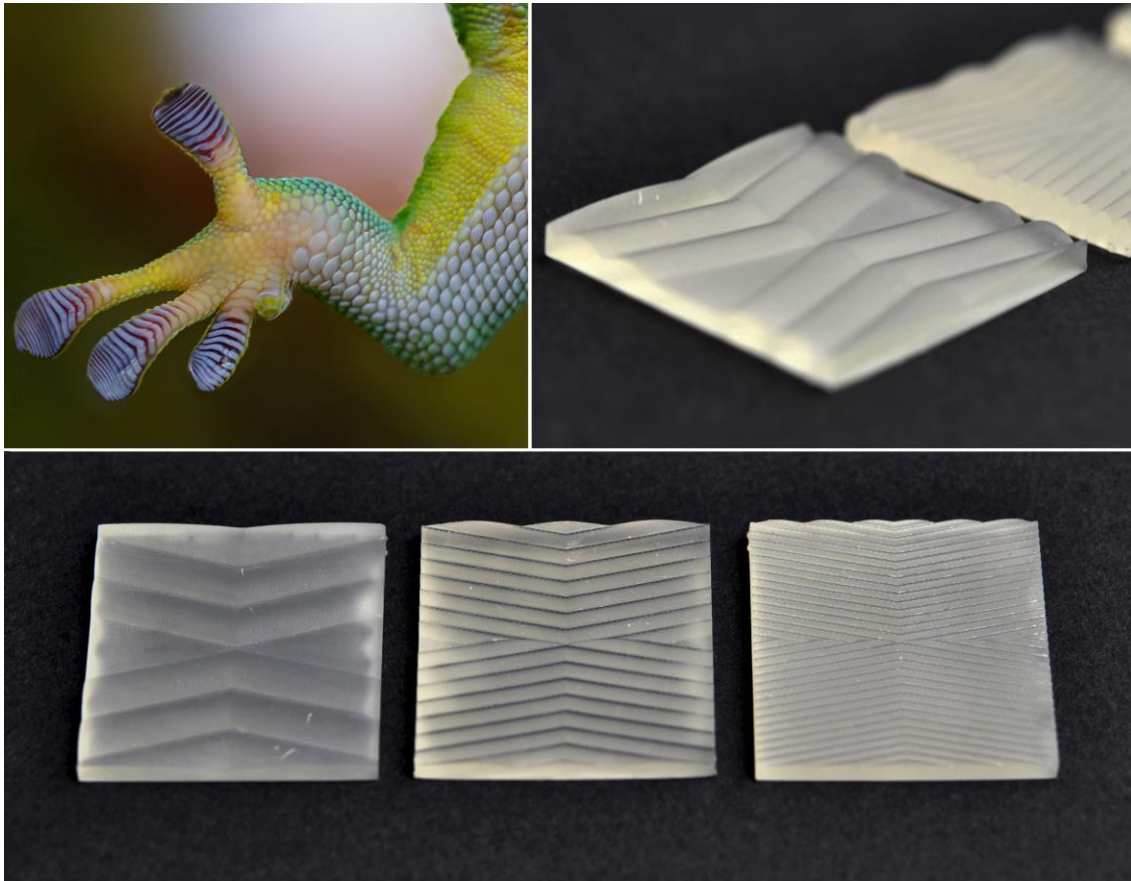


Figura 2: Fotos de las muestras de texturas de 50 x 50 mm, construidas a través de la tecnología de fabricación aditiva Digital Light Processing (DLP) y el referente natural, proyecto sobre texturas antideslizantes para adultos mayores. Fuente: estudiantes Miguel Ángel González y Valentina Rodríguez Múnera y Pixabay (foto de *Geckos*).

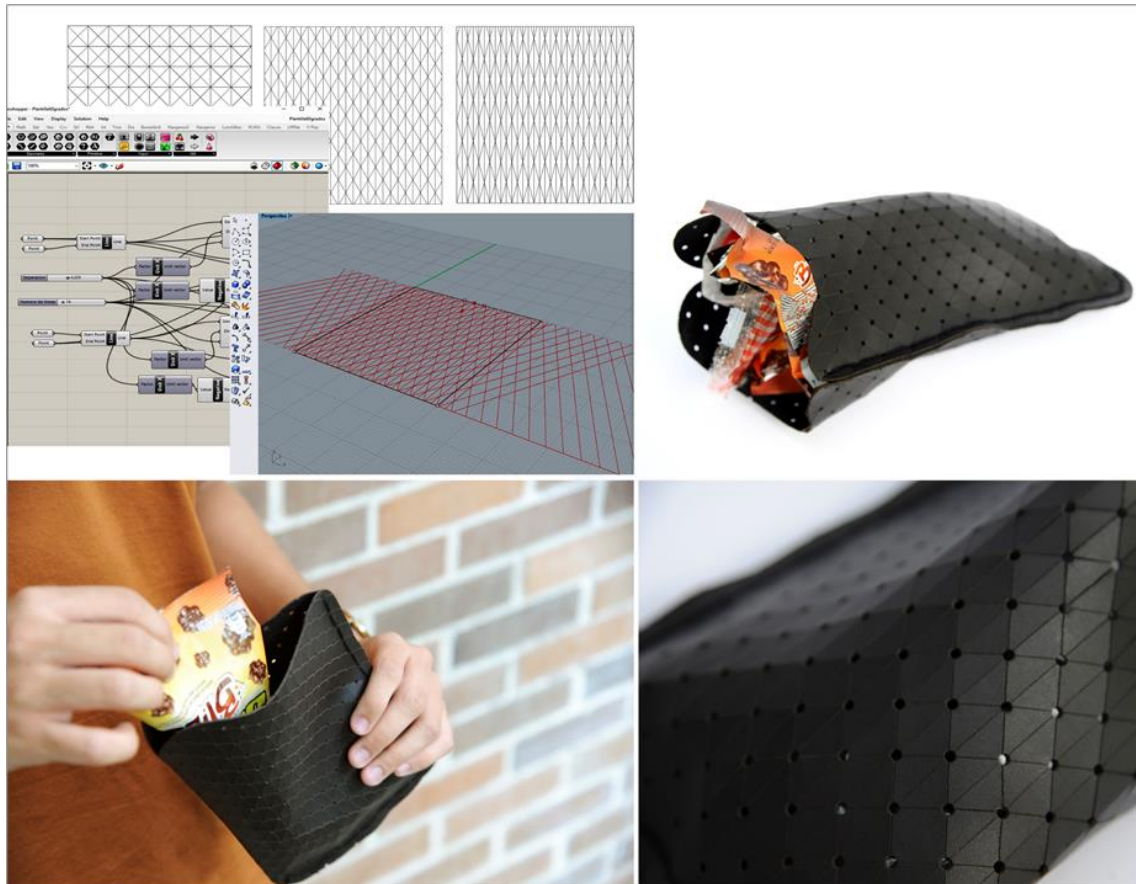


Figura 3: Imágenes del contenedor para desechos sólidos no orgánicos, prototipos con corte y marcado láser, material cuero sintético. Fuente: estudiantes David Escobar Hurtado y Juan José Pineda Cerda.

3.2 Caso de aplicación en el workshop internacional de Digital Futures

Digital Futures es una iniciativa educativa creada por Neil Leach y Philip Yuan en la Facultad de Arquitectura y Planificación Urbana de la Universidad de Tongji, Shanghai, en 2011. Digital Futures es una plataforma global que promueve la investigación e innovación impulsada por los medios digitales para el diseño, la arquitectura e ingeniería, a través de conferencias, paneles de discusión, workshops, diversas publicaciones y un programa internacional de Doctorado. El foco principal de las actividades de esta red está concentrado en un evento anual con alta convocatoria internacional. En el contexto de la versión 2020 se realiza el workshop titulado Diseño digital bioinspirado, ocasión para hacer la segunda aplicación de la propuesta metodológica. Los 6 equipos de 3 personas analizaron problemáticas relacionadas con situaciones de crisis y emergencias en el contexto Latinoamericano. Los resultados fueron propuestas conceptuales y se presentaron en formato digital, debido a las limitaciones de tiempo no fue posible construir prototipos, tampoco fue posible hacer validaciones, no obstante, los participantes definieron los materiales y tecnologías de fabricación digital, así como una estrategia general de implementación en un contexto específico para argumentar su viabilidad.

Sobresale el proyecto de Julián Mancilla, Patricio Rabus y Tamara Vega, propusieron una estructura modular biorreferenciada, el sistema inserto en el agua ayuda a detener la energía originada por un tsunami antes de llegar a tierra y dar el tiempo necesario a las personas para evacuar la zona. La morfología de los módulos permite crear diferentes

configuraciones de distintos tamaños, se adapta a la irregularidad del suelo, su geometría abierta permite que circulen y convivan especies vegetales y peces. Los participantes estudiaron referentes como los corales para entender su morfología, estructura y modularidad, propusieron la materialización a través de fabricación digital aditiva y biomateriales, ver figura 4.

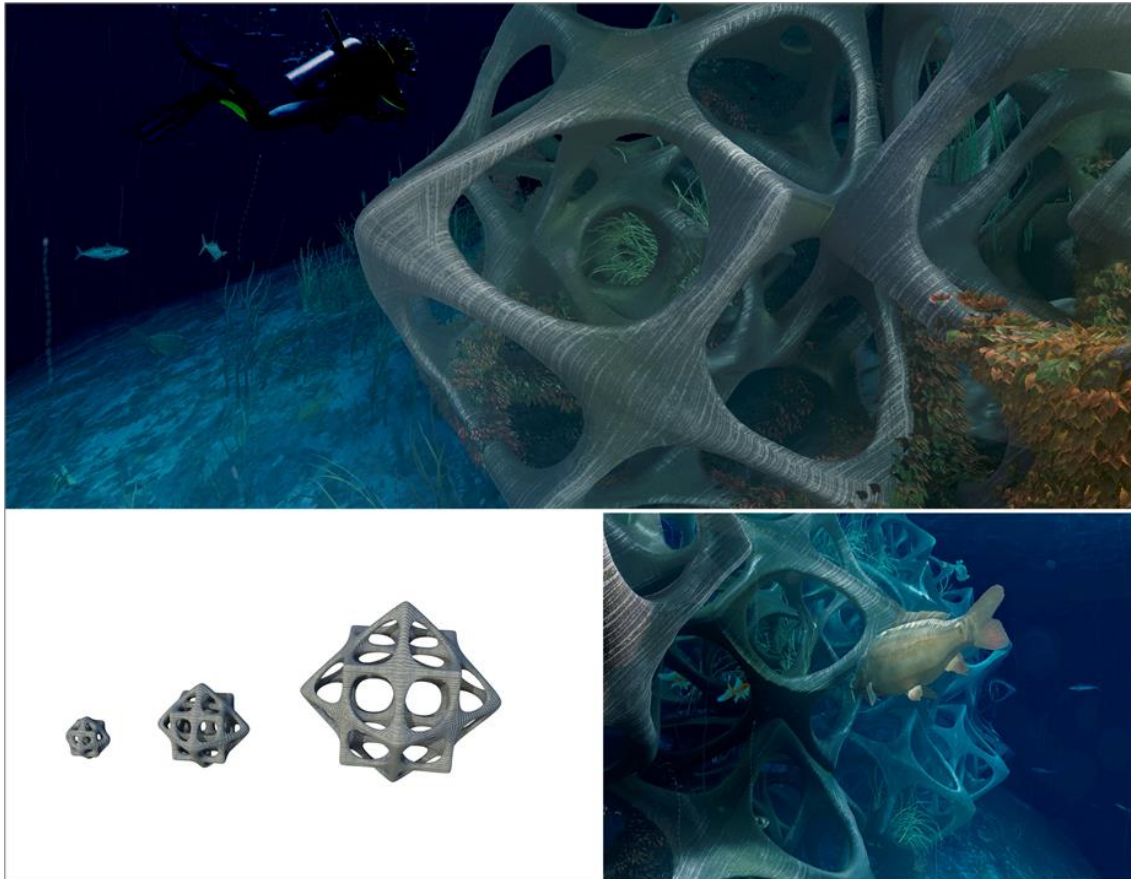


Figura 4: Renders de la propuesta “estructura modular biorreferenciada para detener la energía de tsunami”. Fuente: Julián Mancilla, Patricio Rabus y Tamara Vega.

Otro proyecto significativo para esta experiencia fue un muro modular para la recolección de agua en viviendas para grupos sociales vulnerables, propuesta de Laura Holguín, Cristóbal Alfaro y Nicolás Mejía. Los participantes usaron como referente las morfologías de cactus y suculentas, proponen módulos que permiten estructurar diferentes configuraciones de muros, recolectar y almacenar agua proveniente de las lluvias para diferentes usos, tales como disponer de plantas ornamentales y alimenticias, facilitar la regulación de la temperatura interior en la vivienda. Se propuso la construcción de los módulos de concreto, a través de fabricación digital aditiva, idealmente *in situ* y usando materiales locales, ver figura 5.

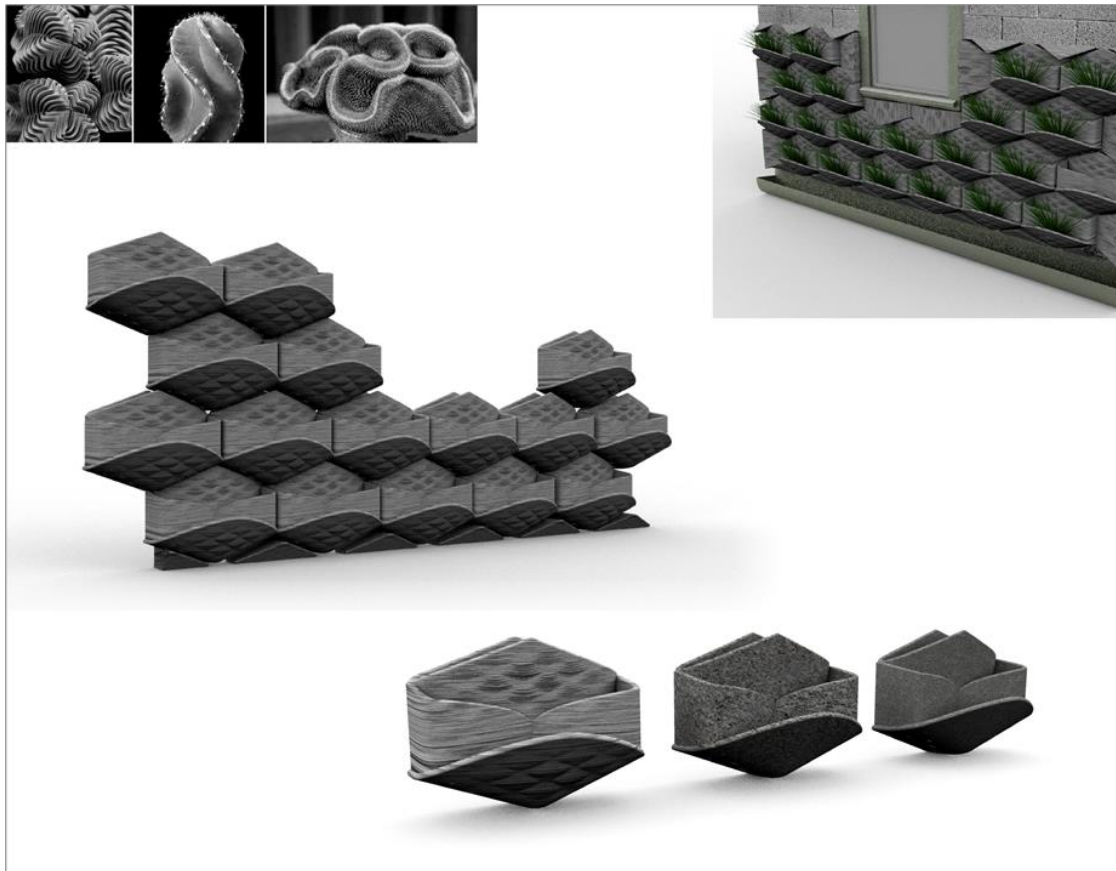


Figura 5: Renders de la propuesta “muro modular para la recolección de agua en viviendas de grupos sociales vulnerables”. Fuente: Laura Holguín, Cristóbal Alfaro y Nicolás Mejía.

4. Conclusiones

Según las primeras experiencias de aplicación, el análisis de diferentes usuarios en sus contextos y actividades, con un registro sistemático de información, ha permitido identificar problemas y oportunidades de diseño relevantes.

La sinergia entre diseño paramétrico y fabricación digital ha presentado importantes ventajas. El uso del diseño paramétrico ha potenciado el proceso de abstracción y desarrollo de propuestas, ha sido posible generar diversas geometrías de una manera dinámica, originando una amplia variedad de formas, no como respuestas definitivas y finitas, sino como entidades flexibles, variables y con posibilidades infinitas. En forma complementaria las tecnologías de fabricación digital efectivamente han permitido materializar morfologías basadas en la naturaleza, con una amplia gama de técnicas, materiales y acabados. Se destacan las tecnologías de fabricación digital aditiva que permiten materializar formas complejas que antes no era posible hacer con las tecnologías existentes, sistemas ya ensamblados, impresión de diferentes materiales en un solo proceso, un alto nivel de definición y acabado superficial, entre otros avances.

Es necesario aumentar la cantidad de aplicaciones de la metodología incluyendo la etapa de validación con el usuario en su contexto, para obtener retroalimentación de las propuestas, hacer mejoras y nuevas validaciones hasta obtener respuestas coherentes con el problema observado, para lograr este objetivo las experiencias deberían realizarse en un lapso más amplio, al menos durante un año. Dada la naturaleza multidisciplinaria de los

proyectos bioinformados, es recomendable formar equipos de diferentes áreas para el desarrollo de proyectos. Sería ideal incluir en las próximas validaciones la búsqueda de financiamiento local, nacional e internacional, público y privado, para aumentar las posibilidades de implementación en el contexto estudiado.

Finalmente, aunque las aplicaciones presentadas han sido hechas en tiempos cortos y no han cubierto todos los pasos de la metodología, la propuesta puede ser una guía general, útil para hacer proyectos de biomimética integrando diseño paramétrico y fabricación digital; las nuevas pruebas en contextos diversos entregarán la retroalimentación necesaria para mejorar y evolucionar la propuesta en un proceso empírico, iterativo y cíclico.

Referencias

- Ayala, F. J. (2012). *Grandes cuestiones: Evolución*. Barcelona: Ariel.
- Benyus, J. M. (2013). *Biomímesis: innovación inspirada por la naturaleza*. Barcelona: Tusquets.
- Estévez, A. (2003). *Arquitecturas Genéticas. El nuevo proyectar ecológico-medioambiental y el nuevo proyectar cibernético-digital*. En *Arquitecturas Genéticas*. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura, Universitat Internacional de Catalunya.
- Fraile, M. A. (2020). *Arquitectura biodigital: Hacia un nuevo paradigma en la arquitectura contemporánea*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Nobuko S. A.
- Gebeshuber, I. C., & Drack, M. (2008). An attempt to reveal synergies between biology and mechanical engineering. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 222(7), 1281-1287.
- Iwamoto, L. (2009). *Digital Fabrications. Architectural and material techniques*. New York: Princeton Architectural Press.
- Iouguina, A., Dawson, J., Hallgimsson, B., & Smart, G. (2014). Biologically informed disciplines: a comparative analysis of bionics, biomimetics, biomimicry among others. *Int. J. of Design & Nature and Ecodynamics*. Vol. 9, No. 3, 197-205.
- Pedersen Zari, M. (2007 June 1-3). *Biomimetic approaches to architecture*. Poster presented at the Toronto Sustainable Building Conference 07, Toronto, Canada.
- Schieda, A. (2015). *Glosario. Arquis, (Nº3 Universo paramétrico)*, 101-103.
- Tedeschi (2014) Tedeschi, A. (2014). *AAD, Algorithms-aided design: parametric strategies using Grasshopper*. Le Penseur Publisher.



Embalagem de transporte e liberação de larvas de Joanelha com conceitos da Biomimética

Transport package and release of Ladybug larvae with Biomimetic concepts

Fernando José da Silva, Dr, UFMG

fernandojsilva@ufmg.br

Cynara Fiedler Bremer, Dra, UFMG

cynarafiedlerbremer@ufmg.br

Sofia Woyames Costa Leite, Graduanda em Design, UFMG

sofiahwoyames@gmail.com

Verônica Oliveira Souza, Graduanda em Design, UFMG

vevz.bheta@gmail.com

Resumo

Já há muito tempo são utilizados agrotóxicos, pesticidas e outros tantos insumos químicos agrícolas para controles de pragas nas lavouras e plantações em todo o mundo. À medida que as pessoas têm consciência deste problema de alimentos com agrotóxicos, maior tem sido a procura por verduras e legumes produzidos em hortas. O Instituto Fábrica de Joanelhas, órgão ligado à Prefeitura da cidade de Belo Horizonte/MG, produz e distribui as larvas destes insetos, às comunidades e hortas, com o intuito de proteger a produção de verduras, respeitando o meio ambiente e a saúde das pessoas envolvidas. O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de uma embalagem, inspirada em soluções da natureza, capaz de transportar as larvas destes insetos, desde a Fábrica de Joanelhas, até a horta, facilitando o manuseio durante a liberação destes insetos, evitando perdas e protegendo os mesmos, sendo produzida com materiais biodegradáveis, evitando problemas ambientais.

Palavras-chave: Joanelha; Cycloneda sanguinea; Pragas; Controle Ambiental; Embalagem.

Abstract

Agrotoxics, pesticides, and other agricultural chemicals have long been used for pest control in crops and plantations around the world. As people have become aware of this problem of food with agrotoxics, the demand for vegetables produced in vegetable gardens has increased. The Ladybug Factory Institute, an organization linked to the city hall of Belo Horizonte/MG, produces and distributes the larvae of these insects, to communities and vegetable gardens, in order to protect the production of vegetables, respecting the environment and the health of the people involved. The objective of this project is the development of a packaging, inspired by nature's solutions, able to transport the larvae of these insects from the Ladybug Factory to the vegetable garden, facilitating

the handling during the release of these insects, avoiding losses and protecting them, being produced with biodegradable materials, avoiding environmental problems.

Keywords: *Ladybug; Cycloneda sanguinea; Pests; Environmental control; Packaging.*

1. Introdução

Já há muito tempo são utilizados agrotóxicos, pesticidas e outros tantos insumos químicos agrícolas para controles de pragas nas lavouras e plantações em todo o mundo, e infelizmente, recentemente em nosso país estão sendo liberados dezenas destes materiais tóxicos para uso na agricultura. Esses insumos não apenas comprometem a qualidade das verduras ou legumes produzidos, bem como prejudicam a saúde das pessoas que ali trabalham, bem como a saúde de seus familiares, crianças e idosos, além de contaminar o lençol freático da região com a infiltração dos produtos pelas águas pluviais.

Observa-se também que à medida que as pessoas têm consciência deste problema de alimentos com agrotóxicos, maior tem sido a procura por verduras e legumes produzidos em hortas orgânicas e muitas delas comunitárias próximas à concentração dos bairros residenciais nas cidades.

Com o desafio destas hortas comunitárias de produzir produtos orgânicos sem a necessidade de se utilizar agrotóxico, a saída encontrada tem sido a utilização de larvas de insetos predadores das pragas, sem danificar as verduras. São os chamados insetos do bem, como as conhecidas Joaninhas (*Cycloneda sanguinea*), e os Crisopídeos (*Chrysopidae*).

O Instituto Fábrica de Joaninhas, órgão ligado à Prefeitura da cidade de Belo Horizonte/MG, produz e distribui as larvas destes insetos, às comunidades e hortas, com o intuito de proteger a produção de verduras, respeitando o meio ambiente e a saúde das pessoas envolvidas, uma vez que estas não utilizam agrotóxicos para este controle ambiental das pragas. Mesmo com uma embalagem prismática tradicional, parte das larvas não consegue sobreviver ao transporte e à maneira de liberação na horta em si.

Assim, o objetivo deste projeto é o desenvolvimento de uma embalagem, inspirada em soluções da natureza, capaz de transportar as larvas destes insetos, desde a Fábrica de Joaninhas, até a horta, facilitando o manuseio durante a liberação destes insetos, evitando perdas e protegendo os mesmos, sendo produzida com materiais biodegradáveis, evitando problemas ambientais.

2. Uso de agrotóxico versus a saúde dos seres vivos

Com o aumento populacional em todo o planeta, observa-se a necessidade de se gerar alimentos para todos, de modo a se garantir a continuidade da vida. Porém, esta necessidade de se ter alimentos tem feito com que produtores em todo o mundo utilizem pesticidas de todos os tipos para controle das pragas e consequente aumento da produção. (CAMPONOGARA, s.d.). Atualmente, há enorme fomento governamental na forma de subsídios para a difusão de agrotóxicos no país, uma escolha de investimentos com altíssimo custo ambiental e social. A lista atual destes produtos é imensa: segundo MAPA (2019), 2300 agrotóxicos estão registrados no Brasil, sendo um dos maiores consumidores do mundo.

Assim, com o grande uso de pesticidas e agrotóxicos na agricultura, Aires (2013), alerta para os problemas relacionados a danos à saúde das pessoas, bem como aos insetos e à própria natureza, pois “um dos problemas mais comuns é a contaminação do solo, de lençóis freáticos e de rios e lagos”. Com a chuva ou a própria irrigação utilizada, o produto químico chega ao solo, e infiltrando, atinge a água local, intoxicando o ambiente e a vida ali presente.

Quanto à intoxicação de pequenos animais, Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019) alertam que atualmente “40% de todas as espécies de insetos estão em risco de extinção devido aos agrotóxicos - sobretudo neonicotinoides, uma vez que são os inseticidas mais amplamente utilizados do planeta”. E sem os insetos, boa parte da polinização das plantas produtoras de alimentos deixa de ser produzida; No caso das abelhas, efeitos mais comuns identificados são a desorientação em voo, distúrbios em sistema nervoso e digestivo, e consequente morte das abelhas (Figura 1).



Figura 1: Abelhas mortas. Fonte: <https://tinyurl.com/nzvbvz27>

O enorme uso de agrotóxicos pelos grandes produtores vincula-se à aprovação do Marco Regulatório de Agrotóxicos (DOU, 2019), o que incluiu propostas de alteração das terminologias para abrandamento da percepção da toxicidade envolvida nestes químicos:

“o projeto prevê, por exemplo, a alteração do nome “agrotóxicos” para “pesticidas”, o que deve facilitar o registro de produtos cujas fórmulas, em alguns casos, são compostas por substâncias consideradas cancerígenas pelos órgãos reguladores. Antes, a proposta era alterar a nomenclatura para “produto fitossanitário” (CRISTALDO, 2018).

A Figura 2 a e b mostram aplicação manual e mecanizada de agrotóxico em lavouras:



Figura 2: Aplicação manual e mecanizada de agrotóxico em lavouras. Fonte: (a) <https://tinyurl.com/dfcvrwdm>; (b) Image by zefe wu from Pixabay.

Em grandes áreas cultiváveis de agricultura, a aplicação mecânica de agrotóxico é uma atividade analisada como grande vilã de poluição e intoxicação na produção de soja, milho,

arroz, cítricos, com cerca de 63 milhões de hectares (2017), e 158 milhões de pastagens (SANTOS e GLASS, 2018).

Arelados a este agronegócio de imenso porte, decorrem ainda o avanço do desmatamento, concentração de terras, o esgotamento do solo e de recursos hídricos, com ameaça às populações tradicionais e nativas regionais. Observa-se ainda que a alta exposição a agrotóxicos pode trazer sintomas como intoxicações em variados níveis, dependendo da proximidade, tipo e quantidade da toxina, causando diversas reações alérgicas; problemas respiratórios, endócrinos, distúrbios gastrintestinais, reprodutivos e neurológicos; neoplasias, mortes acidentais, influenciando inclusive em suicídios (BRASIL, 2018).

Em sentido oposto a estes investimentos nocivos, Minas Gerais ocupa o posto de estado com maior crescimento registrado de agricultura orgânica, valorizando investimento em pesquisa e desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis que auxiliem no combate ao avanço de tais pragas sistêmicas através de controle biológico natural, de maneira eficaz, barata, sustentável e acessível, como é o caso da Fábrica de Joaninhas.

3. Hortas orgânicas e o controle natural de pragas

Como alternativa para acesso a alimentos de boa qualidade, sem os custos agregados de logística e a perigosa e descontrolada presença de agrotóxicos, as hortas orgânicas têm se espalhado nas regiões urbanas e proximidades populacionais, apresentando-se como opção para o saudável retorno à relação entre homem-natureza, além de promover condições de subsistência e dignidade humana às famílias envolvidas, combatendo o desemprego e a exclusão social.

Em tempos de pandemia como se vivencia, houve um aumento à procura de cultivos de hortas e em pequenos espaços (EMBRAPA, 2020), e as discussões a respeito da saúde pública e acesso à alimentação e à água se tornam frequentes, principalmente quando se trata de aumentar a imunidade favorecendo hábitos saudáveis. Assim, a agricultura urbana se torna ecológica e sustentável, e vem ganhando espaço e incentivos por setores governamentais, inclusive normas regulatórias. São Paulo teve sua primeira regulamentação referente à agricultura urbana em 2004 (Lei 13.727/2004) regulamentada pelo Decreto 51.801, de 21/09/2010 (Prefeitura de São Paulo, 2010). Outras metrópoles, como destaca Lima (2020), já apresentavam este contexto, como é o caso de Lisboa, que desde 2007 vem incentivando as hortas comunitárias e atualmente conta com 14 conjuntos de hortas urbanas. Ainda segundo Lima, Madrid possui atualmente 39 destas hortas, e Barcelona 14 hortas com fortalecimento comunitário que resiste à especulação imobiliária.

Em Belo Horizonte, a Prefeitura local (PBH, 2021a) conta atualmente com 51 unidades produtivas urbanas comunitárias (Figura 3), divididas em nove regionais. Além destas unidades, a cidade ainda conta com Sistemas Agroecológicos Escolares, envolvendo mais de 160 projetos em UMEIS (Unidades Municipais de Ensino), além da rede particular (BHVERDE, 2020).

Neste sentido, a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH, 2021b) desenvolve desde 2017, um projeto denominado Biofábrica, para criação de Joaninhas (*Cycloneda sanguinea*) e

Crisopídeos (*Chrysopidae*) (Figura 4), voltados para doação às hortas comunitárias e pequenos agricultores. Estes insetos, enquanto fase de larvas, são predadores naturais de pulgões, inimigos de verduras e hortaliças, atuando como controladores naturais dessas pragas. Em 2020, mesmo com a pandemia (Covid-19), a produção e doação da Biofábrica chegou a 40 mil Joaninhas (número inicialmente previsto apenas para 2021), e a tendência é que se aumente a procura devido ao sucesso em projetos educacionais desenvolvidos por eles, voltados à conscientização da população e de crianças em idade escolar.



Figura 3: Hortas comunitárias. Fonte: <https://sustentabilidade.com/hortas-comunitarias/>



Figura 4: Joaninhas/Crisopídeos. Fonte: a) Biofábrica de Joaninhas PBH, b) José Neto (in Amaral, 2019)

Este tipo de controle biológico natural de pragas ambientais já é conhecido desde fins do século XIX. Amaral et al (2019) mostram que em 1887, joaninhas foram utilizadas no controle de pragas em plantios cítricos na Califórnia (importadas da Austrália). E no Brasil, há registros de controle natural da mosca-branca e de cochonilhas desde 1921. Eles explicam ainda que os Crisopídeos atuam de maneira mais eficiente ainda na fase larval, quando necessitam de proteínas e carboidratos, alimentando-se principalmente de pulgões, cochonilhas, moscas-brancas, psilídeos e ácaros. Tanto as joaninhas quanto os crisopídeos têm ciclo de vida com metamorfose completa (ovo, larva, pupa e adulto), e consomem em todo o seu ciclo suas presas, além de possuir desenvolvimento rápido, tornando-se assim, ótimas opções para a regulação de pragas.

4. Necessidade de embalagens apropriadas para transporte e liberação de larvas

Observando a crescente divulgação de técnicas sustentáveis e protetivas da natureza, controlando naturalmente as pragas em hortas com uso de insetos predadores (como é o caso das Joaninhas e Crisopídeos), diversas entidades têm distribuído embalagens contendo larvas destes insetos, em programas que avançam há décadas (AMARAL et al, 2019).

Porém, as embalagens utilizadas são aproveitadas de objetos plásticos disponíveis no mercado, e que não foram projetadas para tal uso, não adequadas ergonomicamente, apropriadas para as ações de inserção de insumos, inserção das larvas, facilidade de arejamento para não sufocar as mesmas, e facilidade de manuseio na liberação das larvas nos locais apropriados nas hortas.

Podem-se observar nas Figuras 5 (a, b e c), exemplos de uso de embalagens com materiais plásticos, que acabam por poluir a horta, após o descarte inapropriado da mesma.



Figura 5: Embalagens plásticas. Fonte: a) www.claude-lepenseur.eklablog.com, b) www.ladepeche.fr/article/2017/05/12/2573365, c) www.c-nowal.be/product/larves-de-coccinelles.

Na figura 6a, observa-se a atividade de inserção de insumos e larvas no interior da embalagem; e na figura 6b, percebe-se outro tipo de embalagem afixada em plantas, abertas para liberação de larvas, a qual também poderá ser descartada de maneira inapropriada junto à horta, causando poluição por se tratar de material plástico não biodegradável.



Figura 6: a) Inserção de elementos na embalagem. b) Disponibilização de embalagem junto à planta. Fonte: a) <https://tinyurl.com/3tsfvjtb> b) <https://tinyurl.com/2e4f3eae>

5. Princípios de Biomimetismo

A Biomimética é uma área de pesquisa antiga e redescoberta recentemente, que trata de analisar sistemas naturais com aplicação de seus princípios de resolução em projetos sejam eles em Design, Arquitetura, Engenharia, ou qualquer outra área do conhecimento. No final da década de 90 este assunto ganhou novo fôlego, com a publicação da obra de Janine Benyus em 1997, e na última década tem havido fóruns, congressos e simpósios se espalhando com esta temática. Benyus mostra que as adaptações possibilitam a criação de formas, e uso dos princípios de funções ou comportamentos presentes na natureza e que são

utilizadas como analogia e padrões sejam eles geométricos ou matemáticos. Estes princípios são identificados como modelo, como medida ou como mentora, “sendo uma nova forma de ver e valorizar a natureza (...) cujas bases assentam não naquilo que podemos extrair, mas no que podemos aprender com ela” (BENYUS, 1997, p.8).

Enquanto forma elementar na natureza observa-se a figura do círculo, que pode inserir em seu interior as figuras do plano triangular, quadrado, pentagonal e hexágono. Destas figuras naturais, a figura e prisma hexagonal se mostram com melhor aproveitamento de espaço, menor gasto de material e maior volume, com razões áureas em suas proporções interiores (ELAM, 2001, p.9). Deste motivo as abelhas constroem seus alvéolos, adotando esta forma (Figura 7), otimizando o espaço e tendo economia de cera, sem perdas de espaços inaproveitáveis.

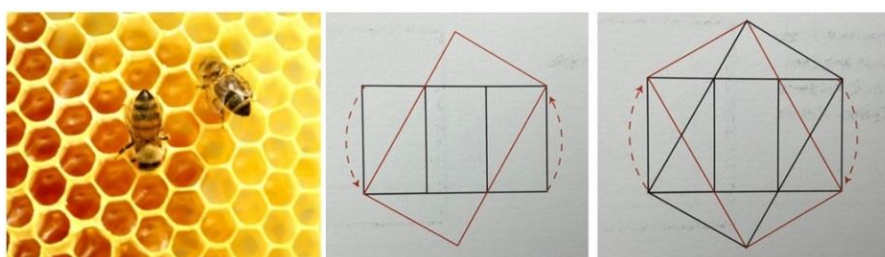


Figura 7: a) Forma hexagonal dos alvéolos em favo; b e c) retângulo áureo na formação do hexágono.
Fonte: a) www.abcbrasil.org.br, b e c: ELAM, 2001, p.39.

Observando os aspectos proteccionais de sementes e frutos na natureza, percebe-se também a configuração geométrica que, além de organizar espacialmente os elementos presentes, originalmente economiza recursos materiais em sua formação. Hsuan-Na (2002) apresenta uma série de figuras e objetos desenvolvidos a partir de transformações e configurações modulares presentes em sementes do serrado brasileiro (Figura 8). Neste bioma, a identificação de elementos geométricos e proteccionais em vagens são notórias (Figura 9).

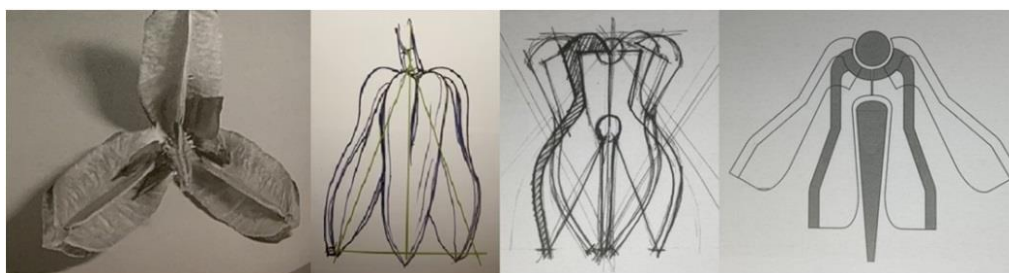


Figura 8: Fruto do Pau Terra, e sequencia geométrica morfológica. Fonte: HSUAN-AN, 2002, p.158, 164.



Figura 9: Elementos geométricos e formas proteccionais em sementes brasileiras. Fonte: a) brasilbio.blog, b) sementerara.com.br, c) casaumcomo.com.br

6. Processo e Projeto de Embalagem

Observando alguns processos convencionais de design, optou-se por desenvolvimento das alternativas à embalagem para transporte e liberação de larvas a partir dos conceitos de Munari (1998). Nesta metodologia, parte-se de um problema, conhecendo seus componentes, analisando dados referentes ao mesmo, e desenvolvendo alternativas com criatividade e experimentações diversas, de desenhos a modelos tridimensionais. Assim, após análises das gerações desenvolvidas, chegou-se à solução apresentada neste artigo.

Observa-se nas Figuras 10 e 11, uma série de alternativas desenvolvidas na proposta da embalagem de larvas das Joanelhas, ou Crisopídeos, para controle da praga de hortas.

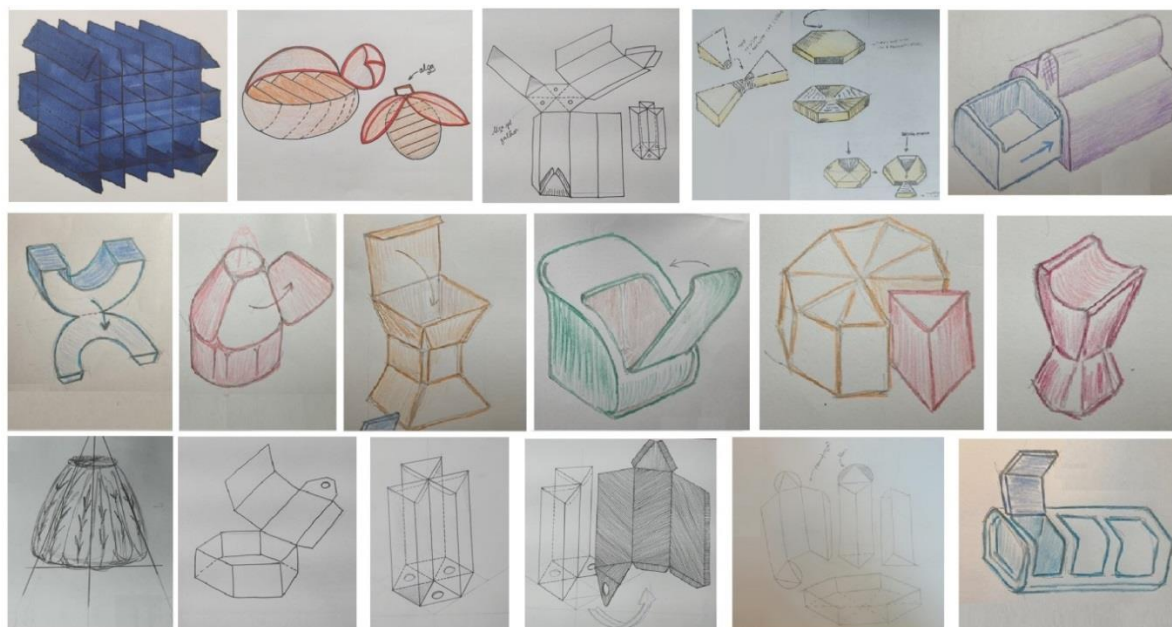


Figura 10: Geração de alternativas. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 11: Geração de alternativas e planificações. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir das alternativas geradas, foram construídos modelos tridimensionais (Figuras 12 e 13) de modo a poder avaliar melhor as possibilidades de implantação da proposta, e posterior encaminhamento à Fábrica de Joanelhas, para testes iniciais e ajustes do protótipo.

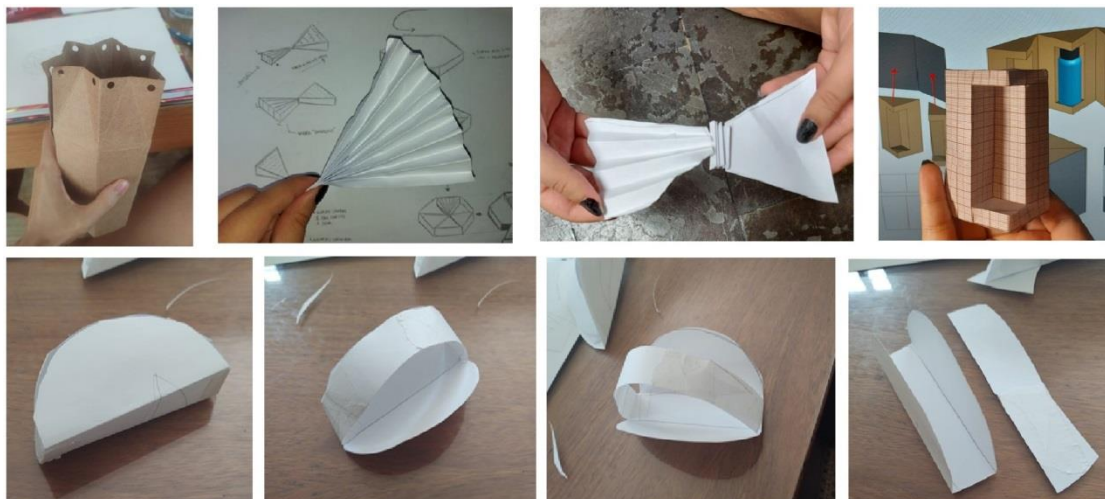


Figura 12: Modelagem de alternativas. Fonte: elaborado pelos autores.

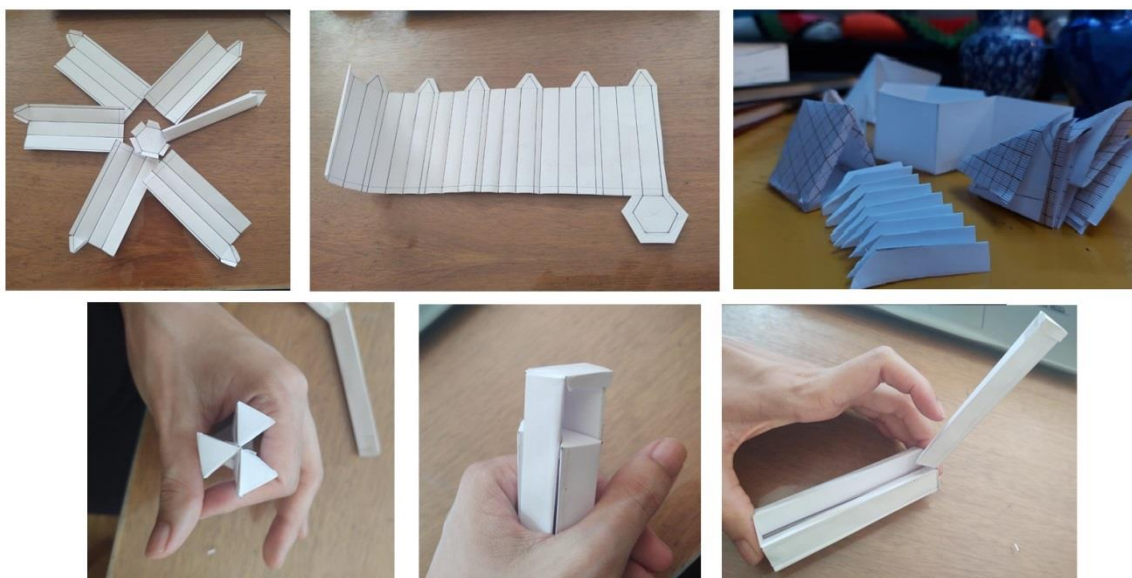


Figura 13: Modelagem de alternativas. Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 14 mostra o modelo da proposta escolhida, em simulação de teste para sistema de abertura da embalagem e liberação das larvas de Joanelhas.



Figura 14: Modelo final da proposta. Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 15 apresenta detalhes da simulação no modelo da alternativa final, quanto ao sistema interno de movimento para liberação das larvas de Joaninhas. Neste caso, com um elemento interno possível de ser fabricado no mesmo material da embalagem, em papel biodegradável, e que possa ter um movimento vertical no módulo para retirada e liberação das larvas diretamente nas folhagens das verduras com pragas do tipo pulgões ou outras que serão predadas pelas Joaninhas.

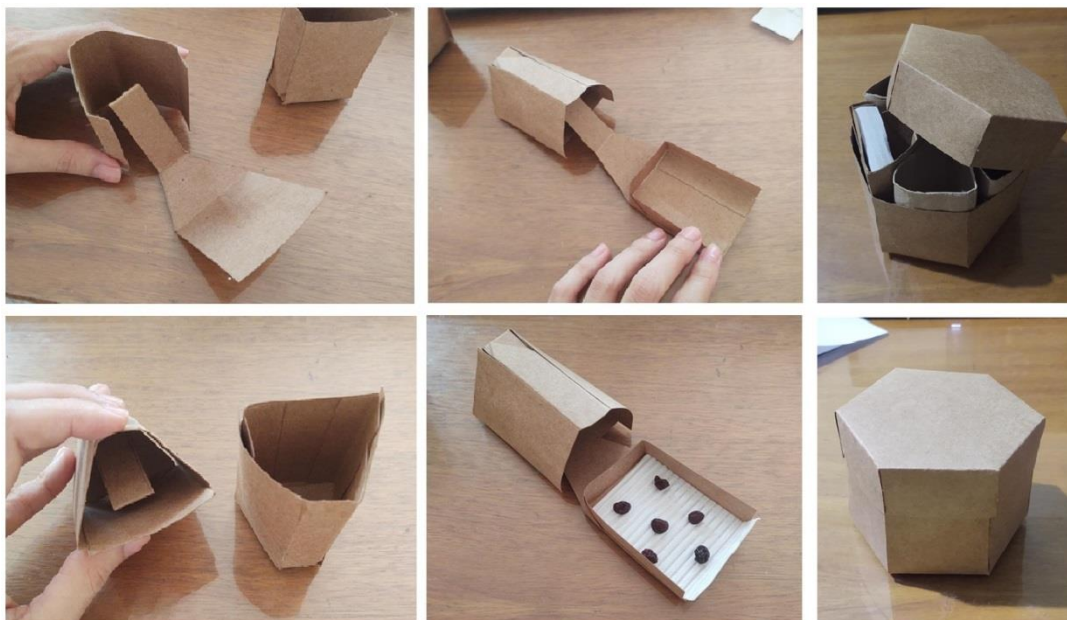


Figura 15: Modelo final da proposta. Fonte: elaborado pelos autores.

7. Considerações Finais

O presente artigo apresentou o processo de desenvolvimento de produto com base na ciência da Biomimética, demonstrando ter diversas possibilidades de soluções favoráveis, envolvendo características formais e funcionais presentes na natureza.

Como parte deste processo, observou-se a geração de diversas alternativas e posteriormente a escolha de uma ideia sendo desenvolvida também com uso de modelos tridimensionais, explorando construção e detalhamento, possibilitando simulação de uso.

Ressalta-se, no entanto, que esta proposta apresentada deverá ser avaliada e adequada conforme as demandas dos profissionais da Fábrica de Joaninhas, órgão ligado à Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Estas adequações estão relacionadas ao tamanho, elementos móveis e funcionais da proposta, além de quantidade e tipos de larvas/insetos a serem transportados, para posterior inserção nas atividades de produção e doação aos produtores de hortaliças, favorecendo o controle natural das pragas sem o uso de agrotóxicos.

A parceria Design/Biomimética possibilita ainda uma gama de oportunidades e aplicações junto a setores da sociedade, envoltos na busca de soluções práticas, rápidas e eficientes aos desafios encontrados, sejam eles do setor público ou privado, e que se tornam exemplos aos futuros profissionais, designers, arquitetos, engenheiros, agrônomos, entre outros.

Agradecimentos

A equipe de autores agradece a colaboração dos professores Wagner da Costa Resende e Dany Sílvio Amaral (ambos da Gerência de Ações para Sustentabilidade da Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte).

Referências

- AIRES, Luiz. **Os problemas causados pelos agrotóxicos justificam seu uso?** 2013. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1441-os-problemas-causados-pelos-agrotoxicos-justificam-seu-uso.html>
- AMARAL, Dany S. S. Leite; VENZON, Madelaine; BARBOSA, Eleonora; ABREU, Nathália; RESENDE, Wagner C. Biofábrica de insetos predadores. Belo Horizonte, **Informe Agropecuário, Tecnologia para manejo sustentável de pragas e doenças.** v.40, n.305, 2019.
- ARRUDA, Amilton J.V. **Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: a Revolução Tecnológica pela Natureza.** Série [designNATUREZA] Ensaio sobre Design, Biônica e Biomimética. São Paulo: Blucher, 2018.
- BENYUS, Janine M. **Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza.** 11.ed. São Paulo: Cultrix, 2011.
- BHVERDE. **Hortas comunitárias.** 2020. Disponível em: <https://bhverde.com.br/hortas-comunitarias/>
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Agrotóxicos na ótica do Sistema Único de Saúde.** Brasília: Ministério da Saúde, 2018. Vol.1, Tomo 2. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_nacional_vigilancia_populacoes_expostas_agrotoxicos.pdf Acesso em 11 fev 2021.
- CAMPOGARA, Alexandre da Silveira. **Pesticidas, Herbicidas e Agrotóxicos no contexto da agricultura.** São Paulo, s.d. Disponível em: <https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/pesticidas-herbicidas-e-agrotoxicos-no-contexto-da-agricultura/57630#>
- CRISTALDO, Heloísa. **Comissão da Câmara aprova projeto que flexibiliza uso de agrotóxico.** Brasília: EBC, Empresa Brasil de Comunicação. 25/08/2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2018-06/comissao-da-camara-aprova-projeto-que-flexibiliza-uso-de-agrotoxico>
- DOU (Diário Oficial da União). Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Critérios para avaliação e classificação toxicológica.** Brasília, DOU, Edição 146, Seção 1, p.78, 31/07/2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-294-de-29-de-julho-de-2019-207941987>
- ELAM, Kimberly. **Geometry of Design.** New York: Princeton Architectural Press, 2001.



EMBRAPA. **Hortaliças em Revista**. Brasília: EMBRAPA, Ano IX, nº 30, 2020.

Disponível em:

https://www.embrapa.br/documents/1355126/2250572/revista_ed30+web+links.pdf/afe0cf1b-06e8-6df3-2e87-e2ad29a65098

FONTES, Eliana Maria Gouveia, VALADARES-INGLIS, Maria Cleria. **Controle Biológico de Pragas da Agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 2020. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212490/1/CBdocument.pdf>

HSUAN-AN, Tai. **Sementes do Cerrado e Design Contemporâneo**. Goiânia: UCG, 2002.

LIMA, Márcia Tait. **Por que agricultura na cidade? A importância da Agricultura Urbana em contexto de emergência climática e sanitária**. Campinas: UNICAMP, Boletim DPCT/IG nº 20, 22/08/2020, Disponível em:

<https://www.unicamp.br/unicamp/sites/default/files/2020-08/Boletins%20DPCT%20IG%20n20.pdf>

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anvisa vai reclassificar defensivos agrícolas que estão no mercado**. Brasília, 2019. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/anvisa-vai-reclassificar-todos-os-agrotoxicos-que-estao-no-mercado>

MUNARI, Bruno. **Das Coisas Nascem Coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

PBH, Prefeitura de Belo Horizonte. **Unidades Produtivas Coletivas e Comunitárias**. 2021a. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/smasac/susan/fomento/sistemas-de-producao/coletivas-e-comunitarias>

PBH, Prefeitura de Belo Horizonte. **Biofábrica**. 2021b. Disponível em:

<https://prefeitura.pbh.gov.br/meio-ambiente/biofabrica>

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Programa de Agricultura Urbana e Periurbana - PROAURP - no Município de São Paulo e suas diretrizes**. Decreto 51.801, de 21/09/2010. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-51801-de-21-de-setembro-de-2010>

SÁNCHEZ-BAYO, Francisco; WYCKHUYS, Kris A.G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. **Biological Conservation**. 232, (2019) 8-27.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320718313636>

SANTOS, Maureen, GLASS, Verena, org. **Atlas do agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos**. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2018. Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2018/09/04/atlas-do-agronegocio-fatos-e-numeros-sobre-corporacoes-que-controlam-o-que-comemos>

SOARES, Wagner Lopes; CUNHA, Lucas Neves da; PORTO, Marcelo Firpo de Souza. **Uma política de incentivo fiscal a agrotóxicos no Brasil é injustificável e insustentável**. Rio De Janeiro: ABRASCO, 2020. Disponível em:

<<https://www.abrasco.org.br/site/wp-content/uploads/2020/02/Relatorio-Abrasco-Desoneracao-Fiscal-Agrotoxicos-17.02.2020.pdf>>. Acesso em 11 fev. 2021.

Sessão de cocriação: para repensar o elemento construtivo Cobogó por inspiração biológica

Session co-creation: to rethink the constructive element Cobogó by biological inspiration

Tarciana Andrade, Mestre em Design na Universidade Federal de Pernambuco

andrade.tarci@gmail.com

Amilton Arruda, Ph.D. em Design no Politécnico de Milão

amilton.arruda@ufpe.br

Rodrigo Araújo, Mestre em Design na Universidade Federal de Pernambuco

rodrigobarbosadesigner@gmail.com

Marcelo Vicente, Mestre em Design na Universidade Federal de Pernambuco

mvmarcelovicente@gmail.com

Resumo

O trabalho apresenta os resultados da sessão de cocriação virtual, realizada durante etapa de abstração de biomimética, com participantes multidisciplinares, para propor conceitos ao desenvolvimento de cobogó adaptável a diferentes condições climáticas, a partir da analogia com a *Ammophila arenaria*. O cobogó é um elemento vazado, símbolo da arquitetura moderna brasileira, cuja ontologia consiste em promover ventilação, iluminação, proteção solar e privacidade. Para esta pesquisa qualitativa, foi utilizado o método de *focus group* e do *Design Sprint*, como abordagem para coleta dos dados; e a Análise Temática para codificar e interpretar os resultados. Como resultado, cinco temáticas foram identificadas: (a) Desafio para o projeto; (b) Parâmetros climáticos para controle na Fachada; (c) Abstração do organismo biológico: *Ammophila arenaria*; (d) Oportunidades conceituais, e (e) Materiais com comportamento e responsivos. Assim, as temáticas visam contribuir com conceitos que possam nortear o futuro desenvolvimento dos cobogós responsivos em prol da sustentabilidade das edificações.

Palavras-chave: Biomimética e Design; Abstração; Sessão de Cocriação; *Ammophila arenaria*; Cobogó responsivo.

Abstract

*The work presents the results of the virtual co-creation session, held during a biomimetic abstraction stage, with multidisciplinary participants, to propose concepts for the development of cobogó adaptable to different climatic conditions, based on the analogy with *Ammophila arenaria*. Cobogó is a breeze block, a symbol of modern Brazilian architecture, whose ontology consists of promoting ventilation, lighting, sun protection and privacy. For this qualitative research, the method of focus group and Design Sprint was used as an approach to data collection; and Thematic Analysis to code*

and interpret the results. As a result, five themes were identified: (a) Challenge for the project; (b) Climatic parameters for control on the Facade; (c) Abstraction of the organism: *Ammophila arenaria*; (d) Conceptual opportunities, and (e) Behavioral and responsive materials. Thus, the themes aim to contribute with concepts that can guide the future development of responsive cobogós in favor of sustainability of buildings.

Keywords: *Biomimetic and Design; Abstraction; Co-creation session; Ammophila arenaria; Responsive Breeze Block (Cobogó)*

1. Introdução

O desenvolvimento sustentável urge por mudanças no estilo de vida atual, de um modo não impositivo, mas que modifique o modo de produção e promova o consumo consciente, em que o indivíduo considera a relação local e global, e os impactos das suas ações (GUMUCHDJIAN e RICHARD, 2011). O relatório das Nações Unidas, produzido pela *Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC* (2018), alerta para a necessidade de limitar o aquecimento global, à temperatura média global de 1,5°C, nos próximos 12 anos. Entre as recomendações suscitadas pelo relatório está a necessidade de redução da emissão do CO₂ (um dos principais causadores do efeito estufa), como também, a busca pela redução do consumo desenfreado dos recursos naturais e do consumo energético, como também, ampliação do uso de energia renovável (IPCC, 2018).

Projetos inspirados na natureza otimizando o desempenho do consumo energético e da sustentabilidade têm validado e intensificado o recurso à biomimética como abordagem à solução dos problemas de design e arquitetura (GRUBER e GOSZTONYI, 2010), pois propõem o desenvolvimento inovador, bioinspirado e ambientalmente responsivo (BENYUS 2012) e unem tais conhecimentos à pesquisa de materiais e design digital (FIORITO *et al.* 2016). Estes projetos utilizam analogias a sistemas biológicos que possuem capacidade de resposta no próprio material (FIORITO *et al.* 2016), buscam conciliar a redução dos sistemas mecânicos e do consumo energético, e ampliar a capacidade de resposta às condições ambientais. No campo da biônica e biomimética, a analogia é um processo cognitivo de interpretação de referências da natureza, transferindo informações destas para o mundo artificial, de modo a criar artefatos com características formais, funcionais, materiais e evolutivas (ARRUDA 2018). Portanto, o que vale para os sistemas naturais deve apresentar correspondência em sistemas artificiais análogos. O essencial é entender, captar o princípio para qual uma determinada coisa acontece na natureza, e daí aplicar para um novo conhecimento (ARRUDA, 2018; pg. 5).

Este trabalho corresponde ao desdobramento do doutorado de design em andamento, e objetiva desenvolver a Sessão de Cocriação (SC), para repensar o cobogó, tornando-o adaptável a diferentes condições climáticas, a partir da analogia na *Ammophila arenaria*. A realização da SC adaptou a metodologia utilizada, normalmente presencial, para sessão virtual, devido a situação pandêmica de COVID-19. O cobogó consiste em elemento vazado “[...] pré-fabricado, próprio de ser construído em série, baseado na vazadura de uma retícula modular sobre uma placa prismática de concreto” (VIEIRA *et al.*, 2013, p. 32), que teve seu processo produtivo patenteado em 1929, em Recife-PE (VIEIRA, *et al.*, 2013). A função deste elemento é ventilar e iluminar, filtrar a incidência de luz solar e promover a privacidade

no interior dos ambientes (Camacho *et al.*, 2018). Versões similares de cobogó podem ser encontradas em diferentes partes do mundo, sob distintos processos produtivos e nomenclaturas (MARSHALL, 2019).

Chergui (et al, 2017) apontam que a gramínea *Ammophila arenaria*, por sua vez, apresenta sofisticada adaptação ao estresse hídrico e salino, capaz de desencadear o movimento reversível da folha. Se fecha sobre si mesma para reduzir a interceptação da luz e desidratação foliar (movimento hidronástico) (KADIOGLU *et al.*, 2012), que corresponde a uma das diferentes tipologias de movimento nástico das plantas. Identificamos a *A. arenaria*, a partir de contato com biólogos e revisão sistemática de literatura sobre movimento nástico (ANDRADE *et al.* 2020), que correspondem às reações cinéticas em resposta a estímulos ambientais, que geram respostas independentes da direção dos estímulos (FIORITO *et al.* 2016). A profusão da *A. arenaria* ao longo da costa litorânea da Europa Ocidental e norte da África é notável, e demonstra a alta relevância deste organismo para a fixação das dunas costeiras (CHERGUI, *et al.* 2017). Esperamos poder gerar conceitos projetuais para futuramente desenvolver um módulo de fachada adaptável a diferentes climas, o cobogó responsivo, por analogia com a *Ammophila arenaria*, pelo uso intensivo de design digital e em prol da sustentabilidade das edificações.

2. Pesquisa de design e métodos

O estudo corresponde à etapa de abstração da abordagem metodológica de biomimética baseada em problema (BADARNAH e KADRI 2015; OLIVEIRA 2019). Utilizamos o método proposto por López *et al.* (2017), que estuda as plantas em nível macro e microescala, com ênfase na relação entre a natureza e o clima, através de duas fases: (1) identificar na natureza estratégias e mecanismos adaptativos em diferentes climas, categorizando e organizando um levantamento baseado na morfologia, fisiologia e comportamento; (2) desenvolver conceitos para o projeto de arquitetura, de forma a facilitar a transferência entre a informação biológica e a arquitetura. Este estudo trará aplicação prática, da segunda fase.

A aplicação da SC foi realizada em ambiente virtual e gerou uma ampla gama de conceitos, individualmente e em equipe multidisciplinar. Utilizamos *Focus Group* (FG) como método qualitativo de pesquisa para de coleta de dados, por múltiplos participantes, cuidadosamente recrutados, em sessão estruturada e moderada. O Objetivo do FG é realizar discussões direcionadas, coletar opiniões, sentimentos e atitudes, sobre um dado tema (MARTIN e HANINGTON 2012). Como estratégia, estabelecemos FG com base em métodos e ferramentas do *Design Sprint*, desenvolvidos pelo Google, visando a resolução de problemas de projeto, prototipagem e teste de ideias com os usuários, de modo rápido e eficaz, e com o mínimo de investimento possível (Google, n.d.). Optamos por utilizar o ‘*Design Sprint: Sketch Methods*’, para gerar ideias e cocriar conceitos projetuais, a fim de auxiliar o processo de abstração das estratégias do organismo da natureza. Utilizamos: problemas comparáveis, tomada de notas, *Crazy 8’s*, compartilhamento de ideias e esboço de solução.

Para a análise dos dados coletados, utilizamos o método qualitativo amplamente utilizado, a Análise Temática (AT). Utilizada para identificar temas e padrões de significado em um conjunto de dados em relação a uma questão de investigação (BRAUN e CLARKE, 2012).

Assim, definimos a seguinte questão para nortear o presente estudo, a saber: **como propor cobogó adaptável a diferentes climas, por meio da analogia com a *Ammophila arenaria*?** Posteriormente, analisamos os dados a partir da: (1) transcrição; (2) leitura e familiarização (com tomada de nota de itens de potencial interesse); (3) codificação da base de dados; (4) identificação de temas (bottom-up); e por fim, (5) escrita da análise (BRAUN e CLARKE, 2012).

3. Metodologia

A amostra não é probabilística. Recrutamos oito participantes com diferentes expertises, que integraram uma equipe multidisciplinar para a SC, dos quais: quatro arquitetos, dois designers, uma bióloga e um cientista da computação. Dos oito integrantes, cinco eram do gênero masculino e três do feminino (Tabela 1). Considerando o objetivo de repensar a aplicação do cobogó, para o contexto climática de Portugal, optamos por selecionar indivíduos que tivessem experiência com o clima brasileiro, de Portugal e outros países com clima com incidência de temperaturas mais frias que o nordeste brasileiro. Sendo assim, 87,5% dos indivíduos recrutados apresentam experiência em morar em Portugal e/ou residir por mais de um ano em países com clima mais rigoroso que Portugal.

Uma semana antes de acontecer o FG, divulgamos mural na plataforma do Padlet, com vários projetos de referência sobre fachadas responsivas, e informações sobre as estratégias morfológicas, fisiológicas e comportamentais do organismo de referência (a gramínea *Ammophila arenaria*), segundo Andrade *et al.* (2020) e López *et al.* (2017). Os participantes foram convidados antecipadamente a adicionar referências, comentários e informações no painel de referência compartilhado. O objetivo desta atividade consistia em fazê-los entrar e utilizar a plataforma do Padlet, e contextualizar a temática do FG. Essa dinâmica ocorreu sob uma estratégia de sala de aula invertida, para que os participantes estivessem cientes sobre a temática e objetivos da SC a ser desenvolvida.

| ARQUITETA A | DESIGNER A |
|--|---|
| Doutoranda pela FAUL Gênero: Feminino Nacionalidade: Portuguesa Reside por mais de um ano no Brazil-CE | Doutor em Ricerca in Disegno Industriale - Ph.D pela Universidade Politécnico de Milão (2002) Gênero: Masculino Nacionalidade Brasileira Residiu por mais de um ano na Itália e reside em Portugal |
| ARQUITETA B | DESIGNER B |
| Mestrando em Design pela UFPE Gênero: Masculino Nacionalidade: Brasileira Reside por três meses na Alemanha | Doutorando em Design na Universidade Federal de Pernambuco (PPGD/UFPE). Gênero: Masculino Nacionalidade Brasileira Reside por mais de um ano em Portugal |
| ARQUITETA C | TECNÓLOGO A |
| Doutor em Urbanismo e Engenharia Arquitetônica + Tecnologia na TU Delft, Holanda, em 2012. Gênero: Masculino Nacionalidade: Portuguesa Reside em Portugal e residiu por mais de um ano na Holanda | Doutor em Ciência da Computação pelo Centro de Informática (CIn), UFPE Nacionalidade: Brasileira Residiu por quatro meses no Canadá |
| ARQUITETA D | BIÓLOGA A |
| Arquiteto Urbanista e UNG. Mestrando Stuttgart Gênero: Feminino Nacionalidade: Brasileira Reside por mais de um ano na Alemanha | Doutora em Ciências Biológicas, UFPE. Gênero: Feminino Nacionalidade: Brasileira Sempre residiu no Brasil |

Tabela 1: Integrantes do FG. Fonte: autores.

A **Sessão de Cocriação** foi realizada, no dia 19 de agosto de 2020, com duração de duas horas e quarenta e oito minutos. Utilizamos a plataforma Zoom para a realização de vídeo conferência; o Padlet (plataforma para a criação de mural e para o desenvolvimento de trabalho colaborativo); e grupo no WhatsApp para partilhar rapidamente as imagens dos *sketchs*, com maior agilidade. Implementamos o FG de modo a estimular a interação interpessoal e liberdade de expressão de ideias, pois compreendemos que o processo de design possui uma abordagem de pensamento sistêmico e não linear, que admite retrocessos, realimentação de informações e feedbacks, para alcance de melhores resultados. Para tanto, estruturamos a sessão em três etapas, nomeadamente: (a) Problematização, análise de ideias similares e tendências; (b) Definição do organismo de referência e geração de ideias; e (c) Cocriação. A atividade de compartilhar ideias permeia todas as etapas de desenvolvimento, assim como a instrução para que os participantes tomem notas de ideias e realizem *sketchs*.

A primeira etapa do SC demonstrou e refletiu sobre a problemática da pesquisa, o objeto de estudo (elemento construtivo cobogó), e exemplos de fachadas responsiva. Esclareceu o ambiente climático de referência: Lisboa-PT (com clima temperado, influenciado pela corrente do Golfo, com diferentes condições climáticas ao longo do ano. Exemplificamos sucintamente soluções de fachada que não utilizam eletricidade, seja por materiais responsivos ou pelo uso de materiais inteligentes. Em seguida, convidamos os participantes a pesquisar individualmente projetos de referência sobre fachadas responsivas, e posteriormente compartilhar as referências com o grupo, a partir do desafio 1: **Procurar ideias/soluções de fachada que se adaptam a diferentes condições climáticas, sem o uso de eletricidade.**

ETAPA 1: Aquecimento: Problematização, análise de ideias similares e tendências

DESAFIO 1: Procurar individualmente ideias/soluções de fachada que se adaptam a diferentes condições climáticas, sem o uso de eletricidade

| DESCRIÇÃO | TEMPO | MODO |
|---|--------|--------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Apresentação da problemática da investigação, do objeto de estudo: o elemento vazado cobogó. Apresentação sucinta de soluções de fachada que não utilizam eletricidade, seja pelo uso de materiais responsivos ou de materiais inteligentes | 10 min | Investigador |
| <ul style="list-style-type: none"> Realização do DESAFIO 1. Registro das referências das no painel do Padlet. | 12 min | Individual |
| <ul style="list-style-type: none"> Compartilhamento de ideias com todos os integrantes do FG: Cada integrante terá 3 minutos para compartilhar as referências com os participantes. | 24 min | Compartilhar |

Tabela 2. Etapa 1, desafio, descrição do modo de desenvolvimento. Fonte: autores.

O painel de referências traz uma síntese das análises de similares e tendências. Identificamos exemplos de fachadas responsivas, inteligentes e bioinspiradas, e definimos cinco grupos principais de tendências, a saber: Fachadas responsivas; Bioinspirado; Materiais auxéticos; Fabricação digital; Sistemas estáticos ou manuais, e; Sistemas de vidros inteligentes. Ampla diversidade de abordagem de design, processos e tecnologias.



Imagem 1. Apresenta referências disponibilizadas durante a Etapa 1. Fonte: autores.

A segunda etapa corresponde à definição do organismo de referência e geração de ideias. Apresentamos gramínea *Ammophila arenaria* como organismo para bioinspiração.

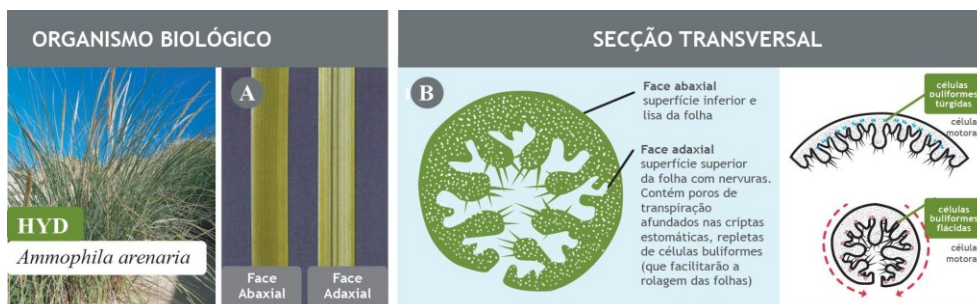


Imagem 2: Características da folha da *Ammophila arenaria*. Fonte: autores.

Esta etapa contou com a disponibilização de um novo desafio, a saber: **‘Como criar COBOGÓ que controla a ventilação por inspiração na *Ammophila arenaria* sem o uso da eletricidade?’**. Para desafiar os participantes a gerarem inovações e uma ampla variedade de soluções, utilizamos o método *CRAZY 8’s* para gerar 8 ideias distintas em 8 minutos. As ideias foram registradas em papel A4 dobrado em 8 partes. Procuramos ratificar que o papel poderia conter palavras escritas ou esboços, acolhendo as imperfeições dos esboços e estimulando, assim, a comunicação das ideias. Posteriormente, as ideias foram compartilhadas com todos os integrantes do FG, e instruímos os participantes para anotar as ideias promissoras (Tabela 3).

ETAPA 2: Definição do organismo de referência e geração de ideias

DESAFIO 2: Como criar COBOGÓ que controla a ventilação por inspiração na *Ammophila arenaria* sem o uso da eletricidade?

| DESCRIÇÃO | TEMPO | MODO |
|---|--------|--------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Apresentação dos movimentos násticos e do organismo de referência a <i>Ammophila arenaria</i> | 5 min | Investigador |
| <ul style="list-style-type: none"> <i>CRAZY 8’s</i> - Esboçar 8 ideias distintas em 8 minutos, em papel A4 dobrado em 8 partes. Posteriormente compartilhar fotos dos sketches no grupo de WhatsApp. | 8 min | Individual |
| <ul style="list-style-type: none"> Compartilhamento de ideias com todos os integrantes do FG: cada integrante terá 5 minutos para compartilhar as referências com os participantes. | 40 min | Compartilhar |

Tabela 3. Etapa 2, desafio, descrição do modo de desenvolvimento. Fonte: autores.

A terceira etapa, corresponde ao processo de cocriação, que contou com a divisão dos participantes em duplas e trios, segundo expertise dos participantes. Infelizmente a Arquiteta D não pôde participar desta etapa, e assim formamos duas duplas e um trio (Tabela 4).

| EQUIPE A | EQUIPE B | EQUIPE A |
|--|---------------------------|----------------------------|
| ARQUITETA A DESIGNER A BIÓLOGA A | ARQUITETO B DESIGNER B | ARQUITETO C TECNÓLOGO A |

Tabela 4. Duplas e trios para Etapa 4 de Cocriação. Fonte: autores.

Mantivemos o desafio da etapa dois para a terceira etapa. Criamos uma sala virtual no Zoom para cada equipe compartilhar ideias e informações. Salientamos que é normal esboçar uma nova ideia ou uma combinação de ideias. E que os sketches podem incluir as ideias de outras pessoas. Solicitamos como saída da etapa em questão, que as equipes apresentassem um(a): (a) Conceito; (b) Solução, e (c) O que a solução resolve (Tabela 5).

ETAPA 3: Cocriação

DESAFIO 2: Como criar COBOGÓ que controla a ventilação por inspiração na *Ammophila arenaria* sem o uso da eletricidade ?

| DESCRIÇÃO | TEMPO | MODO |
|--|--------|-------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Cocriação - Escolher em equipe três ideias atraentes e esboçar possíveis soluções. Discutir e registrar informações em papel A4. | 25 min | Cocriação |
| <ul style="list-style-type: none"> Compartilhamento de ideias com todos os integrantes do FG: cada integrante terá 8 minutos para compartilhar as referências com os participantes. | 24 min | Duplas/Trio |

Tabela 5. Etapa 3, desafio, descrição do modo de desenvolvimento. Fonte: autores.

4. Resultados

Após a realização da SC, realizamos a transcrição, codificação e análise dos dados. Identificamos cinco temas principais (Tabela 6). O primeiro tema, classificado como ‘**Desafio do Projeto**’, abordou a princípio a dificuldade de projetar solução responsiva para o contexto climático de Portugal que apresenta elevada variação na amplitude térmica (podendo chegar em 20° C em único dia), como também, forte incidência de vento.

ARQUITETA A: Em Portugal tu tens que responder a tanta coisa. [...] O nosso clima tem muitas, muitas variações para ter só uma solução. A solução tem que ser muito versátil para conseguir dar resposta ao nosso clima.

O segundo desafio buscou refletir sobre quais seriam os parâmetros climáticos que deveriam nortear a adaptabilidade do elemento responsivo. E como o elemento responsivo pode ajustar a relação entre diferentes parâmetros para controle de fachada? O terceiro e último desafio refere-se à identificação das propriedades e construção do material com atuação, para que seja possível o controle sobre seu processo de fabricação e comportamento responsivo.

| TEMAS | CONCEITOS / ESTRATÉGIAS |
|---|---|
| 1. Desafio do projeto | <ul style="list-style-type: none"> - Clima de Portugal - O elemento responsivo deve responder a qual ou quais parâmetros climáticos? - Construir o comportamento com materiais que podemos ter o controle sobre seu fabrico e comportamento |
| 2. Parâmetros climáticos para controle na Fachada | Temperatura / Ventilação / Umidade / Iluminação / Incidência solar (sombreamento) / Amplitude térmica / Ganho e perda de calor. |
| 3. Abstração do organismo biológico <i>Ammophila arenaria</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Analogia com movimento de abertura e fechamento - Inspiração na secção transversal - Geometria longilínea da folha - Sulcos que percorrem todo o comprimento da folha - Minúsculos pêlos que protegem os estômatos (poros epidérmicos necessários para as trocas gasosas das plantas) |

Tabela 6. Temas, subtemas e estratégias identificados. Fonte: autores.

O tema **‘Parâmetros climáticos para controle da fachada’**, que compreende o segundo tema da análise, o processo de identificação de parâmetros para equacionar a proteção da radiação solar e maximização da luz natural, ao mesmo tempo que permite o controle da ventilação, e ganho e perda de calor. Durante a Etapa 2, cerca de 63% dos participantes relataram explicitamente a umidade em seus depoimentos; seguido da ventilação; temperatura, incidência solar (cada um com 38%); e amplitude térmica (com 25%). Já na Etapa 3, percebemos o direcionamento dos depoimentos e dos conceitos projetuais para responder à temperatura, e a perda de força referente à umidade. Há uma preocupação em como controlar a ventilação para o contexto climático frio, de modo a permitir se ajustar pelo usuário. Os parâmetros identificados seguem listados por ordem de intensidade na análise qualitativa, a saber: temperatura, ventilação, umidade, iluminação, incidência solar (sombreamento), e ganho e perda de calor.

O tema **‘Abstração do organismo biológico: *Ammophila arenaria*’** identificou diferentes estratégias do organismo de referência. A mais pontuada, com cerca de 75%, foi o movimento da *A. arenaria*, de abertura e fechamento foliar. A inspiração na secção transversal, demonstrou 50% do interesse. Seguido de 38% da geometria longilínea; 13% na inspiração dos sulcos que percorrem todo o comprimento da folha, que garantem a osmorregulação e controle do movimento da lâmina foliar (CHERGUI *et al.*, 2017). E 13% fez referência aos minúsculos pêlos que protegem os estômatos (poros epidérmicos necessários para as trocas gasosas das plantas). A Etapa 3, no entanto, evidenciou que a proposição de soluções apenas contemplou a analogia com movimento de abertura e fechamento da planta de referência.

O quarto tema **‘Oportunidades conceituais’** corresponde a síntese dos dados coletados durante a Etapa 2 e Etapa 3, sendo subdividido em três subtemas, a saber: (a) Conceitos; (b) Macroestratégias para o desenvolvimento e (c) Estratégias paramétricas. A Tabela 7 demonstra síntese qualitativa dos conceitos e materiais abordados.

A temática material demonstrou atenção inicial à materiais e conceitos que exploravam o parâmetro umidade (como hidrogel, cortina líquida, cobogó imerso em hidrogel, ou ainda material com inteligência para hidratação). Menção à liga de memória de forma surge durante a Etapa 1 e 3. Ideias para pesquisa de material foram elucidadas a partir do tecido vegetal: vivo, morto, ou o desenvolvimento de compósito entre as duas tipologias, como:

BIÓLOGA A: “O fungo, ele é constituído por quitina, que é um carboidrato [...]. Carboidrato pode ser facilmente hidratado. [...]” Poderia utilizar esse carboidrato em associação às cianobactérias (que fazem a fotossíntese, e emite gases, como o metano para gerar energia).

| TEMAS | CONCEITOS / ESTRATÉGIAS |
|--|--|
| <p>4 - Oportunidades Conceituais</p> <p>A - FLAGELOS ATUADOS verticais - horizontais - trama</p>  <p>Esfíncter tentáculos</p>  <p>B - MOVIMENTO abrir e fechar</p>  <p>C - MÓDULOS LONGILÍNEOS atuados e não atuados</p>  <p>D - CORTINA LÍQUIDA</p>  <p>F - COBÓGÓ AMEBA</p>  <p>G - SUPORTE módulos responsivos</p>  <p>5 - Materiais com comportamento e responsivos</p> | <p>4.1 Conceitos</p> <p>A - Flagelos atuados, em distintas direções - Horizontal, vertical e em trama (como material com inteligência responsiva, por exemplo, por hidratação) / Quantidade de flagelos (maior quantidade de flagelos pode proporcionar que o conjunto destes criem microfissuras, e ampliam a área de abertura para responder às condições ambientais) / Cobogó em forma do tecido vegetal, com prolongamentos, para facilitar a abertura e o fechamento do cobogó (como: estrutura esfíncter; cobogó carnívoro) / Flagelo com vazamentos internos / Tentáculos e flagelos que pode ser modularizados / Pretzel e as formas como eles se dobram e se misturem e se emaranham.</p> <p>B - Movimento de abertura e fechamento - Telha móvel / Membrana que se deforma como a folha da A. arenaria a depender da quantidade de umidade ou temperatura, e veda o cobogó / Inspiração na modularidade do cobogó / Geometria para abrir e fechar (Hélice rotatória (ventilação) / associar o voronoi com placa que possa abrir e fechar) / Instalação dos módulos a partir de cabos de suporte ou pontos fixos para fixar os elementos responsivos (Ex: vertical e transversal)).</p> <p>C - Módulos longilíneos com comportamento - Intercalamento entre os módulos / Módulos menores e alongados na posição vertical, horizontal ou sb volumetria complexa de fachada / Composição de módulos atuados e não atuados / Jogo entre Côncavo e Convexo dos elementos modulares em direções intercaladas.</p> <p>D - Reação química para adaptar a diferentes condições climáticas - Elemento interno ao cobogó e flexível para controle - Estrutura pneumática. Exemplo: Cortina líquida ou fluída - movimento de líquido ou gasoso no interior do elemento para arrefecer o ambiente / Cobogó imerso de hidrogel - aumento diminuição da parte vazada).</p> <p>F - Cobogó ameba - Inspiração na secção transversal da A. arenaria. O módulo não tem forma, mas ele se adapta ao momento, ao envoltório. Construir respeitando a forma do tecido vegetal / Cobogó em forma do tecido vegetal circular com sulcos, que propiciam uma melhor retenção de água.</p> <p>E - Diferentes padrões de abertura dos módulos, para otimizar sombreamento, pela análise do deslocamento solar / desenvolvimento de algoritmo paramétrico e material de tecido vegetal morto (micélio) ou vivo (cianobactérias).</p> <p>F - Responsivo pela energia cinética, energia térmica ou energia solar - Movimento cria energia para acionar os mecanismos. Mecanismo atuador ventoinha (Eixo de rotação / hélice ou geometria para proporcionar ventilação). Energia Solar / Energia térmica ou placa fotovoltaica (placas nano fotovoltaicas entre o vidro) / Movimento cinético (movimento acende a luz, sem eletricidade) / Elemento responsivo que gera energia para a construção</p> <p>G - Outros: Cobogó como elemento estrutural para construção civil / Descascar banana - como se os flagelos abrissem e fechassem o prédio ou cobogó. Sistema para fixar módulos responsivo (pontos fixos ou eixos), na horizontal, vertical ou sob volumetria construtiva complexa (Ex.: fixar nas extremidades, de cabos de aços)..</p> <p>4.2 Macro estratégias para o desenvolvimento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modularidade (elementos unitários padrão); - Células autônomas (elementos responsivos que respondem individualmente as condições do clima); - Considerar também o controle manual pelo usuário (Passivo) para ajustar às condições climáticas - Reduzir a escala das soluções, para otimizar a resposta cinética e controle; - Solução com a estação fria e a estação quente - compatibilizar com o vidro; - Espessura grossa da parede. <p>4.3 Estratégia paramétrica - Design gerativo - definição de parâmetros; restrições (como eixos, ou pontos fixos) e definição algorítmica.</p> <p>5.1 Materiais com comportamento</p> <p>A - Resposta à Umidade - Hidrogel / Reações químicas, alguma inteligência, como hidratação / Madeira responsiva com padrões de corte (cortado pela impressora a laser), para interagir com a umidade / Estrutura hidrostática;</p> <p>B - Resposta à Temperatura - Materiais com memória de forma (Liga de memória de forma) - controle do comportamento com acurácia e precisão / Estrutura pneumática;</p> <p>C- Armazenamento de Energia - Magnetismo</p> <p>5.2 Material Responsivo</p> <p>A - Tecido vegetal vivo - Como: cianobactérias (ambiente úmido aumento de proliferação de cianobactérias em meio aquoso); Fungo (carboidrato constituinte do fungo, pode ser facilmente hidratado / Compósito de fungo com as cianobactérias;</p> <p>B - Tecido vegetal morto - Como: Flagelos a partir de fibras de folhas / Micélio / fibra de bambu (sustentável, ele cresce rápido e resistente. Pesquisar responsividade com umidade); Extrair proteínas vegetais para fazer um cimento.</p> |

Tabela 7. Síntese das oportunidades conceituais e materiais. Fonte: autores.

DESIGNER B: “Acho muito interessante essa questão das algas [cianobactérias] também”, por exemplo, “Se tivesse um janelão, uma janela que fosse uma camada dupla de vidro com esse hidrogel e algumas algas dentro, que num período de maior umidade ela se proliferasse”.

A Imagem 3 evidencia os conceitos apresentados pelas equipes na Etapa 3. A Equipe A abordou dois conceitos principais. O primeiro sobre responsividade atuada pela energia cinética, energia térmica ou energia solar, e a possibilidade de ajuste manual pelo usuário. O segundo conceito contemplou o desenvolvimento de ‘**Sistema estático com sombreamento responsivo**’, a partir da definição de algoritmo paramétrico que controla a incidência solar e otimiza o sombreamento.

EQUIPE A: “Esses módulos poderiam trabalhar de forma estática, mas o que seria levado em conta é a translação do sol, e da geração de sombra, se fossem uns cobogós com estrutura de voronoi, com diferentes aberturas e fechamentos.

Não chegaram a definir o material, mas cogitaram utilizar o tecido vivo (compósito com cianobactérias entre o vidro, que se proliferam segundo à umidade) ou o tecido vegetal o morto, o *mycelium* (estrutura radicular de cogumelos (rede de raízes), que à medida que crescem colaboram para a limpeza do ar).



Imagem 3. Síntese dos conceitos criados na Etapa 3 de cocriação. Fonte: autores.

A Equipe B propôs o conceito de ‘**Cortina fluída - crescimento pneumático**’, através de cobogó constituído por membrana pneumática flexível, que funciona a partir "da interação térmica, entre o gás interno e a sua morfologia, que irá se expandir ou se retrair" (EQUIPE B). A solução permite modularidade a partir da conexão entre padrões (elementos unitários): “padrões e módulos que são conectados para gerar formas e superfícies (EQUIPE B); e busca considerar a interação com o usuário, como apresentado no projeto Canopy1, da Pneuhaus, em que pessoas ao pedalam, armam membranas pneumáticas. A Equipe C, por sua vez, utilizou como conceitos norteadores: a modularidade do cobogó, células autônomas e pontos fixos. A ‘**Célula Autônoma**’ consiste em módulo responsivo, que se adapta individualmente à variação de temperatura, através da abertura e fechamento, e com funcionamento independente entre as células. O conceito norteador de pontos ou eixos fixos (na vertical ou transversal) estratégias para fixar as células em envoltório modular inspirado no padrão tradicional do cobogó. A quantidade de células autônomas e a escala variam a depender do material e processo construtivo, podendo ser 3 ou 314 elementos. A maior quantidade de células pode proporcionar que o conjunto destes criem microfissuras, e ampliem a área de abertura para responder às condições ambientais.

EQUIPE C: “[...] no final a gente chegou à conclusão que a liga de memória de forma, é uma prática bem mais interessante do que usar a hidratação, por causa da acurácia e precisão desse tipo de material”.

Aspectos referentes à definição do design gerativo, também foram abordados através da definição dos parâmetros climáticos para controle das células autônomas; definição de restrições e do algoritmo propriamente dito, para então gerar uma ampla gama de soluções.

Conclusões

A Sessão de Cocriação (SC), virtual ou presencial, demanda planejamento com vantagens e desvantagens para ambas as abordagens. A utilização de plataformas intuitivas e já conhecidas pelos participantes, como também, a exploração de sala de aula invertida, e de equipe de mentores para auxiliar no processo de registro, proporcionou a dinamicidade da sessão. A SC exige controle do tempo para um desenvolvimento eficaz e eficiente, entretanto precisa ser flexibilizado para permitir o arremate das ideias. A formação de salas virtuais no Zoom para os grupos, compartilharem conhecimento, foram importantes, resultando em discussões ricas, com muitos conceitos projetuais para referência. O desenvolvimento do painel de referência com múltiplos participantes demonstrou vantagem no processo intuitivo para inserção das referências e desvantagem no processo de compartilhamento, pois alguns participantes tiveram dificuldade de localizar referências na hora de compartilhar. A partilha dos sketches pelo grupo do WhatsApp facilitou o compartilhamento de ideias. Como direcionamento, para futuras abordagens, incentivamos a ampliação da dinâmica em uma hora, a fim de ampliar o tempo de partilha entre os integrantes.

Durante a análise dos dados, identificamos ênfase para a umidade na etapa 1, que foi progressivamente perdendo relevância em relação à temperatura e incidência solar, ficando evidente nos conceitos finais da etapa 3. A modularidade (elementos unitários padrão), surge como principal referência à tipologia cobogó. Com relação à *Ammophila arenaria*, percebemos na Etapa 2, relatos sobre diferentes abstrações à morfologia, fisiologia e comportamento do organismo. Contudo, os conceitos da etapa final abordaram apenas o movimento de abertura e fechamento foliar, ratificando esta característica do organismo de referência como sendo a que chama mais atenção. A questão da redução da escala das soluções responsivas deve ser levada em consideração, como direcionamento, pois módulos menores permitem aprimorar o controle da resposta.

Consideramos o desenvolvimento da SC relevante para repensarmos em conjunto com equipe multidisciplinar conceitos de projeto bioinspirado que buscam reduzir o consumo energético, a partir de materiais alternativos e do uso intensivo de design digital. A inserção de integrantes com diferentes experiências climáticas foi de extrema relevância para questionar quais seriam os parâmetros de relevância para o contexto climático de Portugal. Neste sentido, os parâmetros de proteção solar e iluminação ganham força em detrimento da ventilação. Percebemos que uma das principais vantagens SC virtual é facilitar a participação de integrantes de diferentes partes do mundo, tornando ilimitada as fronteiras entre os países e ampliando a troca de conhecimento entre diferentes culturas. Há o ganho na economia dos recursos naturais energéticos com economia de recursos para viagens, contudo, percebe-se na relação interpessoal presencial. Assim, esperamos que a SC norteie aspectos conceituais para desenvolvimento de propor solução de cobogó responsivo, para compor fachada adaptáveis e responsivas, como proporcionar proteção solar e iluminação, e opção de ventilação com controle pelo usuário. Tal solução, no entanto, deve primar por não utilizar

sistema eletromecânico, a fim de contribuir para redução do consumo energético e sustentabilidade das edificações.

Agradecimentos

Esta investigação é apoiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) SFRH/BD/144910/2019 e acolhida pelo Centro de Investigação em Arquitetura, Urbanismo e Design - CIAUD da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa.

Referências

ANDRADE, Tarciana *et al.* Overview of Nastic Movements in Plants: A Data Collection for Developing Responsive Facades. 2020. In *4th INTERNATIONAL CONFERENCE FOR Biodigital Architecture & Genetics*, ed. Alberto T. Estévez. Barcelona: iBAG-UIC, 212–21.

ARRUDA, Amilton José Vieira de. *Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: A Revolução Tecnológica Pela Natureza*. 2018. São Paulo: Blucher.

BADARNAH, Lidia, and Usama Kadri.. A Methodology for the Generation of Biomimetic Design Concepts. 2015 *Taylor & Francis Group* p. 37–41.

BRAUN, Virginia; Victoria Clarke.. *Successful Qualitative Research: A Practical Gríde for Beginners*. 2013. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore and Washington DC: SAGE Publications.

CAMACHO, Darwin Onésimo Jaime; HELENICE, María Sacht; VETTORAZZI, Egon. Brick Vents to Cobogó : History of Use in Brazilian Architecture and Considerations Regarding Its Adaptation to Climate. 2018. p. 205–16.

CHEGUI, A, L El Hafid; MELHAOUI, M. Characteristics of marram grass (*Ammophila arenaria* L .), plant of the coastal dunes of the Mediterranean Eastern Morocco : Ecological , morpho-anatomical and physiological aspects. 2017. *Journal of Materials and Environmental Sciences*. p. 3759–65.

IPCC. Special Report: Global Warming of 1.5°C. 2018. Disponível em:
<<https://www.ipcc.ch/sr15/>>

FIORITO, Francesco *et al.* Shape Morphing Solar Shadings: A Review. 2016. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55: 863–84.

GUMUCHDJIAN, Philip; Rogers, Richard. *Cidades para um pequeno planeta*. 2011. Tradução: Anita Regina Di Marco. 1 Ed. Barcelona: Gustavo Gilli.

GOOGLE. “Design Sprint: Sketch Methods.”
<https://designsprintkit.withgoogle.com/methodology/phase3-sketch>

GRUBER, P; GOSZTONYI, S. Skin in architecture: Towards bioinspired facades. 2010. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 138, 503–513.

KADIOGLU, Asim; TERZI, Rabiye, SARUHAN, Neslihan; SAGLAM, Aykut. Current Advances in the Investigation of Leaf Rolling Caused by Biotic and Abiotic Stress Factors. 2012. *Plant Science* 182, p. 42–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.01.013>.

LOPEZ, Marlén; RUBIO, Ramón; MARTÍN, Santiago; CROXFORD, Ben. How Plants Inspire Façades. From Plants to Architecture: Biomimetic Principles for the Development of Adaptive Architectural Envelopes. 2017. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, p. 692–703. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.018>.

MARSHALL, S. 2019. *The Breeze Block Book*. Publisher Uro Publications.

MARTIN, Bella; HANINGTON, Bruce. Choice Reviews Online *Universal Methods of Design: 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions*. 2012. United States of America: Rockport Publishers.

OLIVEIRA, Maria João Marques de. Towards a Bio-Shading System Concept Design Methodology. 2019. Instituto Universitário de Lisboa, School of Technology and Architecture.

OMRANY, Hossein *et al.* Application of Passive Wall Systems for Improving the Energy Efficiency in Buildings : A Comprehensive Review. 2016. v. 62, p. 1252–69.

VIEIRA, Antenor; BORBA, Cristiano; RODRIGUES, Josivan. *Cobogó de Pernambuco*. 2013. 1st ed. ed. Jossivan Rodrigues. Recife.

Sistema construtivo modular a partir da flexibilização na geração de alternativas

Modular construction system based on flexibility in the generation of alternatives

Laila Nuić

nuic.arquiteturaearte@gmail.com

Lisiane Ilha Librelotto

lisiane.librelotto@arq.ufsc.br

Resumo

A necessidade de mudanças, cada vez mais frequentes no dia a dia das pessoas, acaba por transformar, também, os ambientes em que vivem. Este estudo trata da elaboração de um sistema construtivo modular, que atenda às necessidades de uma arquitetura mais flexível e dinâmica, em que as alterações feitas, no decorrer de sua vida útil, possam acontecer de forma a não perder o conceito construtivo original. Esta pesquisa teve como um dos principais objetivos, demonstrar as possibilidades de arranjos espaciais, através da modularidade e da padronização de seus componentes, de forma criativa e sem perdas para o meio ambiente. O desenvolvimento do sistema construtivo teve, como ponto de partida, os padrões de crescimento encontrados na natureza, as possibilidades projetuais através das malhas geométricas e os processos de composição dos espaços na arquitetura. Como resultado, obteve-se um sistema construtivo modular onde são articulados ambientes diferentes, em sua forma, e adaptável a novos contextos.

Palavras-chave: Arquitetura modular; flexibilidade espacial; desenvolvimento sustentável.

Abstract

The need for changes, more and more frequent in people's daily lives, ends up transforming the environments in which they live. This study deals with the development of a modular construction system, which meets the needs of a more flexible and dynamic architecture, in which the changes made, during its useful life, can happen in a way that does not lose the original constructive concept. This research had as one of the main objectives, to demonstrate the possibilities of spatial arrangements, through the modularity and the standardization of its components, in a creative way and without losses for the environment. The development of the construction system had, as a starting point, the growth patterns found in nature, the design possibilities through geometric meshes and the processes of composition of spaces in architecture. As a result, a modular construction system was obtain, in which different environments are articulated, in their shape, and adaptable to new contexts.

Keywords: Modular Architecture; spatial flexibility; sustainable development.

1. Introdução

O estudo apresentado, neste artigo, procura demonstrar a contribuição dos sistemas generativos ao processo de projeto na arquitetura e no desenvolvimento de soluções tecnológicas. Neste contexto, alguns aspectos devem ser considerados. A arquitetura, quando organizada em módulos, pode gerar vários questionamentos, principalmente com relação à sua estética e funcionalidade. Neste estudo são tratados alguns aspectos que envolvem padrões e repetições. Inicialmente, a forma como são encontrados na natureza e, posteriormente, como podem ser aplicados na arquitetura.

O objetivo desta pesquisa foi demonstrar as possibilidades de organização do espaço, de forma criativa e com a padronização dos seus componentes, a fim de se obter uma melhor qualidade nas várias etapas de montagem dos elementos construtivos. Partindo-se da ideia de uma arquitetura evolutiva, com possibilidade de agregação de espaços dentro de um mesmo conceito construtivo, e também de agregar espaços em ambientes já construídos, optou-se por um sistema construtivo modular, onde vários tipos de módulos possam ser agrupados e remanejados de acordo com as necessidades dos usuários. Para a elaboração do sistema construtivo modular foram considerados como requisitos: a possibilidade de pré-fabricação dos elementos construtivos; a viabilidade de montagem e desmontagem dos módulos para utilização em locais variados; a flexibilidade do sistema modular, podendo ser objeto de acréscimos considerando o mesmo sistema de módulos, ou uma opção de acréscimo em edificações já existentes.

2. Fundamentação

Padrões e repetições sempre foram utilizados na arquitetura determinando o valor estético de cada época, não se constituindo, no entanto, em fatores limitadores. Através da observação da natureza, também pode-se verificar padrões de crescimento manifestando-se de diferentes formas. Doczi (1990), em seu livro *O Poder dos Limites*, trata do estudo das proporções existentes na natureza e da harmonia resultante delas. Partindo do exemplo de uma margarida, ele descreve a forma do seu centro demonstrando o seu padrão de crescimento (Figura 1).

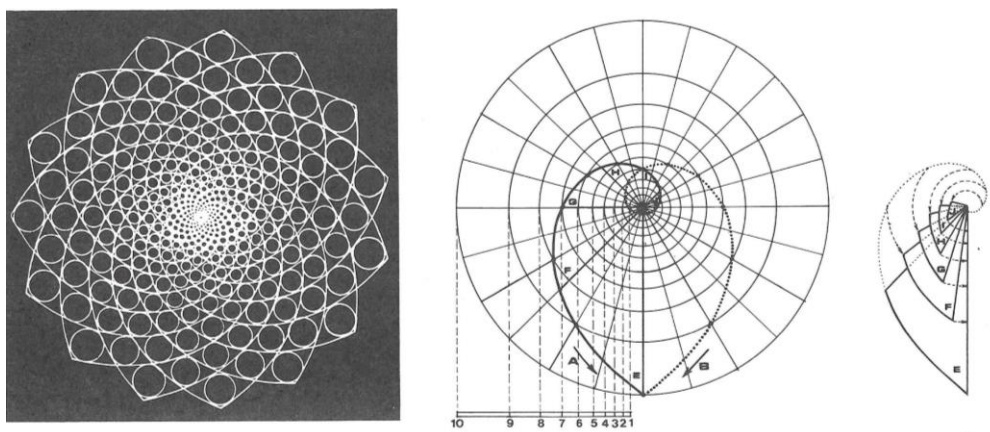


Figura 1: Diagramas de uma margarida - Espirais geradoras que se movem em direções opostas.
Fonte: Doczi, 1990.

Este padrão foi reconstituído esquematicamente através de círculos concêntricos, que crescem numa escala logarítmica, e de retas partindo do centro. Ligando-se os pontos de interseção das retas com os círculos, em grupos de linhas opostas, aparecem os espirais de crescimento da margarida (DOCZI, 1990).

A relação expressa na Figura 1 é a mesma da seção áurea, que reflete a relação recíproca entre as duas partes desiguais de um todo, na qual a parte menor está para a parte maior, assim como a parte maior está para o todo. Estes padrões gerados por espirais que se movem em direções opostas são verificados em várias formações da natureza (Figura 2). Doczi (1990) salienta a importância do poder gerador, através da união dos opostos na criação de padrões, e propõe um novo termo – dinergia, que representa, no caso da margarida e de outras plantas, a energia criadora do crescimento orgânico.

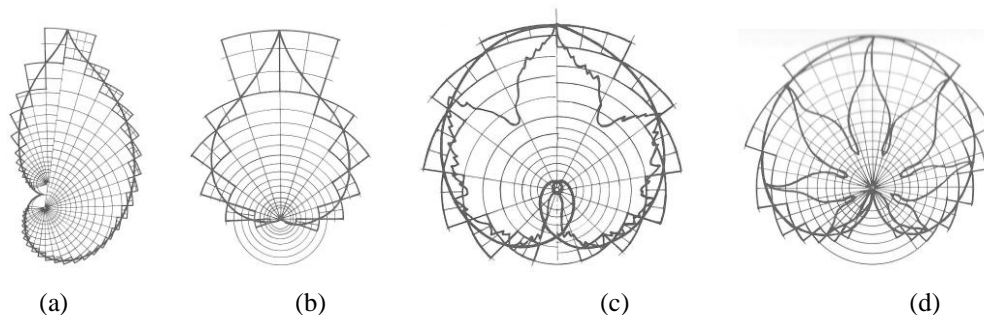


Figura 2: Reconstrução de contorno de folhas: (a) Begônia; (b) Lilás; (c) Folha de uva concórdia; (d) Bordo japonês. Fonte: Doczi, 1990.

As formas geradoras, na arquitetura, partem de geometrias básicas como o quadrado, o triângulo e o círculo que, por sua vez, formam cubos, pirâmides e esferas, que podem estar ou não contidos em formas irregulares. Ching (2013), no livro *Arquitetura – forma, espaço e ordem*, descreve as formas geradoras dos volumes e dos espaços na arquitetura, através de formas geométricas, resultantes de composições articuladas entre objetos. Estas composições foram denominadas como formas subtrativa e aditiva (Figura 3).

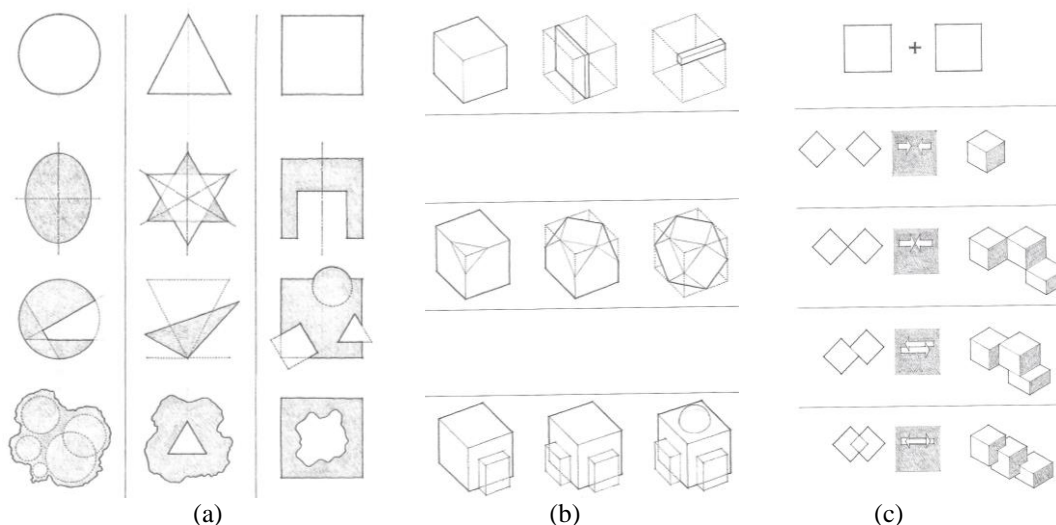
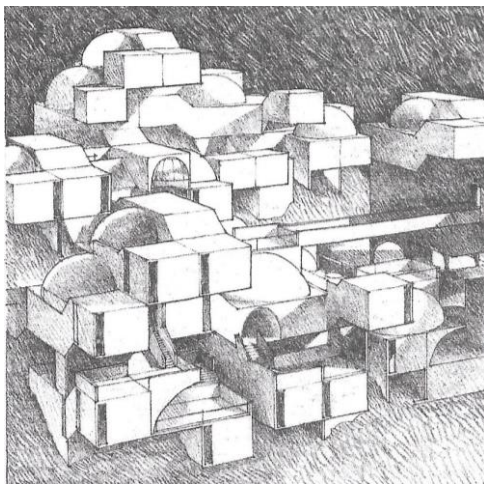
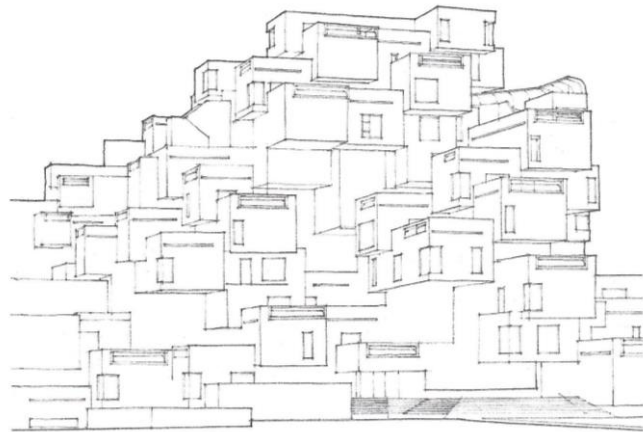


Figura 3: (a) formas geradoras; (b) formas transformadas por adição e subtração; (c) forma aditiva. Fonte: Ching, 2013.

Na forma subtrativa são removidas parte dos sólidos ou das formas geométricas. Dependendo da quantidade de massa removida dos sólidos, ou das dimensões subtraídas das formas, o objeto pode ser transformado em outro diferente do original ou, simplesmente, ter sua forma mantida visualmente. Neste último caso, esta percepção acontece pelo fato da nossa visão tender a completar formas conhecidas, mesmo com a ausência de parte delas. A forma aditiva é o resultado da junção de duas ou mais formas, que pode acontecer por meio de quatro possibilidades básicas: por tensão espacial, que se manifesta pela proximidade das formas, ou por possuírem as mesmas características visuais como formato, cor ou material; por contato de arestas, quando as formas têm uma aresta comum e podem girar em torno dela; por contato de faces, onde duas formas tenham superfícies planas correspondentes e paralelas entre si; e por volumes interseccionados, quando as formas se sobrepõem parcialmente, no espaço independente de suas características visuais. Os novos agrupamentos podem ser classificados de acordo com a natureza das relações que existem entre os elementos compositivos, que correspondem a: forma centralizada, onde várias formas são agrupadas em torno de um elemento principal, dominante e centralizado; forma linear, onde os elementos são distribuídos sequencialmente em uma fileira; forma radial, onde a composição é formada a partir de um ponto central; forma agrupada ou aglomerada, representada por um conjunto de formas agrupadas por proximidade, ou por possuírem uma característica visual comum; forma em malha, com módulos agrupados, através de regras definidas por meio de uma malha tridimensional. Na arquitetura, a forma aglomerada pode ser representada pelos conjuntos habitacionais projetados pelo arquiteto Moshie Safdie na cidade de Jerusalém em Israel e em Montreal no Canadá, apresentados na Figura 4 (CHING, 2013).



(a)



(b)

Figura 4: (a) Conjunto habitacional pré-fabricado em Jerusalém, 1966; (b) Conjunto habitacional pré-fabricado em Montreal, 1967 – Arquiteto Moshie Safdie. Fonte: Ching, 2013.

O estudo das malhas geométricas, a partir das quais são gerados os polígonos agrupados, segundo uma regra de formação, foi bem detalhado por Sá (1982) em seu livro Edros. Nele, são estudadas as malhas repetitivas que seguem regras de formação possuindo, assim, comportamento previsível e analisável. Estas malhas foram classificadas como regulares e semirregulares. As malhas, desde as mais simples até as mais complexas, podem ser desenhadas através do cruzamento de dois feixes de paralelas, ortogonais entre si. As linhas de cada feixe ficam, então, distanciadas segundo uma série de intervalos repetitivos. As malhas também podem ser modificadas deformando-se as dimensões em

uma das direções, ou em ambas. Outra maneira seria modificando o ângulo formado entre as direções (SÁ, 1982).

As malhas classificadas como regulares são formadas por apenas um tipo de polígono regular. Já as semirregulares são formadas por mais polígonos, podendo variar entre três e seis. De acordo com Sá (1982), “a análise da quantidade de possíveis malhas, formadas com polígonos regulares, baseia-se no teorema que afirma que, em um polígono regular de n lados, o ângulo interno do vértice é igual a $180^\circ (n - 2) / n$, em graus”. No desenvolvimento deste teorema, chega-se à conclusão que as malhas regulares são formadas apenas pelos polígonos triângulo equilátero, quadrado e hexágono. Mais alguns desdobramentos do teorema e encontram-se 15 tipos de vértices capazes de fornecerem malhas planas.

Outras malhas, ditas “duais”, são aquelas que têm por nós, os centros dos polígonos definidos pelas malhas semirregulares simples, duplas ou triplas, com características definidas formadas por vértices de mais de um tipo (Figura 5), onde o número de tipos de nós é igual ao número de polígonos da malha de origem (SÁ, 1982). As malhas regulares são duais de si mesmas. A malha triangular é dual da hexagonal e vice-versa, e a malha quadrada é dual dela própria (Figura 6).

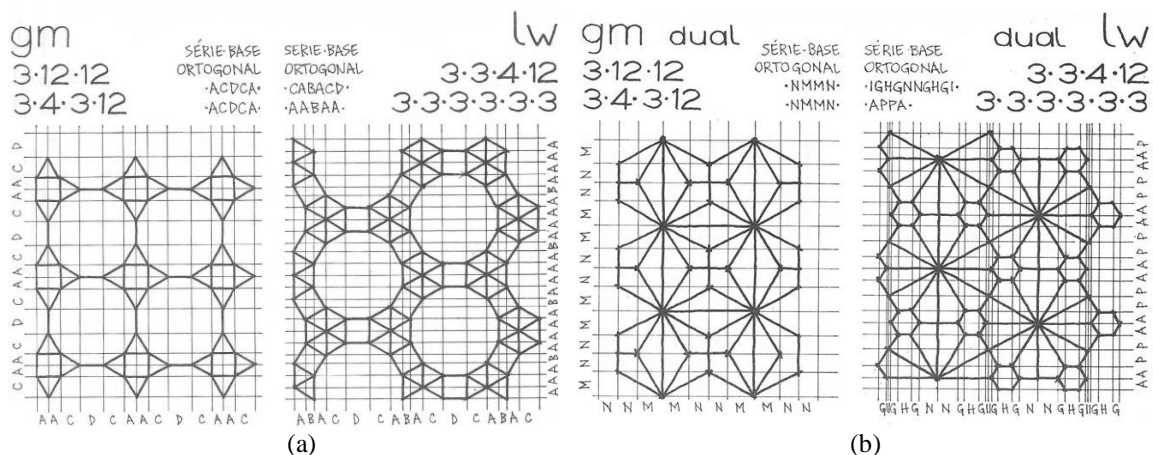


Figura 5: (a) malhas geométricas semirregulares duplas; (b) Malhas semirregulares duais. Fonte: Sá, 1982.

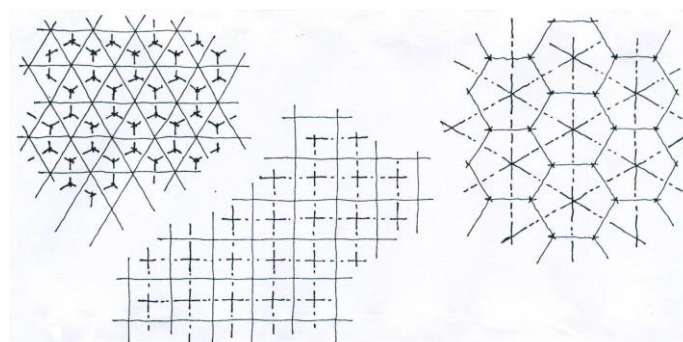


Figura 6: Malhas regulares duais. Fonte: Sá, 1982.

As malhas de prismas são malhas tridimensionais, formadas pela ligação dos vértices de duas malhas planas. Cada polígono da malha inferior torna-se a base de um prisma, e as

linhas entre os planos, as arestas laterais. Dois exemplos de malhas de prismas podem ser citados: as malhas semirregulares ortogonais (Figura 7a), que são geradoras de agrupamentos de prismas retos com mais de um tipo de base; e a malha ortotrigonal (Figura 7b) que gera prismas retos de base triangular. Estas malhas são geradoras da maioria dos nossos edifícios podendo formar complexas combinações de ambientes nos espaços construídos.

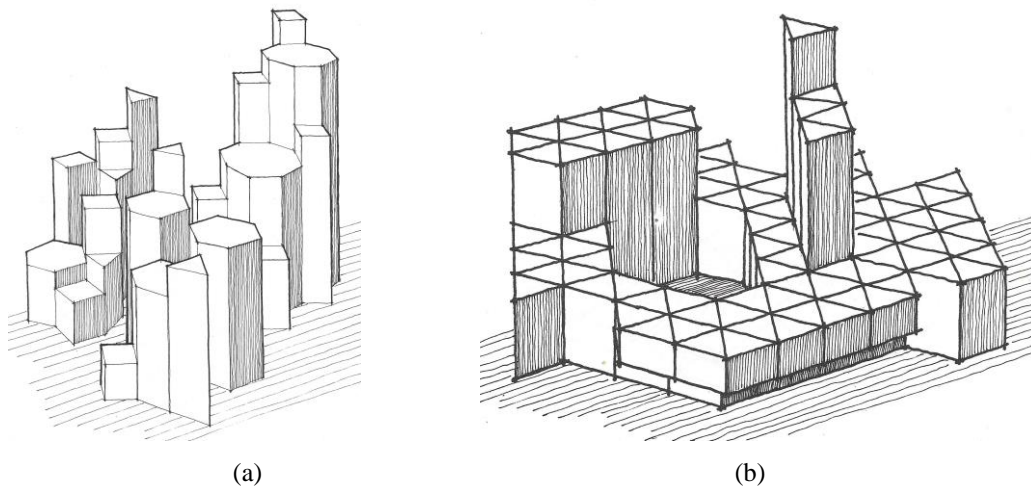


Figura 7: Malhas de prismas: (a) Malhas semirregulares ortogonais; (b) Malha ortotrigonal. Fonte: Sá, 1982.

Através do estudo das malhas podemos observar que um elemento (representado nas malhas por uma reta), ou um módulo, pode ser repetido de diversas formas originando inúmeras combinações de forma original e criativa. Pode-se dizer que a repetição torna-se um fator agregador à criatividade. A repetição se apresenta como forma de adicionar elementos, formando um sistema construtivo inovador e único, sem perder ou inibir, com isso, a criatividade do projetista. Muito pelo contrário, a possibilidade de geração de alternativas, torna-se um multiplicador de opções projetuais e construtivas, que o arquiteto irá dispor no momento da tomada de decisões. Tais fundamentos de geometria estão presentes em diversas culturas, pela geometria islâmica, grega, com fractais, arquitetura quântica, geometria sagrada e podem ser vislumbradas sob a ótica de vários autores (HARDING, 2001; OSTWALD, 2001; MANDELROT, 1982; SÁ, 2018).

3. Método

Com base no processo de formação de padrões encontrados na natureza, foi elaborado um sistema construtivo modular inspirado, inicialmente, na forma de uma concha. Como exemplo, pode ser citado o molusco *Haliotis asinina* representado na Figura 8a, segundo seu esquema de crescimento. E na Figura 8b, a espiral logarítmica do crescimento típico de uma concha observando a proporção áurea.

Com a intenção de trabalhar com materiais naturais renováveis, esta proposta foi destinada a uma construção com elementos estruturais de colmos de bambu. Nesta proposta de estudo foram pesquisadas peças retas e curvas a partir de um quadrado de

dimensões estabelecidas em função do pé-direito necessário para uma edificação e também das características físicas e mecânicas do material utilizado, no caso, o bambu.

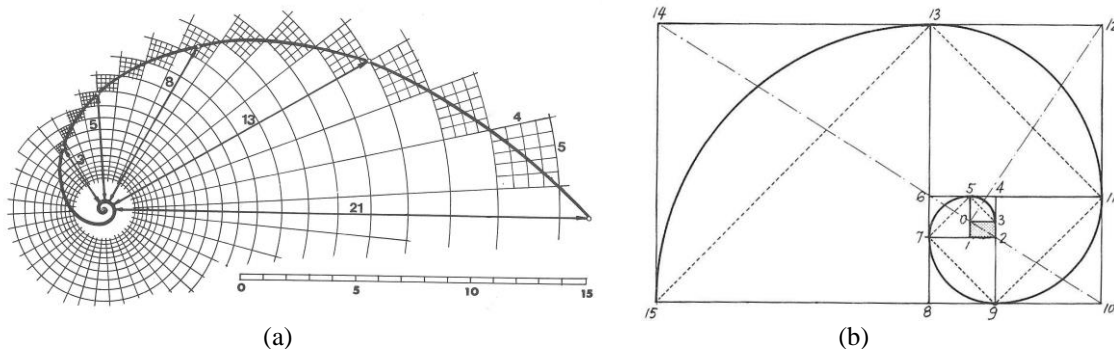


Figura 8: (a) reconstrução dinérgica do contorno da concha – Haliote (*Haliotis asinina*); (b) espiral logarítmica, típica da expansão da concha, representada através da proporção áurea. Fonte: Doczi, 1990.

Estabelecidos os parâmetros construtivos, foram estudados os módulos para a composição arquitetônica. Estes módulos foram projetados para serem assentados em terrenos tanto planos quanto inclinados, possibilitando um maior e melhor aproveitamento das áreas. O sistema construtivo modular proposto teve seu foco em edificações de no máximo dois pavimentos, sendo sua destinação para qualquer tipo de uso. No Quadro 1 estão relacionadas as etapas do processo de desenvolvimento do sistema construtivo.

| Etapas | Descrição |
|--|---|
| Etapa 1 – Módulos | Elaboração dos módulos estruturais a partir dos conceitos de modularidade arquitetônica e padrões existentes na natureza. |
| Etapa 2 – Composições dos módulos | Elaboração de modelos de agrupamentos a partir dos módulos propostos; Verificação dos tipos de ligações geradas. |
| Etapa 3 – Projeto do sistema construtivo | Elaboração do projeto do sistema construtivo, considerando os sistemas estrutural, de cobertura, de fechamento e de piso; Verificação das possibilidades construtivas para instalações hidráulicas e elétricas. |
| Etapa 4 – Protótipo 1 Módulos estruturais | Projeto e construção do sistema estrutural, utilizando-se determinados modelos de agrupamentos; Testes com montagem e desmontagem das peças estruturais; Testes com acréscimos de módulos a outros já edificados. |
| Etapa 5 – Protótipo 2 Sistema construtivo | Projeto e construção do sistema construtivo, utilizando-se determinados modelos de agrupamentos; Testes com montagem e desmontagem do sistema construtivo; Testes com acréscimos de módulos a outros já edificados. |
| Etapa 6 – Validação da proposta do sistema construtivo modular | Avaliação da proposta do sistema construtivo modular, através dos testes com os protótipos; Reestruturação da proposta; Novos testes; Definição do sistema construtivo modular. |

Quadro 1: Etapas de desenvolvimento do sistema construtivo modular. Fonte: Elaborado pelas autoras.

4. Resultados e discussões

Neste artigo são apresentados os resultados alcançados nas etapas 1 e 2, considerando que estas etapas foram fundamentais para a continuidade do desenvolvimento da proposta do sistema construtivo modular. Estas etapas são marcadas por três momentos importantes: a definição dos módulos estruturais; a organização dos módulos em modelos de agrupamentos; e a verificação das ligações geradas pelas composições dos módulos.

Foram projetados três módulos a partir das peças reta e curva propostas. O primeiro, o cubo, onde só existem peças retas, no total de 12 peças. O segundo, em que, partindo do cubo, são substituídas cinco peças retas por duas peças curvas, no total de 9 peças. No terceiro módulo são mantidos três eixos perpendiculares entre si, com três peças retas, que são unidas com outras três peças curvas, no total de 6 peças (Figura 9).

As dimensões das peças retas e curvas partem das dimensões estabelecidas para o quadrado de referência. Assim, a peça reta corresponde ao lado do quadrado e a peça curva a $\frac{1}{4}$ de círculo inscrito no quadrado, considerando a utilização de todas as peças estruturais com mesmo tamanho tanto para as peças retas quanto para as peças curvas.

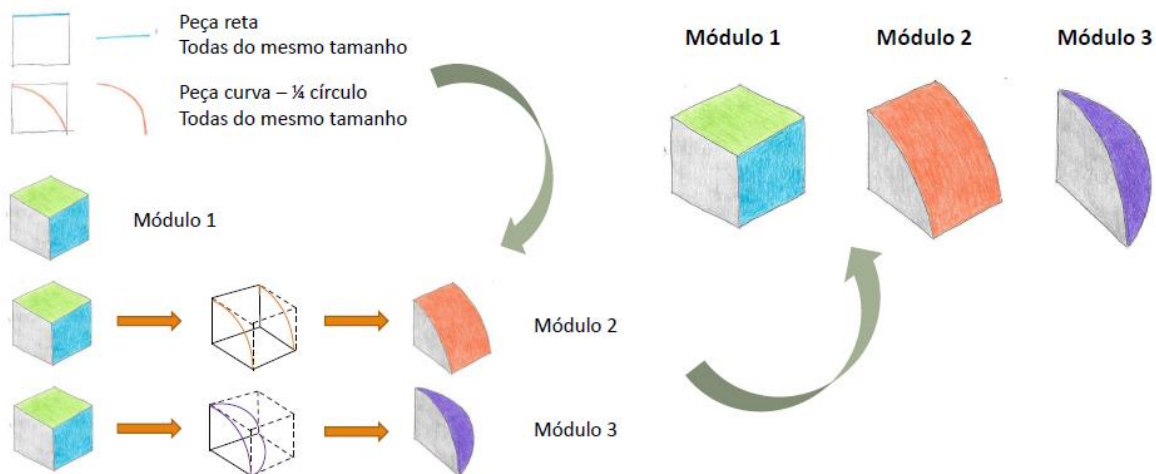



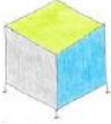
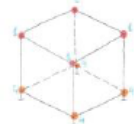

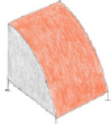
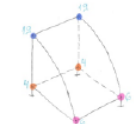




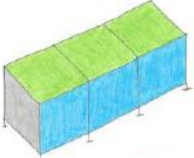
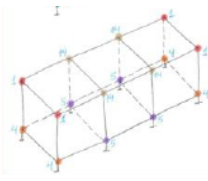


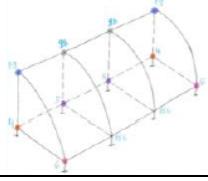


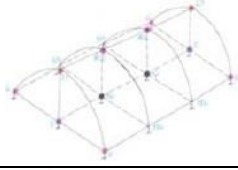


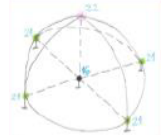

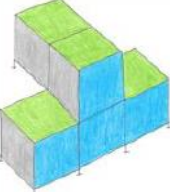
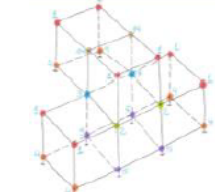
Figura 9: Construção dos módulos. Fonte: Elaborado pelas autoras.

A partir dos módulos propostos foram elaboradas composições com módulos iguais e diferentes. Foram geradas 12 composições, para estudo, sendo que dentre elas 3 são formadas pelos módulos base, 5 são formadas por módulos iguais e 4 são formadas por módulos diferentes. Os Modelos 1 a 8 são constituídos por apenas um tipo de módulo (Quadro 2). Os Modelos 9 a 12 são constituídos por 2 ou 3 tipos de módulo (Quadro 3). Estes modelos foram elaborados com o objetivo de se verificar os vários tipos de ligação que podem ser gerados com a união dos módulos.

Os Modelos 1, 2 e 3 são compostos pelos módulos base, para verificação das ligações geradas a partir das peças estruturais envolvidas. Ligações entre peças retas, entre peças retas e curvas e entre peças curvas.

Os Modelos 4 e 5 são compostos pela união de 3 módulos. No Modelo 4 foi utilizado apenas o Módulo 1 para a verificação estrutural do encontro destes módulos. Com estes três módulos já é possível identificar as ligações formadas nas faces externas e internas. Se forem agrupados mais módulos, seguindo o sentido longitudinal, os tipos de ligações irão apenas se repetir, não serão gerados novos tipos de ligação. Inicialmente serão agrupados

os módulos em apenas um pavimento, sendo o esforço estrutural solicitado apenas para sustentação da cobertura. No Modelo 5 são utilizados apenas o Módulo 2.

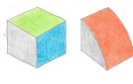
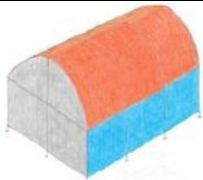
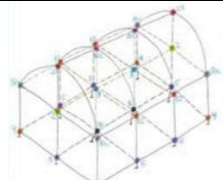
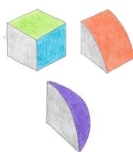

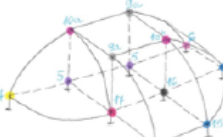
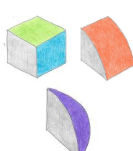
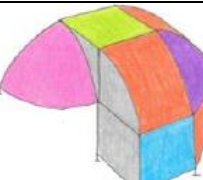
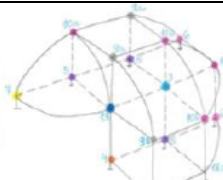
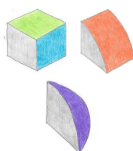
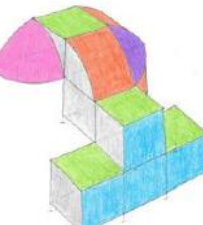
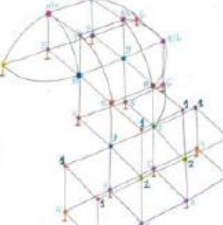
| Modelo/ no.pav. | Módulos utilizados | Composições/ no.de módulos | Esquema estrutural | Número total de peças estruturais | Número de ligações |
|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|
| 1 1 pav. |  |  1 |  | 12 Retas – 12 | 8 (2 tipos de ligações) |
| 2 1 pav. |  |  1 |  | 8 Retas – 6 Curvas - 2 | 6 (3 tipos de ligações) |
| 3 1 pav. |  |  1 |  | 6 Retas – 3 Curvas – 3 | 4 (3 tipos de ligações) |
| 4 1 pav. |  |  3 |  | 28 Retas – 28 | 16 (4 tipos de ligações) |
| 5 1 pav. |  |  3 |  | 18 Retas – 14 Curvas – 4 | 12 (6 tipos de ligações) |
| 6 1 pav. |  |  6 |  | 29 Retas – 21 Curvas – 8 | 16 (6 tipos de ligações) |
| 7 1 pav. |  |  4 |  | 13 Retas – 5 Curvas – 8 | 6 (3 tipos de ligações) |
| 8 2 pav. |  |  5 |  | 44 Retas - 44 | 24 (6 tipos de ligações) |

Quadro 2: Síntese dos modelos de agrupamentos dos módulos. Modelos 1 a 8, constituídos por um tipo de módulo. Fonte: Elaborado pelas autoras.

Com o Modelo 6 pretende-se verificar o espaço gerado com o agrupamento dos módulos, no caso o Módulo 2, no sentido longitudinal e transversal, e os novos tipos de ligações geradas.

O Modelo 7 é o resultado do agrupamento dos módulos, com utilização do Módulo 3, que se traduz em um espaço circular, com uma ligação superior unindo todas as peças estruturais curvas.

Com o Modelo 8 é proposto um agrupamento organizado a partir do Módulo 1, sendo este, agrupado tanto no sentido longitudinal, quanto no sentido transversal, porém, desenvolvido em dois pavimentos. A proposta inicial deste sistema construtivo é que ele possa ser desenvolvido em até dois pavimentos, e que também possa ser agrupado de várias formas. Sendo assim, este modelo propõe a união de 5 Módulos 1, nos sentidos longitudinal e transversal, e sobrepostos em dois pavimentos, para verificação das peças estruturais e das ligações geradas. Este modelo pode ser construído em terrenos planos, onde há uma projeção do 2º. pavimento no sentido transversal, podendo gerar um espaço coberto e aberto, sendo o espaço aberto sustentado por dois pilares. E também, pode ser construído em um terreno inclinado de forma que o módulo do 2º. Pavimento, que não está sobreposto no módulo do 1º. Pavimento, possa ser apoiado em uma fundação.

| Modelo/ no.pav. | Módulos utilizados | Composições/ no.de módulos | Esquema estrutural | Número total de peças estruturais | Número de ligações |
|---------------------|---|---|--|--|------------------------------------|
| 9 2 pav. |  |  12 |  | 54 Retas – 46 Curvas – 8 | 28 (9 tipos de ligações) |
| 10 2 pav. |  |  5 |  | 24 Retas – 17 Curvas – 7 | 13 (8 tipos de ligações) |
| 11 2 pav. |  |  7 |  | 34 Retas – 26 Curvas – 8 | 18 (9 tipos de ligações) |
| 12 3 pav. (*) |  |  11 |  | 67 Retas – 59 Curvas - 8 | 34 (13 tipos de ligações) |

(*) 3 pavimentos no total e no máximo 2 pavimentos em cada desnível.

Quadro 3: Síntese dos modelos de agrupamentos dos módulos. Modelos 9 a 12, constituídos por mais de um tipo de módulo. Fonte: Elaborado pelas autoras.

No Modelo 9 foram agrupados os módulos de forma a se utilizar mais de um tipo de módulo. Neste caso, foram utilizados os Módulos 1 e 2, com a sobreposição dos Módulos 2 sobre os Módulos 1, totalizando 12 módulos. Apesar da forma final do modelo sugerir um galpão ou uma edificação com pé-direito alto, também pode ser utilizado como uma edificação de dois pavimentos, dependendo do seu uso e do tipo de cobertura escolhido.

O Modelo 10 é uma estrutura desenvolvida em 1 pavimento e com a utilização de três módulos diferentes, Módulo 1, Módulo 2 e Módulo 3. Os módulos foram agrupados de modo a se verificar a maneira como eles se complementam e, também, como se encaixará uma peça estrutural curva quando unida à face reta do cubo. Neste agrupamento novas ligações são geradas e novos espaços também. Foram utilizados, neste modelo, um Módulo 1, dois Módulos 2 e dois Módulos 3. No encontro do Módulo 3 (em rosa) com o Módulo 1, não só as ligações terão modificações estruturais, como também, o fechamento da face de encontro dos dois módulos deverá ter um projeto específico. O agrupamento dos módulos, neste modelo, demonstra que os três tipos de módulo podem ser organizados de inúmeras maneiras, e que vão estar compatíveis com a proposta do sistema construtivo, com as soluções de projeto apresentadas.




O Modelo 11 se desenvolve em dois pavimentos, da mesma forma que o Modelo 8. Uma parte do agrupamento possui 1 pavimento e outra parte 2 pavimentos. Foi utilizado o Modelo 10 como base em composição com mais dois módulos, o Módulo 1 e o Módulo 2, que são os módulos que se agregam, naturalmente, na composição com os módulos superiores. Este modelo também pode ser construído em terrenos planos e inclinados, sendo que a parte agrupada em 1 pavimento, pode ser apoiada em uma fundação ou com pilares, formando um espaço inferior coberto e aberto. A parte agrupada com dois pavimentos é composta por um Módulo 1, dois Módulos 2 e um Módulo 3. A parte agrupada com um pavimento é composta por um Módulo 1, um Módulo 2 e um Módulo 3.

O Modelo 12 é a junção dos Modelos 8 e 11 em uma proposta para ser desenvolvida em um terreno inclinado que, neste caso, possui três pavimentos. Porém, cada desnível possui, apenas, dois pavimentos, sendo que o primeiro nível, o superior, possui apenas um pavimento.

Todas as ligações, geradas a partir dos módulos e dos seus agrupamentos, foram detalhadas em função do número de peças conectadas a cada tipo de ligação, bem como o tipo de peça, reta ou curva, e um desenho esquemático de como estas peças se agrupam em cada ligação, a exemplo das Ligações 1, 2 e 7, representadas no Quadro 4.

Foram identificadas 23 tipos diferentes de ligações, como resultado das composições modulares representadas nos Modelos 1 a 12. Outras ligações podem ser geradas de acordo com os agrupamentos formados e o tipo de terreno onde serão inseridos. Porém, a grande maioria das ligações já se encontram dentro destes 23 tipos identificados. A medida que o módulos foram sendo agrupados, em composições variadas, os tipos de ligações vão se repetindo.

O importante, neste estudo das ligações, são os encontros das peças estruturais retas e curvas, que aconteceram de três maneiras: entre peças retas, entre peças retas e curvas e entre peças curvas. O objetivo foi, dentre as variações encontradas, traduzir estas ligações em um projeto único de ligação, que pudesse conectar peças retas e curvas nas diversas situações.

| Ligação/Numeração | Ligação 1 | Ligação 2 | Ligação 7 |
|---------------------------|---|--|---|
| Nº de peças conectadas | 3 | 5 | 3 |
| Tipos de peças conectadas | Peças retas | Peças retas | 1 peça reta e 2 curvas (conectadas à fundação) |
| Desenho esquemático |  |  |  |

Quadro 4: Exemplos de tipos de ligações geradas pelas composições modulares, com informações básicas de projeto. Fonte: Elaborado pelas autoras.

O objetivo de desenvolver um sistema construtivo modular, visando uma arquitetura mais sustentável, partiu, inicialmente, da racionalização dos elementos estruturais, sem que houvesse a perda das possibilidades de geração de alternativas, durante o processo criativo. Independente das soluções alcançadas com os sistemas de fechamentos, de piso e de cobertura, estas duas primeiras etapas do processo de desenvolvimento do sistema construtivo, foram cruciais para o atendimento aos requisitos mencionados, inicialmente, neste trabalho: a possibilidade de pré-fabricação dos elementos construtivos; a viabilidade de montagem e desmontagem dos módulos para utilização em locais variados; a flexibilidade do sistema modular para acréscimos em construções já existentes, sejam do mesmo sistema construtivo, ou em outras construções.

5. Considerações finais

Este estudo teve ênfase na pesquisa de um sistema construtivo modular, como contribuição a uma arquitetura com menor impacto ambiental. Considerando a pré-fabricação dos elementos construtivos, buscou-se a diminuição das perdas de materiais, uma maior qualidade na execução da montagem do sistema construtivo e a possibilidade de atender às expectativas de usuários que necessitam de mais flexibilidade em seus ambientes.

Abordando questões como o uso da geometria na arquitetura e as formas de crescimento encontradas na natureza, buscou-se, nos padrões geométricos, a inspiração para a proposição dos módulos estruturais. A partir de uma forma básica do casco do caracol, definiu-se dois elementos que foram utilizados na composição da estrutura modular.

Referências

- CHING, Francis D. K. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. Trad. Alexandre Salvaterra. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 435p.
- DOCZI, György. **O poder dos limites: harmonias e proporções na natureza, arte e arquitetura**. Trad. Maria Helena de Oliveira Tricca e Júlia Bárány Bartolomei. São Paulo: Mercúrio, 1990.149p.

HARDING, Philip E. Geometry and Geometers of Later Islamic Architecture. **History of Art**. p. 1-25, 2001. Disponível em: <https://www.hardingfineart.com/images/islamic.pdf>. Acesso em: fev/2021.

MANDELBROT, Benoit B. **The fractal geometry of nature**. New York: WH Freeman. 1982. Disponível em: https://users.math.yale.edu/~bbm3/web_pdfs/encyclopediaBritannica.pdf. Acesso em: fev/2021.

OSTWALD, M.J. Fractal Architecture: Late Twentieth Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry. **Nexus Network Journal**. Vol.3, n.1, p.73-84. 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00004-000-0006-1>. Acesso em: fev/2021.

SÁ, Ricardo. **Edros**. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1982. 127p.

_____; SÁ, Asla Medeiros e. **O livro Sobre Malhas Arquemedianas**. 2018. Disponível em: <https://www.cos.ufrj.br/seminarios/2018/slides/asla.pdf>. Acesso em: fev/2021.

Identificação de Características Morfológicas em Artefatos Inspirados na Natureza

Identification of Morphological Characteristics in Artifacts Inspired by Nature

Theska Laila de Freitas Soares, MSc.

theska.soares@ufpe.br

Antônio Henrique Silva Nogueira, MSc.

antonio.nogueira@ufpe.br

Amilton José Vieira de Arruda, PhD.

amilton.arruda@ufpe.br

Resumo

Este artigo tem o objetivo de identificar as características referentes a morfologia de artefatos bioinspirados. Para tanto, como parâmetro teórico avaliativo, descreveu os padrões morfológicos recorrentes na natureza e os relacionou com os artefatos analisados, procurando entender quais eram também recorrentes nestes artefatos. Através da investigação de exemplos relevantes em 4 categorias de artefatos bioinspirados: mobiliário, iluminação, moda e arquitetura, foram feitas análises qualitativas e a partir desta pesquisa exploratória inicial, se constatou que as principais características morfológicas dos artefatos inspirados na natureza encontradas foram: Mimese; Complexidade (através das Formas Orgânicas e Fractais); Eficiência Estrutural; Modularização; Simetria; Escala e Formas Geométricas Recorrentes (através, principalmente, de formas circulares, triangulares, pentagonais, hexagonais, esféricas e espirais). Essa classificação inicial será utilizada como base para uma posterior análise empírica a ser desenvolvida.

Palavras-chave: Design; Biomimética; Artefatos bioinspirados; Padrões da natureza; Morfologia

Abstract

This article aims to identify the characteristics related to the morphology of bioinspired artifacts. Therefore, as an evaluative theoretical parameter, he described the morphological patterns recurring in nature and related them to the analyzed artifacts, trying to understand which ones were also recurrent in these artifacts. Through the investigation of relevant examples in 4 categories of bioinspired artifacts: furniture, lighting, fashion and architecture, qualitative analyzes were made and from this initial exploratory research, it was found that the main morphological characteristics of the nature-inspired artifacts found were: Mimese; Complexity (through Organic and Fractal Forms); Structural Efficiency; Modularization; Symmetry; Scale and Recurring Geometric Shapes (mainly through circular, triangular, pentagonal, hexagonal, spherical and spiral shapes). This initial classification will be used as a basis for further empirical analysis to be developed.

Keywords: Design; Biomimicry; Bioinspired artifacts; Patterns of nature; Morphology

1. Introdução

No modernismo, início do século XX, a “boa forma” de um determinado produto tinha o foco no funcionalismo, o que resultava numa limpeza visual, com formas geométricas mais simples, ângulos retos e poucos ornamentos, ou seja, o intuito era reduzir objetivamente a complexidade formal do objeto, principalmente, visando a facilidade e agilidade de produção, ou seja, isto reduzia processos e o tempo de produção no intuito de baratear o produto, e por conseguinte, atender e tornar acessível o consumo das massas.

Porém, nas últimas décadas, na Era da informação provocada pela globalização, resultado da consolidação da internet, a pluralidade estilística e a ausência de uma linearidade conceitual hegemônica tornam cada vez mais difícil a identificação de um modelo único de paradigma devido a velocidade das transformações atuais. Entretanto, é perceptível a urgência de novos modelos que priorizem a conservação ambiental e resgatem a atenção e respeito à natureza, diante das catástrofes provenientes da mudança climática decorrente da exploração e degradação humana irresponsável ao meio ambiente. Em resposta, a biomimética têm sido promissora em trazer soluções nas mais diversas áreas, inclusive, em colocar a natureza em evidência como parâmetros para criação de novos artefatos.

Um fato que têm contribuído para isto é a evolução constante da tecnologia, principalmente através do design paramétrico e a impressão 3D (manufatura aditiva), pois com eles há possibilidade de construir as complexas e eficientes estruturas da natureza através de softwares como o *Grasshopper* ou o *Dynamo*, que através das superfícies com múltiplas curvas conhecidas como geometrias não-euclidianas ou NURBS (*Non-Uniform Rational Basis Surfaces*), permitem com maior facilidade, controle e em menor tempo, o projeto de estruturas modulares, formas orgânicas e curvas estruturais através de parâmetros pré-definidos que foram previamente reconhecidos nos padrões da natureza. A seguir, serão mostrados quais são estes padrões, estabelecendo uma relação entre estes e os artefatos inspirados na natureza com foco na morfologia.

2. Artefatos Bioinspirados e Analogia Morfológica

Coelho (2008) diz que a palavra "artefato" se refere aos objetos produzidos pelo trabalho humano e se contrapõe, portanto, aos objetos naturais ou acidentais. Trata-se de uma categoria muito ampla, abrangendo sem distinção, objetos tecnológicos, artísticos, industriais, artesanais, etc. Para o autor, é útil pensar no design como uma área que gera artefatos, pois a amplidão desse conceito ajuda a superar distinções que muitas vezes dificultam a comparação de objetos produzidos em contextos diferentes, ou com o emprego de meios e técnicas muito diversos entre si. Independentemente da forma, da função ou da época de sua produção, todo objeto humano é um artefato no sentido etimológico de ter sido "feito com arte" (do latim, *arte factus*). Em outras palavras, todo objeto produzido pelo esforço humano entra em existência através de algum processo que transforma a idéia em matéria, para tal processo, que no design corresponde ao ato de projetar, é uma característica da própria humanidade, pois o homem é um animal que gera artefatos, vestígios eloquentes da sua ação como cultura e espécie.

Sobre Artefato bioinspirado esta pesquisa considera aqueles que possuem clara referência e inspiração baseada na natureza. Sendo assim, pode-se traduzir a Natureza, viva (animal, vegetal) ou não-viva (mineral, fenômenos), através de analogias das suas formas, funções, estruturas, princípios, processos, sistemas, movimentos, características, comportamentos,

etc., e transpor para soluções de sistemas artificiais. Desta forma, muitas analogias estão relacionadas com a interpretação da referência da natureza, basta focar em um ou mais de seus aspectos. As principais Analogias são: Morfológica, Funcional, de Movimento, Comportamental e Simbólica.

A Analogia Morfológica é definida por Bonsiepe (1992) como a busca experimental de modelos elaborados da tradução das características estruturais e formais para transpor em projetos. Sendo assim, este tipo de Analogia procura estudar e analisar o porquê da forma natural, as inter-relações da sua geometria. Segundo Wilson *et al.* (2010), a análise de fenômenos morfológicos da natureza facilita e estimula a capacidade de percepção de detalhes e princípios presentes em sua estrutura. Muitas vezes, tais formas são favoráveis não apenas pela estética, mas pelo ganho em eficiência. Um exemplo disto é mostrado por Versos (2010) através do *BIONIC CAR* da marca Mercedes-Benz, cuja inspiração foi a forma e estrutura óssea hidrodinâmica do peixe-cofre, que proporcionou alta resistência à estrutura do carro através do uso mínimo de material, como resultado, o automóvel apresentou uma excelente aerodinâmica, peso reduzido e um consumo de 4,3 litros por 100km, o que significou 20% mais economia que os veículos da mesma classe.

3. Padrões da Natureza

A palavra padrão tem sua origem etimológica no latim “*Patronos*”, no sentido de “*modelo a ser seguido*”, de *pater*, “*pai*”. Segundo o Dicionário de Oxford, padrão também se refere a uma base de comparação consagrada como modelo por consenso geral ou por determinado órgão oficial, ou seja, é uma base de referência usada para determinar as qualidades ou características de alguma coisa; norma.

Desta forma, Soares (2016) define que os Padrões da Natureza se referem às formas, princípios ou características recorrentes nela. Alguns destes princípios se relacionam com a natureza num contexto mais abrangente, tais como: Equilíbrio/Autorregulação, Crescimento, Autorregeneração, Reprodução, Evolução (Mutação), Adaptação, Metamorfose, Materiais naturais de fonte renovável, Eficiência/Economia (energia, processos), Autossuficiência, Sinergia, Ciclicidade (da vida, da matéria, da energia, da água, do tempo, das estações, etc.), mas há também aqueles princípios mais relacionados a questões morfológicas, tais como: Simetria, Escala, Modularização, Proporção Áurea, Números de Fibonacci, Eficiência Estrutural; e ainda, os relacionados à Forma propriamente dita: Complexidade (Formas Orgânicas e Fractais) e Formas Geométricas (Círculos, Triângulos, Pentágonos, Hexágonos, Esferas e Espirais).

Alguns destes padrões, especificamente os relacionados a morfologia serão brevemente detalhados a seguir, pois servirão de critério na avaliação dos artefatos analisados.

3.1 Princípios/Características Relacionadas à Morfologia da Natureza

- a) **Simetria** se refere a “conformidade, em medida, forma e posição relativa, entre as partes dispostas em cada lado de uma linha, um plano, um centro ou um eixo. “Semelhança entre duas ou mais situações ou fenômenos”. Tal princípio formal pode ser observado em diversos exemplos na natureza. A maioria das folhas, por exemplo, podem ser divididas por um eixo central e, portanto, possuem **simetria bilateral**, também chamada refletiva, assim como muitos animais e também os humanos. Já em

muitas flores, frutos e animais marinhos é possível observar a **simetria radial**, em que existem partes iguais ao redor de um eixo central. Há ainda exemplos que não possuem simetria, como alguns corais e poríferos, ou seja, neles ocorre **assimetria**.

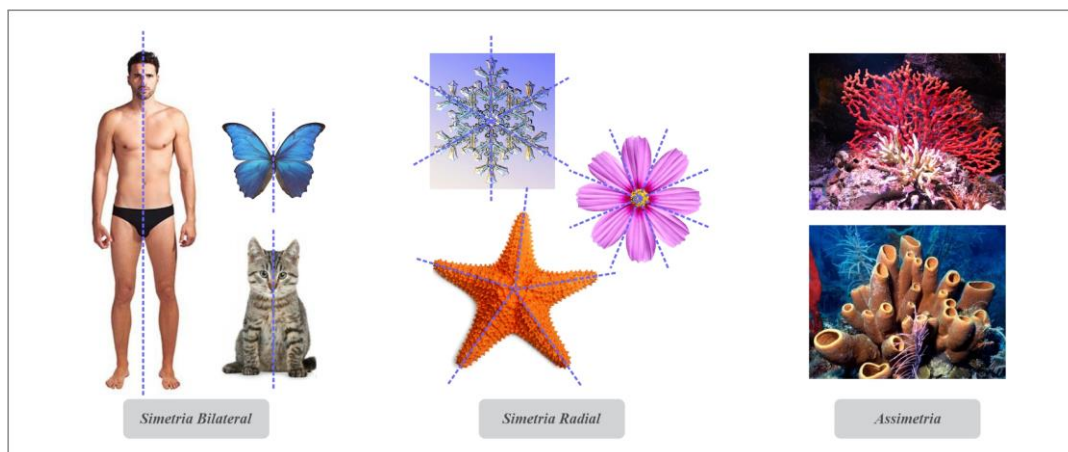


Figura 1: Exemplos de simetria bilateral, radial e assimetria na natureza.
Fonte: Elaborado pelos autores.

- b) **Escala** se refere a relação entre as dimensões de um desenho e o objeto por ele representado. Também pode ser entendido como “série de graus ou níveis dispostos segundo a importância de cada um, em ordem ascendente ou descendente; hierarquia. Chama-se **microescala** a escala para medir as dimensões de objetos microscópicos; **macroescala** é a das dimensões dos objetos visíveis a olho nu e **megaescala** a que possui dimensões muito grandes, usada em astronomia. É possível perceber ainda, a manifestação de escalas numa mesma referência natural, ou seja, diferentes tamanhos de estruturas semelhantes, como por exemplo em ramificações: dos vasos sanguíneos, de plantas, de galhos, de pétalas das flores, etc.



Figura 2: Exemplos de escala na natureza, estruturas semelhantes de diferentes tamanhos.
Fonte: Elaborado pelos autores.

- c) **Modularidade** se refere a repetição de componentes, partes ou segmentos de estruturas em que é discernível uma regularidade, ou seja, elementos similares que repetem-se de maneira previsível. Pearce (1990) também defende que a natureza tende a produzir estruturas padronizadas com organização modular. A começar pelo próprio sistema de organização e agrupamento de módulos celulares dos seres vivos, o sistema de construção da natureza. De fato há diversos exemplos deste princípio e Andrade (2003) reforça que são inúmeras as suas vantagens: organização, otimização de espaço, simplificação de estruturas, otimização mecânica, pois módulos

semelhantes produzem ângulos repetitivos que correspondem a maneira mais eficiente de aliviar as pressões. Os segmentos do corpo do tatu-bola, da minhoca, permitem maior flexibilidade; os módulos da carapaça da tartaruga, uma distribuição de esforços que lhe confere resistência; as escamas da cobra, dos peixes e as placas do corpo do crocodilo resultam em facilidade de locomoção e rigidez.



Figura 3: Diversos exemplos de modularidade na natureza. Fonte: Elaborado pelos autores.

- d) **Eficiência Estrutural** se refere ao princípio de que na natureza há material estrutural apenas onde é necessário, o que resulta em eficiência/economia de material. Observa-se em diversos exemplos da natureza, principalmente, no que se refere a estruturação. Um bom exemplo disto são os ossos em geral, mas em especial os das aves, cuja pneumatização favorece o vôo através de associações de força e leveza, fornecidas por sua estrutura óssea interna, um emaranhado de cavidades ocas, com depósito de material ósseo apenas onde há necessidade estrutural ao invés do preenchimento total que resultaria no aumento de peso do animal e também do gasto energético durante o vôo. O mesmo pode ser observado no cogumelo Morel, no esqueleto do cacto Cholla e no esqueleto de poríferos.



Figura 4: Exemplos da Eficiência estrutural através de cavidades ocas na natureza. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Formas da Natureza

- e) **Complexidade**, em termos de formas, na natureza representam as formas orgânicas e os fractais. As **Formas Orgânicas** são aquelas recorrentes dos organismos vivos, caracterizadas pela fluidez de linhas curvas na maioria das vezes, e por isto, apresentam maior grau de complexidade que as formas geométricas retinfeas.



Figura 5: Exemplos na natureza de formas orgânicas com linhas curvas e de formas geométricas retinfeas. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os **Fractais** também representam a complexidade das formas naturais, embora possuam leis simples de formação. Hemenway (2010) explica que a geometria fractal, também chamada geometria da natureza, foi descrita pelo matemático Benoît Mandelbrot em 1975. O termo é derivado do latim *fractus* e do verbo *frangere*, que significa “quebrar” ou “criar fragmentos”, e é usado para descrever um grupo particular de formas irregulares que não estão de acordo com a geometria euclidiana. As principais propriedades que caracterizam os fractais são a *auto semelhança*, a *complexidade infinita* e as *dimensões fracionadas*.

Miranda *et al.* (2008) explica que a *auto semelhança* significa que eles parecem ter cópias de si próprios escondidas no interior do original, assim, um fractal pode ser definido como a repetição de uma forma específica, repetida em uma escala cada vez menor, de forma infinita. Pode ser entendida também como uma simetria através das escalas, assim, infinitamente uma pequena porção do fractal pode ser vista como uma cópia do todo em uma escala menor. Já a *complexidade infinita* refere-se ao fato de que o processo de geração de um fractal é recursivo, ou seja, quando se executa um determinado procedimento, no decorrer da mesma encontra-se como sub-procedimento o próprio procedimento anteriormente executado. Sendo assim, a construção iterativa de um fractal matematicamente definido, dispõe-se de um número infinito de procedimentos a serem executados, gerando-se assim uma estrutura infinitamente complexa.

Por fim, a *dimensão fracionada* refere-se a uma fração, ou seja, a um valor não inteiro de dimensão, que representa o grau de ocupação da estrutura no espaço que a contém, o que é diferente do que ocorre na Geometria Euclidiana, onde um ponto possui dimensão zero, uma linha possui dimensão um, uma superfície possui dimensão dois e um volume possui dimensão três. Enquanto os sólidos possuem um número inteiro e limitado de dimensões, a geometria fractal poderá oferecer infinitas dimensões fracionárias, repetidas a diferentes escalas. Por exemplo: a dimensão fractal dos relâmpagos no espaço tridimensional é 1.51. Na imagem abaixo é possível identificar alguns exemplos de fractais na natureza.



Figura 6: Exemplos de fractais (auto semelhança em escala) na natureza.
Fonte: Elaborado pelos autores.

- f) **Formas Geométricas:** Ao contrário do que muitos possam prever também é possível identificar diversos exemplos de geometrias tradicionais, principalmente em imagens microscópicas de estruturas naturais, tais como círculos, elipses e polígonos regulares ou irregulares (retângulos, triângulos, hexágonos, pentágonos, losangos, etc.); e também as geometrias espaciais, como esferas, elipsoides, cones, cilindros e poliedros. Visto que os gregos desenvolveram a própria geometria a partir da observação de fenômenos da natureza.

Desta forma, **círculos, elipses, elipsoides e esferas**, podem ser encontrados na configuração e no movimento dos planetas, estrelas, nos olhos, em sementes; frutos, dentre outros. Na natureza, a forma esférica é ótima, pois guarda dentro de si a relação de volume máximo com superfície mínima, ou seja, são capazes de armazenar a maior quantidade de material internamente utilizando a menor quantidade de material possível para construir a superfície externa, o que torna esta configuração extremamente eficiente na construção de *invólucros*;

Outra geometria recorrente são as pentagonais, com o **pentágono regular, regular estrelado e irregular**. Os dois primeiros são muito relacionados à *Proporção Áurea*, pois traçando suas diagonais se formam triângulos cuja razão entre o lado e sua base é o número de ouro, *1,618*. Estas formas são recorrentes em animais marinhos, no interior de frutos, flores e plantas;

Os **hexágonos e poliedros**, também são muito recorrentes em situações de aglomerações celulares, nas colmeias de abelhas, olhos de insetos, na pele de répteis etc.;

As formas triangulares são relacionadas a estruturação. Fuller (1979) afirma que o **triângulo** é o único polígono auto estabilizado, um padrão constante, de integridade em si, um elemento estável independente do seu tamanho, sendo as únicas formas que permanecem rígidas, mesmo quando construídas com conexões flexíveis, tendo cada vértice estabilizado pelo lado oposto. Este é o motivo para a engenharia dividir os polígonos em formas triangulares, e os poliedros em tetraedros, para garantir mais força estrutural e estabilidade. Este padrão é encontrado em folhas, pétalas, pinheiros, montanhas.

Sobre as relações da geometria com a natureza orgânica e inorgânica, Ghyca (1977) afirma que em um estado final de equilíbrio, os elementos de formações cristalinas e no reino inorgânico são encontradas de forma recorrente formas geométricas como tetraedros, cubos, octaedros e derivados arquimedianos. Já nos seres vivos da botânica e da zoologia são mais associados os corpos platônicos pentagonais, dodecaedro, icosaedro e derivados, mais relacionados com a *Proporção Áurea* e aos *Números de Fibonacci*. A seguir uma figura mostrando exemplos destas geometrias na natureza.

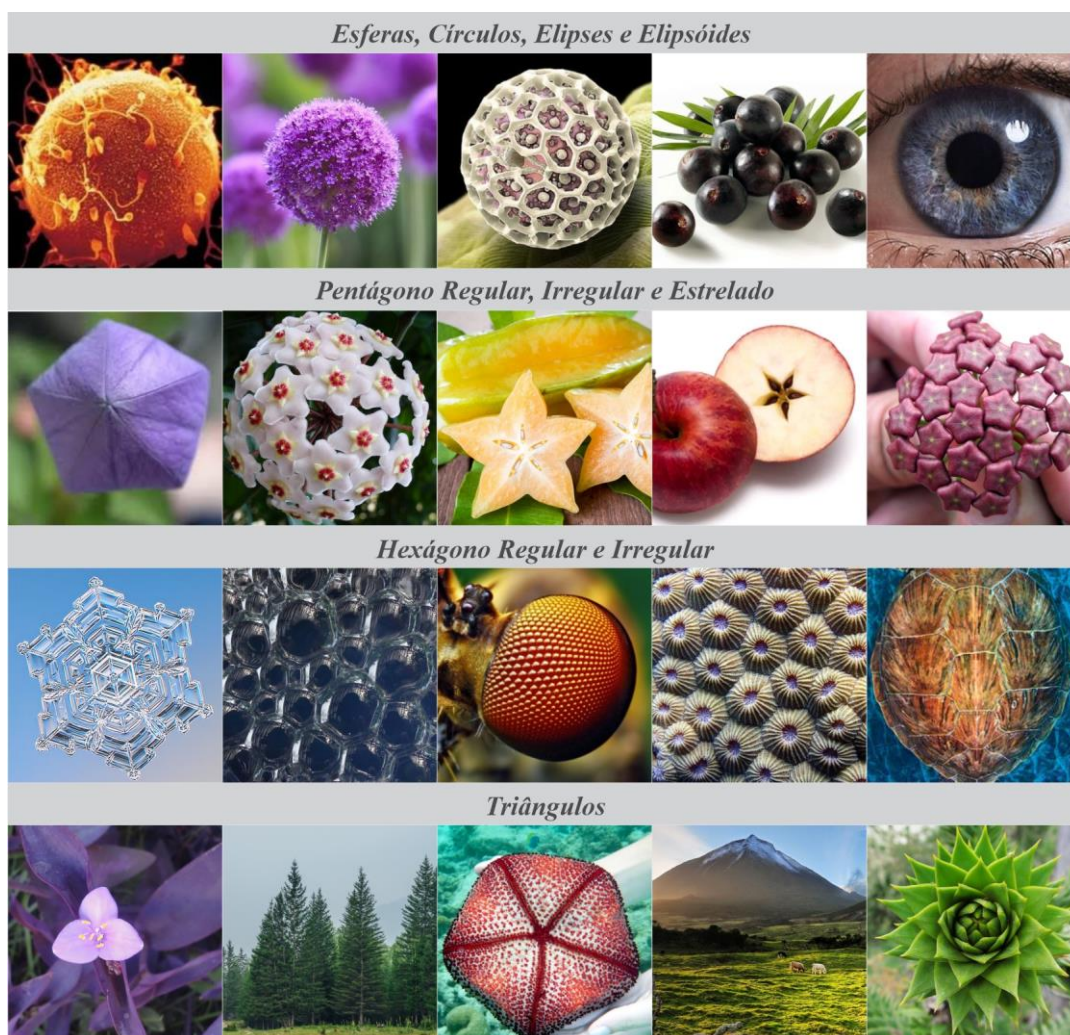


Figura 7: Exemplos de formas geométricas na natureza. Fonte: Elaborado pelos autores.

Além destas, há uma geometria associada a padrões de crescimento na natureza, as **Espirais**. São definidas como uma curva que gira em torno de um ponto central (chamado pólo), dele se afastando ou se aproximando a constantes ou diferentes distâncias. A Espiral de Arquimedes se afasta a distâncias constantes, já a espiral logarítmica de Descartes ou equiangular, possui crescimento em progressão geométrica. A espiral dourada é um tipo de espiral logarítmica associada a proporção áurea que está relacionada ao crescimento de plantas, de fetos, de folhas, de conchas, de galáxias, etc.



Figura 8: Exemplos de espirais na natureza. Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante atentar que embora estes padrões formais existam, quase nunca se apresentam com rigor formal, pois se observa que as formas orgânicas são geradas a partir de uma luta contra a gravidade terrestre, tendo portanto que buscar o equilíbrio com todas as forças de perturbações naturais as quais estão expostas, adaptando-se a fenômenos naturais como: vento, sol, chuva, etc. Thompson (1961) também defende que as formas na natureza é resultado de um diagrama de forças que se pode avaliar ou deduzir tais forças que estão agindo ou tiver agido sobre ele; e que através da ação dessas forças internas e externas, se cria uma ampla diversidade de formas de um inventário de princípios básicos.

4. Análise Morfológica em Exemplos de Artefatos Bioinspirados






Para esta análise, os artefatos com inspiração morfológica na natureza foram categorizados em: *Artefatos de Arquitetura (Pavilhões)* e *Artefatos de Design de Produto (Mobiliário, Iluminação e Moda)*. Para cada categoria foram pesquisados 5 exemplos, buscando detalhes dos projetos na internet, organizados através de imagens e avaliados nos quadros das figuras seguintes, segundo os critérios de presença dos padrões recorrentes da natureza que foram detalhados no tópico anterior. São eles:


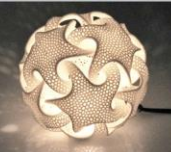



a) Artefatos de Arquitetura (Pavilhões)






| Artefatos Arquitetônicos (Pavilhão) | | | | | |
|--|---|---|--|---|---|
| Padrões da Natureza | | | | | |
| Simetria: Bilateral; Radial; Assimétrica. | Simetria Bilateral | Simetria Radial | Assimetria | Assimetria | Simetria Bilateral |
| Escala | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| Modularização | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Eficiência Estrutural | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Complexidade: Formas Orgânicas Fractal | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Fractal | Forma Orgânica |
| Formas Geométricas: Círculos; Elipses; Triângulos; Pentágonos; Hexágonos; Esferas; Espirais. | Formas Geométricas: Círculos; Elipses, Pentágonos, Hexágonos, Triângulos. | Formas Geométricas: Círculo, Esfera, Pentágono, triângulos. | Formas Geométricas: Elipse, Pentágonos, Hexágonos. | Formas Geométricas: Políedros (aglomeração celular), Pentágonos, Hexágonos. | Formas Geométricas: semi-círculos, Elipses; Esfera. |

Figura 9: Quadro dos exemplos de artefatos arquitetônicos. Fonte: Elaborado pelos autores.

b) Artefatos de Design de Produto (Mobiliário, Iluminação e Moda)

| <i>Artefatos de Mobiliário</i> |  |  |  |  |  |
|---|---|---|--|---|---|
| <i>Padrões da Natureza</i> | | | | | |
| <i>Simetria: Bilateral; Radial; Assimetria.</i> | Simetria Bilateral | Assimetria | Simetria Bilateral | Simetria Radial | Assimetria |
| <i>Escala</i> | | ✓ | ✓ | | |
| <i>Modularização</i> | | ✓ | ✓ | ✓ | |
| <i>Eficiência Estrutural</i> | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| <i>Complexidade: Formas Orgânicas Fractal</i> | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Fractal | | Forma Orgânica |
| <i>Formas Geométricas: Círculos; Elipses; Triângulos; Pentágonos; Hexágonos; Esferas; Espirais.</i> | | Formas Geométricas: Poliedros irregulares (aglomeração celular) | Formas Geométricas: Pentágono, polígonos | Formas Geométricas: Círculo raialdo | Formas Geométricas: Elipses (tampo) |

| <i>Artefatos de Iluminação</i> |  |  |  |  |  |
|---|--|--|---|--|--|
| <i>Padrões da Natureza</i> | | | | | |
| <i>Simetria: Bilateral; Radial; Assimetria.</i> | Assimetria | Simetria Radial | Simetria Radial | Simetria Radial | Assimetria |
| <i>Escala</i> | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| <i>Modularização</i> | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| <i>Eficiência Estrutural</i> | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| <i>Complexidade: Formas Orgânicas Fractal</i> | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Forma Orgânica |
| <i>Formas Geométricas: Círculos; Elipses; Triângulos; Pentágonos; Hexágonos; Esferas; Espirais.</i> | | Formas Geométricas: Pentágonos; Hexágonos; Esferas; Espirais. | | Formas Geométricas: Polígonos arredondados (aglomeração celular); Elipse. | Formas Geométricas: Círculos |

| <i>Artefatos de Moda</i> |  |  |  |  |  |
|---|---|---|--|---|---|
| <i>Padrões da Natureza</i> | | | | | |
| <i>Simetria: Bilateral; Radial; Assimetria.</i> | Simetria Bilateral | Assimetria | Simetria Bilateral | Assimetria | Simetria Bilateral |
| <i>Escala</i> | ✓ | | | ✓ | |
| <i>Modularização</i> | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Eficiência Estrutural</i> | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| <i>Complexidade: Formas Orgânicas Fractal</i> | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Forma Orgânica | Forma Orgânica |
| <i>Formas Geométricas: Círculos; Elipses; Triângulos; Pentágonos; Hexágonos; Esferas; Espirais.</i> | Formas Geométricas: Espirais | | Forma Geométrica: Espirais | Formas Geométricas: Triângulos que geram também outros polígonos (Pentágonos e Hexágonos) | Forma Geométrica: Hexágonos |

Figuras 10, 11 e 12: Quadros dos exemplos de artefatos de mobiliário, iluminação e moda com identificação dos padrões da natureza. Fonte: Elaborado pelos autores.

Como é de se esperar, todos os artefatos inspirados na natureza possuem diversos graus de similaridade morfológica com a referência natural (*Mimese*). Umas têm maior grau e outras menos, com mais abstração, isto porque uma composição bioinspirada abstrai elementos de uma determinada inspiração, pois, de acordo com Vassão (2010) a abstração aproveita o que é essencialmente relevante a um propósito em particular e descarta aquilo que é secundário, ignorando o restante da informação.

A **Complexidade** pôde ser vista principalmente através das **formas orgânicas** marcadas pelas curvas, por vezes irregulares. Dondis (1994, p. 42) define tais formas como sendo exageradas, distorcidas e emocionais, embora também defenda que a complexidade, instabilidade e irregularidade aumentam a tensão visual e as tornam mais atrativas, como pôde ser observado nos exemplos acima. Há também outro fator ligado a complexidade observado nestes exemplos, que se refere ao número de componentes em cada artefato, alguns com muitos componentes (mais complexo) e outros com poucos (menos complexo). Houveram poucos exemplos da aplicação da geometria **fractal**, talvez reflexo ainda da complexidade para desenhar e executar no mundo real.

De maneira geral, a **Eficiência Estrutural** pôde ser notada em muitos dos artefatos, principalmente aqueles com peças vazadas e linhas curvas mais finas, representando grande economia de material. Também presente nos exemplos com peças ocas modulares, esta economia representa um fator muito importante quando se trata de sustentabilidade.

Na natureza, a variedade morfológica e a imprevisibilidade diante do que parece caótico faz crer que a percepção sobre os elementos que compõem as estruturas orgânicas é algo de difícil compreensão e análise, visto que quanto maior for o número de elementos mais complexo será o sistema. Porém, como afirma Vassão (2010), a complexidade pode ser simplificada como um conjunto de entidades que compõem uma unidade, ou seja, pode ser vista também como um conjunto de simplicidades.

Nos artefatos inspirados na natureza, essa afirmação é importante, por exemplo, para perceber a **Modularidade**, através dos seus padrões de repetição que também ocorre nos fractais, pois quando se identificam a “simplicidade”, ou o módulo de repetição em cada caso, se compreende que aquela estrutura complexa, na verdade, possui uma lógica de organização racional, e nos artefatos, isto facilita e economiza também na produção, e esta característica ocorreu também em diversos exemplos da análise.

A **Simetria** observada nestes artefatos é uma característica de geometrias mais regulares, composições racionais, equilibradas e harmoniosas. O processo cognitivo, acostumado à regularidade e percepção lógica, absorve a simetria como um elemento tranquilizante, capaz de poupar o homem do esforço cognitivo durante a contemplação de algo assimétrico, em muitos dos artefatos é uma característica que harmoniza com o todo ao redor. Porém, também foi observado durante análise, diversos artefatos com composições assimétricas, da mesma forma que ocorre na natureza orgânica. De acordo com Dondis (1994), estas composições são mais difíceis para equilibrar, pois requer o ajuste de muitas forças, porém se tornam bem mais provocativas, com maior variedade e poder de interesse. Portanto, conclui-se que, neste aspecto, não existe modo correto ou desejável, tudo irá depender da intenção do projeto. Todos os exemplos analisados, simétricos e assimétricos, têm a sua qualidade formal.

Nos exemplos em que houve **Escala**, esta característica pôde ser percebida nos artefatos através da gradação em relação ao tamanhos de elementos, furos ou módulos semelhantes, isto, sem dúvida, reforçou a percepção da similaridade com a natureza. E ainda, diversos

exemplos de **Formas Geométricas** também foram recorrentes nestes artefatos, sejam formas circulares, triangulares, esféricas/geodésicas ou espirais, porém, houveram mais casos com formas poligonais de aglomeração celular, sejam regulares, como as pentagonais, hexagonais ou irregulares. Tais formas estão associadas a percepção de regularidade, e por vezes, da simetria como já foi explicado.

5. Considerações Finais

Assim como é variada a diversidade na natureza existem diversas categorias de artefatos inspirados nela, entretanto através das análises foi possível observar a relação da presença de muitos dos padrões morfológicos da própria natureza nos artefatos inspirados por ela, e com isto, identificar com estes exemplos algumas características morfológicas que foram recorrentes, são elas: **Mimese, Complexidade (através das formas orgânicas e fractais), Eficiência Estrutural, Modularização, Simetria, Escala e Formas Geométricas Recorrentes (através, principalmente, de formas circulares, triangulares, pentagonais, hexagonais, esféricas e espirais)**. Embora não se exclua a possibilidade de serem identificadas outras características de acordo com novos estudos e parâmetros.

Por fim, também é importante pontuar que muitos destes artefatos são resultantes tanto do design paramétrico, que através do *Grasshopper* possui diversas ferramentas disponíveis já prontas para o desenho dos padrões naturais, tais como espirais, fractais, geodésicas, modularização, eficiência de estruturação, dentre outros; Assim como é resultante também de novos processos de fabricação digital, notadamente através da impressão 3D (manufatura aditiva), que permite que as geometrias complexas da natureza sejam materializadas, sem grandes perdas ou sobras de materiais, ao contrário dos métodos de fabricação tradicionais, ratificando que a estratégia de criar artefatos utilizando inspirações da natureza também se reflete como um caminho promissor na colaboração de questões de sustentabilidade.

Referências

- ANDRADE, Mateus G. *Articulações: Análise de estruturas naturais e brinquedos como estudo de caso*. 2º Congresso Internacional de Pesquisa em Design, Rio de Janeiro, 2003.
- BONSIEPE, Gui. *Teoria e prática do design industrial: elementos para um manual crítico*. Lisbon: Centro Português de Design, 1992. 362 p.
- COELHO, Luiz Antonio Luzio (Org.). *Conceitos-chave em Design*. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio e Teresópolis: Editora Novas Idéias, 2008. 280p.
- DONDIS, Donis A. *Sintaxe da Linguagem Visual*. São Paulo: Martins Fontes, 1994.
- FULLER, Richard B. *Synergetics 2: Further explorations in the geometry of thinking*. New York: Macmillan, 1979.
- GHYCA, Matila. *The Geometry of Art and Life*. New York: Dover, 1977.
- HEMENWAY, Priya. *O código secreto: a fórmula misteriosa que governa a arte, a natureza e a ciência*. Koln: Evergreen, 2010.
- MIRANDA, José; ASSIS, Thiago; MOTA, Fernando; ANDRADE, Roberto; CASTILHO, Caio. *Geometria fractal: propriedades e características de fractais ideais*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 2, 2304 (2008).

PEARCE, Peter. *Structure in nature is a strategy for Design*. Cambridge: MIT Press, 1978.

SOARES, Theska L.F. *A biomimética e a geodésica de Buckminster Fuller: uma estratégia de Biodesign*. 2016. 286f. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

THOMPSON, D'arcy Wentworth. *On growth and form*. 1ªed., Cambridge, Cambridge University Press, 1961.

VASSÃO, C. A. *Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade*. São Paulo: Blucher, 2010.

VERSOS, Carlos. A.M. *Design biônico: A natureza como inspiração criativa*. Dissertação (Mestrado). 2010. 186p - Universidade da Beira Interior, Covilhã, Departamento de engenharia Eletromecânica.

WILSON, Jamal O. & ROSEN, David. *The effects of biological examples in idea generation*. Design Studies. n. 31 p. 169-186, Elsevier, 2010.

Design e materiais vivos: perspectivas e aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda

Design and living materials: perspectives and applications of bacterial cellulose in industrial design, architecture and fashion

Elisa Strobel do Nascimento, doutoranda, Universidade Federal do Paraná.

elisastrobel@ufpr.br

Gislaine Maria Lau, graduanda, Universidade Federal do Paraná.

gislainemlau@gmail.com

Felipe de Carvalho Ishiy, graduando, Universidade Federal do Paraná.

ishiy06@gmail.com

Adriano Heemann, doutor, Universidade Federal do Paraná.

adriano.heemann@ufpr.br

Resumo

O Design com materiais vivos, em que participam outros organismos na materialização dos artefatos, traz novas possibilidades e desafios teóricos e práticos. No recorte do design envolvendo bactérias, esta pesquisa tem como objetivo levantar e mapear as perspectivas e aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda. O procedimento metodológico é a revisão sistemática que resultou na análise de 27 trabalhos acadêmicos e 16 depósitos de patentes nacionais e internacionais. Como resultado sumarizam-se as aplicações relatadas e prospectadas. Os destaques estão nas aplicações têxteis e nos processos de cultivo, conformação e acabamentos. São relatadas as dificuldades e discutidas oportunidades para os designers com estes materiais.

Palavras-chave: Biodesign; Materiais Vivos; Biofabricação; Celulose Bacteriana

Abstract

Design with living materials, when other organisms take part in the artifact's development and production, unveils new possibilities, theoretical and practical challenges. This research focuses on design with bacteria and aims to identify and map applications and perspectives for bacterial cellulose in industrial design, architecture and fashion. Through systematic literature review, we analyzed 27 academic works and 16 national and international patents. We found an emphasis on fashion and textile purposes and a focus on growing, molding and finishing processes. Finally, we present the difficulties for this material and discuss opportunities for designers.

Keywords: Biodesign; Living Materials; Biofabrication; Bacterial Cellulose

1 Introdução

O trabalho do designer na intersecção com a biologia tem sido cada vez mais referenciado e assume nomes como biodesign, biofabricação e design com materiais vivos (NASCIMENTO; HEEMANN, 2020). Nesta prática outros seres vivos não-humanos participam na criação e materialização de artefatos. Exemplos seriam a produção de mobília pela indução de árvores cultivadas diretamente na forma projetada (FULL GROWN, 2020) e vasos e embalagens crescidos em moldes a partir de compósitos com fungos (RADIAL BIO, 2020). O conceito de material vivo parece ainda não ser consensual. Enquanto alguns autores mantêm vivos os organismos nos artefatos para o uso, outros os “desativam” após a fabricação, como geralmente ocorre nos casos de produtos feitos com fungos (NASCIMENTO; HEEMANN, 2020). Além do argumento da sustentabilidade, haveriam possibilidades inerentes às funções relacionadas às “habilidades” de diversas espécies, como por exemplo, a proteção contra radiação (SHUNK; GOMEZ; AVERESCH, 2020). A variação de condições de nutrição e desenvolvimento destes organismos pelos designers, parece abrir um horizonte de possibilidades ainda mais amplo no que se refere ao uso dos materiais vivos (CAMERE; KARANA, 2018).

No presente trabalho, especificamente, explora-se o recorte do design com a participação de bactérias, especificamente a celulose bacteriana (CB). O objetivo é levantar e mapear as principais perspectivas e aplicações da CB no design industrial, na arquitetura e na moda. A seguir, introduz-se o Design com bactérias, são então apresentados os procedimentos metodológicos e os resultados analisados, discutidos e organizados em categorias. Conclui-se com as possibilidades de estudos futuros para aplicação destes materiais.

1.1 Design com materiais vivos: bactérias

Exemplos de trabalhos de designers com bactérias variam do uso para pigmentação, até aplicação de tecnologias avançadas, como a impressão tridimensional em substrato com bactérias vivas, ilustradas na Figura 1.



Figura 1: Exemplos de aplicação de design com bactérias. Fonte: da esquerda para a direita, Living Color (2017); Smith et al. (2020).

Uma das formas mais usuais de bactérias em projetos de design é a biofabricação de artefatos de celulose bacteriana (CB). Esta recebe outros nomes como couro bacteriano,

couro de kombucha, couro vegano, biofilme, biocelulose, celulose nativa, nanocelulose cristalina, mãe de vinagre (COSTA; BIZ, 2017; DAMSIN, 2019). A CB, sintetizada por bactérias, é um polímero natural renovável e biodegradável (RATHINAMOORTHY; KIRUBA, 2020). Algumas das propriedades da CB são alta pureza em relação à celulose vegetal, alta cristalinidade, alta retenção de água, alta resistência à tensão de tração, estabilidade térmica (DERME; MITERBERGER; DI TANNA, 2016; DOMSKIENE.; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; NIYAZBEKOVA; NAGMETOVA; KURMANBAYEV, 2018). A Figura 2 apresenta exemplos de artefatos crescidos em CB.



Figura 2: Exemplos de aplicação de design com celulose bacteriana. Fonte: da esquerda para a direita, Hülsen (2011); Modern Synthesis (2020); TED 2011.

O processo de *bacterial weaving*, demonstrado no calçado da Figura 2 ao centro, envolve técnicas e equipamentos mais elaborados (MODERN SYNTHESIS, 2020). Camere e Karana (2018) e Damsin (2019) descrevem também processos do tipo “faça-você-mesmo”, apoiados em fóruns de compartilhamento de conhecimento e experimentos empíricos. Exemplos seriam a banqueta Xylum (HÜLSEN, 2011) e a Jaqueta de Suzanne Lee (TED, 2011) também ilustrados na Figura 2.

Um método comum para a obtenção de CB é a partir da fermentação do caldo de chá de Kombucha, seu subproduto denominado SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) é composto de celulose, bactérias, leveduras e água (NG, 2017). Segundo Zolotovskiy (2012), a CB seca contém células bacterianas “desativadas”, mas uma pequena fração delas permanece viva. Quando recolocadas em meio de cultivo, retomam as funções de crescimento, reprodução, etc., desempenhando inclusive reparação de fraturas no material. Por ser um material vivo, a CB traz oportunidades de estruturas de celulose que respondem em crescimento a estímulos, que se regeneram e biodegradam (ZOLOTOVSKY, 2012).

2 Procedimentos Metodológicos

Para o levantamento adaptou-se o método da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) apresentado por Conforto, Amaral e Silva (2011), em quatro etapas: (1) busca em bases de dados; (2) busca em ferramenta livre; (3) busca em bases de depósito de patentes e (4) categorização e análise dos dados.

Em uma primeira etapa, as bases de dados selecionadas foram a *Web of Science* (Thomson and Reuter) e *Scopus* (Elsevier). A string buscada na *Scopus* foi: "*bacterial cellulose*" AND "*product design*" OR "*fashion*" OR "*architecture*". Na base de dados *Web of Science*, as palavras-chave foram combinadas em pares. Desta maneira, obtiveram-se 307 resultados. O recorte, na leitura do título e resumo, usou como filtro os seguintes critérios para exclusão da amostra:

- (1) abordagem apenas das questões técnicas do material, ou construção e estrutura da célula, sem apresentação de possibilidades de aplicação construtiva em artefatos. Trabalhos que listaram possibilidades de aplicações do material com exemplos foram mantidos;
- (2) aplicações restritas à tecidos de órgãos e curativos;
- (3) aplicação restrita à nanogeradores, capacitores e eletrodos;
- (4) aplicações estritas à recuperação de água ou solos.

Após a remoção de repetições e aplicação dos critérios de exclusão, foram obtidos 20 trabalhos pertinentes, dos quais 4 não se teve acesso. Para uma segunda etapa, replicou-se a *string* na ferramenta de busca livre Google, os resultados foram lidos com o objetivo de identificar trabalhos científicos. A ferramenta omitiu trabalhos repetidos, considerando 100 resultados relevantes. Os mesmos critérios de exclusão foram considerados na leitura, resultando na inclusão de 8 artigos e 3 dissertações de mestrado. Ao todo, compõem a amostra da análise desta pesquisa 27 trabalhos acadêmicos publicados entre os anos 2006 e 2020.

A terceira etapa exigiu buscas separadas por palavras-chave, adaptadas a partir da primeira busca. Inicialmente, na base do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), os termos procurados foram “biofilme”, “nanocelulose”, “kombucha” e “membrana de celulose”. No banco de dados de patentes da América Latina e Espanha (LATIPAT-ESPACENET), além destes termos, foram adicionados “nano celulose” e “nanocelulosa”. Por fim, na base *United States Patent and Trademark Office* (UPSTO), buscou-se por: “kombucha leather”, “bacterial cellulose”, “bacterial fabric”, “nanocellulose” e “SCOBY”. O levantamento gerou 1264 resultados. Optou-se por critérios de inclusão, ao invés de exclusão na leitura de títulos e resumos. Estes foram:

- (1) produção da CB (indicando aplicação);
- (2) processo de conformação ou acabamento (indicando aplicação);
- (3) aplicação.

Resultaram do filtro 16 depósitos de patentes. Por fim, a quarta etapa, de análise e categorização, consistiu na leitura de todos os artigos completos e dos resumos das patentes, estabelecendo categorias de análise, que são descritas nas sessões seguintes.

3 Resultados e Discussão

Os resultados, análise e discussão são divididos em duas sessões: os trabalhos acadêmicos e os depósitos de patentes.

3.1 Trabalhos acadêmicos

A maior parte dos estudos da amostra trata de combinações das condições para o crescimento de CB. Há autores que não apresentam experimentos próprios, mas compilam existentes. Alguns dos artigos realizam experimentos sintetizando e melhorando o material para obter propriedades físicas e mecânicas desejadas (KAMIŃSKI.; JAROSZ; GRUDZIEN, 2020; NIYAZBEKOVA; NAGMETOVA; KURMANBAYEV, 2018). Há ainda, a preocupação com a organização estrutural da celulose (URAKI, Y. et al., 2006; RAHMAN; NETRAVALI, 2016; ZOLOTOVSKY; 2012). Vários estudos partem da bebida kombucha, que envolve também a presença de fungos (BLOCH, 2019; COSTA; BIZ, 2017; DOMSKIENE; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; KAMINSKI et al., 2020; GARCÍA; PRIETO, 2019; MIHALEVA, 2020; NG, 2017; WOOD, 2019; RATHINAMOORTHY; KIRUBA, 2020).

Sabe-se que o nome *Komagataeibacter xylinus* compreende as espécies conhecidas como *Acetobacter xylinum* e *Gluconacetobacter xylinus*. Estes foram os nomes das espécies mais mencionadas na amostra (14 artigos e 8 artigos, respectivamente). Outros 4 trabalhos relatam a presença das espécies *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Rhodobacter*, *Komagataeibacter*, *Bacterium gluconicum*, *Gluconacetobacter sucrofermentans*. Fungos são relatados em 2 casos como comuns em simbiose: *Zygosaccharomyces bailii*, *Zygosaccharomyces kombuchensis*, *Pichia fluxum* e *Saccharomyces sp.*, entre outros. O tempo de cultivo varia de 4 a 30 dias na amostra, o intervalo mais recorrente é de 10 a 14 dias e 6 a 7 dias, ambos em 7 artigos.

A preocupação da produção em escala é encontrada em outros autores (DERME; MITERBERGER; DI TANNA, 2016; DAMSIN, 2019; DOMSKIENE; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; RATHINAMOORTHY; KIRUBA, 2020; NIYAZBEKOVA; NAGMETOVA; KURMANBAYEV, 2018; VELÁSQUEZ-RIÑO; BOJACÁ, 2017). A Tabela 1 sumariza a distribuição de aplicações descritas na amostra:

| Aplicações da CB na amostra | Frequência N=27 (100%) |
|--|---------------------------|
| Têxtil, moda, vestuário | 18 (67%) |
| Calçados | 3 (11%) |
| Vestíveis joias e acessórios | 8 (30%) |
| Arquitetura | 5 (19%) |
| Mobiliário | 3 (11%) |
| Utensílios domésticos | 1 (4%) |
| Objetos decorativos/artísticos | 4 (15%) |
| Embalagens | 8 (30%) |
| Materiais engenheirados / Materiais vivos engenheirados/ compósitos | 4 (15%) |
| Alternativa ao couro | 3 (11%) |
| Alternativa aos polímeros em geral | 1(4%) |
| Alternativa para indústria de papéis, ou melhoramento de papéis | 7 (26%) |
| Indústria automotiva | 1 (4%) |
| Outros (aplicações médicas, indústria de cosméticos, alimentícia, meio ambiente, eletrônica e audiovisual) | 10 (37%) |

Tabela 1: Distribuição das aplicações na amostra. Fonte: Elaborado pelos autores.

Dos autores que discriminam a aplicação em detalhes: em têxteis e vestuário, Costa e Biz (2017) exemplificam uma luva e uma jaqueta; Kaminski et al. (2020) apresentam uma

camiseta com aplicações em CB. Na categoria de vestíveis, joias e acessórios, Kaminski et al. (2020) desenvolvem braceletes e Ng (2017) apresenta um vestível com LEDs internos para uso no pescoço, ombro e braços. Em aplicações arquitetônicas, discriminam-se materiais acústicos de alto desempenho (ZOLOTOVSKY; GAZIT; ORTIZ, 2018) e estudos para estruturas tênses (DAMSIN, 2019). Costa e Biz (2017) listam ainda exemplos de tigela, luminária e capa de celular, que foram categorizados como utensílios domésticos. A comparação com o couro é destacada por Yim, Song e Kim (2017). Os autores sugerem que a resistência à tensão de tração da CB seria duas vezes superior ao couro de flor superior. Segundo os autores, ambos os materiais teriam espessura e aparência similares. García e Prieto (2019) também reforçam a similaridade destes materiais em relação à maciez e elasticidade, com a vantagem da possibilidade de cultivo com extremidades retas e uniformes, e com menor variação de qualidade. Em materiais engenheirados, destacam-se o desenvolvimento com padrão de favo (URAKI, Y. et al., 2006) e os materiais em que as bactérias continuam vivas, apresentando propriedades como a de fluorescência, entre outras (CARO-ASTORGA; WALKER; ELLIS, 2020). Na categoria melhoria de papéis, que se estende também para as embalagens, a busca por propriedades de barreira a partir da CB, como impermeabilidade ao ar, água, vapores, gorduras e microorganismos é estudada por Fillat et al. (2018). Finalmente, na categoria outros, a aplicação da translucidez da CB para tecnologia OLED (LEGNANI et al., 2019). Rathinamoorthy e Kiruba (2020) resumem aplicações em revisão bibliográfica no segmento da moda.

A Tabela 2 sintetiza a distribuição dos principais processos descritos na amostra.

| Processos descritos na amostra | Frequência N=27 (100%) |
|---|---------------------------|
| Cultivo plano da película | 4 (15%) |
| Cultivo estático | 6 (22%) |
| Cultivo estático e plano da película | 6 (22%) |
| Cultivo com agitação | 3 (11%) |
| Cultivo estático com envolvimento de fibras ou outras estruturas (permanentes ou degradáveis) | 6 (22%) |
| Cultivo estático sobre molde 3D imerso em substrato | 6 (22%) |
| Secagem sobre molde 3D | 4 (15%) |
| Conformação com molde tridimensional, sem especificação do tipo de molde | 5 (19%) |
| Congelamento antes da secagem | 2(7%) |
| Secagem à temperatura ambiente | |
| Secagem em outras temperaturas | 5 (19%) |
| Pigmentação em meio de cultivo | 2(7%) |
| Pigmentação pós cultivo | 2(7%) |
| Lavagem com água e sabão, água destilada ou outros | 5 (19%) |
| Purificação com soda cáustica e água sanitária | 1(4%) |
| Tratamento com glicerol, óleos, ceras, ácido nítrico, etileno glicol, cloreto de etilenoglicol cloro, NaOH, ácido esteárico | 6 (22%) |
| Impressão 3D (biológica) | 3 (11%) |
| Corte e costura | 4 (15%) |
| Auto colagem | 5 (19%) |
| Outros | 14 (52%) |

Tabela 2: Distribuição dos processos descritos na amostra. Fonte: Elaborado pelos autores.

Zolotovskiy (2012) relata que o aspecto principal do design com sistemas vivos é o planejamento e controle das condições de cultivo, induzindo o comportamento do

organismo. A autora descreve as seguintes variáveis/parâmetros: nutrientes; oxigenação; temperatura; Ph; e tempo (em função das condições anteriores). São comuns as variações e mutações espontâneas do organismo, o que exige “um diálogo constante entre o designer e o artífice” (ZOLOTOVSKY, 2012).

Dos processos categorizados como outros: Bloch (2019) experimenta a adição diária de substrato sobre uma estrutura de fios. Derme, Miterberger e Di Tanna (2016) chamam de “processo de adesão” o cultivo estático e anaeróbico em recipiente de látex, que causa a inversão no metabolismo das bactérias. Estas assumiram a forma do recipiente, ao invés da formação na superfície. Os mesmos autores ainda sugerem processos de solidificação por calcificação da CB. Caro-Astorga, Walker e Ellis (2020) propõem cultivo em meio agitado para formação de estruturas esféricas de CB, que se tornam módulos. Estes seriam então dispostos manualmente com uma pipeta na forma da estrutura 3D desejada. Por fim, os módulos são conectados pelo crescimento do biofilme. Damsin (2019) experimenta a prensa à quente para secagem e impermeabilização, com aditivos. Domskiene, Sederaviciute e Simonaityte (2019) sugerem a compressão do biofilme de CB para remoção de água. Kaminski et al. (2020) aplicam a CB sobre tecidos. Fillat et al. (2018) fazem o cultivo na superfície de filtro ou folhas de papel, e experimentam também camadas duplas revestidas com CB. Ng (2017) demonstra a prensagem em um molde rígido bipartido cortado a laser, que simula um padrão de dobras de origami. Ng e Wang (2016) apresentam um experimento em que um manequim (molde) é parcialmente mergulhado em partes no substrato e rotacionado periodicamente. Uraki et al. (2006) realizam a secagem a vácuo, enquanto Zolotovski (2012) utiliza a liofilização para manutenção de formas 3D. A mesma autora idealiza um processo de “Impressão 3D biológica”, em que o substrato é adicionado à medida que as camadas de CB são formadas, ou com a apresentação de estímulos, como raios UV. Por fim, Zolotovskiy, Gazit e Ortiz (2018) propõem um cultivo parametrizado em moldes de silicone com condução do crescimento por fluxos e condições controladas por canais.

Com relação aos acabamentos, as cores mais relatadas da CB na amostra são tons de marrom e bege, em 10 artigos, outras cores são possíveis com a adição de frutas e corantes, descritas em 4 artigos. Texturas diferentes são possíveis dependendo dos processos de cultivo, aditivos e conformação (COSTA; BIZ, 2017; DERME; MITERBERGER; DI TANNA, 2016).

Da consideração da viabilidade de aplicação, especialmente em produtos têxteis, autores divergem nas conclusões. Há os que defendem ainda haver um longo caminho de desenvolvimento (DOMSKIENE; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; HARMON; FAIRBOURN; THIBAUT, 2020). Em contraponto, há autores com perspectivas mais otimistas em relação à maturidade do desenvolvimento do material (KAMINSKI et al., 2020; NG; WANG, 2015). Rathinamoorthy e Kiruba (2020) citam um estudo com 33 participantes em que o material de CB teria sido aceito para acessórios vestíveis de moda, mas não para vestimentas. García e Prieto (2019) consideram que as propriedades hidrofílicas podem ser úteis em diversas aplicações, porém não são adequadas para a indústria calçadista.

Por fim, as publicações acadêmicas analisadas apresentam sugestões para estudos futuros. Por exemplo, é recomendado conhecer mais a fundo as possibilidades de trabalhabilidade do material (ZOLOTOVSKY, 2012; NG; WANG, 2015; YIM; SONG; KIM, 2017; DERME; MITERBERGER; DI TANNA, 2016). São destacados os desafios na melhoria da impermeabilização e durabilidade, assim como a manutenção da flexibilidade do material durante o tempo (CAMERE; KARANA, 2018; DAMSIN, 2019; DOMSKIENE; SEDERAVICIUTE; SIMONAITYTE, 2019; KAMINSKI et al., 2020). Ainda, sugere-se

como imprescindível o acompanhamento das práticas “faça-você-mesmo”, de pesquisadores e laboratórios independentes, de artistas, de comunidades online, como o Biofabforum.org, que possuem uma produção expressiva em CB e materiais vivos em geral (CAMERE; KARANA, 2018; DAMSIN, 2019).

3.2 Depósitos de patentes

O Quadro 1 apresenta a relação dos depósitos de patentes analisados, a base de dados, acompanhada da palavra-chave de busca, o título e seu código, a categorização de seu objeto (produto, processo, suporte) e a provável aplicação. A maior parte dos resultados se refere a processos produtivos. Destes, 9 tratam do processo de cultivo, 3 explicitam processo de secagem, 3 tratam da patente de um suporte de cultivo, 1 trata do processo de conformação e 2 tratam do processo de acabamento. Dos resultados, 2 tratam da escala para uma produção industrial. A maior parte das patentes não especifica a aplicação do material resultante, 5 explicitam aplicações médicas e 3 especificam produtos têxteis, de vestuário, ou moda.

| Base/palavra chave | Título da patente (original) e código | Objeto | Aplicação |
|--|---|--|---|
| USPTO Bacterial fabric | Process of preparing a dyed fabric including a bacterial biopolymer and having unique appearance - 10.294.611 | processo de acabamento para obtenção de efeito "desgastado" | têxtil, artigos de vestuário |
| USPTO Bacterial cellulose | Method for producing a storable molded body made of bacterial cellulose - 10.709.820 | processo de conformação de corpos moldados; processo de secagem | corpos moldados |
| LATIPAT Biopelícula | Protocolo para la formacion de biopelículas naturales simuladas - ES19990906994T 19990212 | processo de cultivo | - |
| LATIPAT Membrana de celulose | Processo de obtenção de membrana de celulose bacteriana purificada para uso na duraplastia craniana e espinhal e como substituto de disco intervertebral - BR20161024479 20161020 | processo de cultivo | medicina |
| USPTO Bacterial cellulose | Process for the preparation of cellulose film, cellulose film produced thereby, artificial skin graft and its use - 4.912.049 | processo de cultivo | medicina, membrana separadora, couro artificial |
| INPI Biofilme INPI Nanocelulose | Método para controlar o crescimento de micro-organismos e/ou biofilmes em um processo industrial - BR 11 2020 003317 0 A2 | processo de cultivo | - |
| USPTO Bacterial cellulose | Nonwoven fabric-like product using a bacterial cellulose binder and method for its preparation - 4.919.753 | processo de cultivo como aglutinante | tecidos-não-tecidos |
| LATIPAT Nano Celulose | Processo de produção em escala de filmes de celulose bacteriana purificada - BR20151017614 20150723 | processo de cultivo em escala (industrial) | medicina, farmacotécnica e cosmiatria |

| Base/palavra chave | Título da patente (original) e código | Objeto | Aplicação |
|---|--|---|-----------------------|
| INPI Membrana de celulose | Processo para obtenção de manta e de membrana celulósica, processo para obtenção de manta celulósica que incorpora outros materiais, meio de cultura utilizado, bandejas fechadas de fermentação, equipamento de secagem utilizado, membrana celulósica obtida por tal processo e usos de ditas mantas e membranas - PI 0205499-0 A2 | processo de cultivo em escala (industrial); processo de acabamento (branqueamento); possibilita materiais compostos | compósitos |
| LATIPAT Membrana de celulose | Celulose nanofibrilar, método para a fabricação de celulose nanofibrilar, membrana, uso de celulose nanofibrilar, e, produto - BR20171123567 20150504 | processo de cultivo, produto | celulose nanofibrilar |
| USPTO Kombucha leather | Isolated bacterial strain of gluconacetobacter oboediens and an optimized economic process for microbial cellulose production therefrom - 10.053.718 | processo de cultivo; processo de secagem | medicina |
| INPI Membrana de celulose | Processo de secagem de membranas de celulose microbiana para uso médico | processo de secagem | medicina |
| INPI Kombucha | Aplicativo, movido por painéis fotovoltaicos orgânicos, com sola e alças revestidas em kombucha - BR 10 2017 016414 4 A2 | produto | calçado |
| LATIPAT Biofilme | Dispositivo de crescimento de biofilme - BR20010112921 20010712 | suporte para cultivo | - |
| LATIPAT Biopelícula | Soporte para crecimiento de mycobacterium smegmatis - MX20180006342 20180503 | suporte para cultivo | - |
| USPTO Nanocelulose | Nanocellulose surface coated support material - 9.506.186 | suporte para cultivo | - |
| Quadro 1: Depósitos de patente, seus objetos e aplicações citadas. Fonte: Elaborado pelos autores. | | | |

Observa-se uma ênfase nos processos produtivos envolvendo a CB tanto nos trabalhos acadêmicos quanto nos depósitos de patentes. Na amostra, há um maior número de trabalhos voltados à aplicações têxteis e da moda. Os autores divergem quanto às possibilidades de uso a curto prazo para este tipo de aplicação. Nota-se o empenho em encontrar tratamentos que aumentem a durabilidade de biofilmes de CB. Seria relevante a exploração de métodos como o *Material Driven Design* (KARANA et al., 2018), que pressupõe a experiência do usuário e as características do material para desenvolver aplicações que aproveitem as características existentes do material.

4 Conclusão

O presente artigo apresenta um levantamento e mapeamento das principais perspectivas e aplicações da CB no design industrial, na arquitetura e na moda. Este é um recorte do projeto com bactérias nos materiais vivos. O procedimento metodológico é a revisão bibliográfica sistemática com a busca de trabalhos acadêmicos em bases de dados e em bases

de registros de patentes, que possibilitou a análise de 27 trabalhos acadêmicos e 16 registros de patentes.

As aplicações têxteis e de moda compõe a maior parte da amostra. Observa-se a ênfase nos processos de produção e conformação da CB, embora ainda haja divergências quanto a sua aplicação sem maiores desenvolvimentos. Os principais desafios para este material se referem à impermeabilização, ao desenvolvimento de técnicas para trabalhá-lo (processos) e à busca pelo aumento de sua durabilidade. É relevante a proposta de novas aplicações que valorizem as características da CB, o que é oportunidade para o campo do design.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o acompanhamento de iniciativas não acadêmicas, por exemplo, a partir de comunidades na internet, artistas, pesquisadores e laboratórios independentes. Do mesmo modo, sugere-se complementar a busca de patentes com a base de dados *European Patent Office* (EPO). Poderiam ser também investigadas possíveis aplicações de outras espécies de bactérias, os materiais vivos engenheirados e outras formas de cultivo das bactérias no design industrial, na arquitetura e na moda. Por fim, sugere-se a pesquisa sobre diferentes técnicas de crescimento, sobre o uso de diferentes suportes e substratos.

Referências

- BLOCH, C. Design Potential of Microbial Cellulose in Growing Architecture. 2019. 91p. Dissertação - Chalmers School of Architecture. Department of Architecture and Civil Engineering. Göteborg, 2019.
- CAMERE, S.; KARANA, E. Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, v. 186, p. 570–584, 2018.
- CAMERE, S.; KARANA, E. Growing materials for product design. *Alive. Active. Adaptive: International Conference on Experiential Knowledge and Emerging Materials, EKSIG 2017*, n. August, p. 101–115, 2017.
- CARO-ASTORGA, J.; WALKER, K.; ELLIS, T. Bacterial cellulose spheroids as building blocks for 2D and 3D engineered living materials, 2020.
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto – CBGDP. Porto Alegre, 2011.
- COSTA, P. Z. R. da.; BIZ, P. Cultivando materiais: o uso da celulose bacteriana no design de produtos. 3o SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN DA ESDI Rio. Anais... , 2017.
- DAMSIN, B. Bacterial cellulose. New bio-composites based on bacterial cellulose for architectural membrane applications. 2019, 141p. Dissertação - Université Libre de Bruxelles. Bruxelas, 2019.
- DERME, T.; MITERBERGER, D.; DI TANNA, U. Growth based fabrication techniques for bacterial cellulose. *ACADIA 2016: Posthuman Frontiers: Data, Designers, and Cognitive Machines - Proceedings of the 36th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture*, p. 488–495, 2

DOMSKIENE, J.; SEDERAVICIUTE, F.; SIMONAITYTE, J. Kombucha bacterial cellulose for sustainable fashion. *International Journal of Clothing Science and Technology*, v. 31, n. 5, p. 644–652, 2019.

FILLAT, A.; MARTÍNEZ, J.; VALLS, C.; et al. Bacterial cellulose for increasing barrier properties of paper products. *Cellulose*, v. 25, n. 10, p. 6093–6105, 2018.

GARCÍA, C.; PRIETO, M. A. Bacterial cellulose as a potential bioleather substitute for the footwear industry. *Microbial Biotechnology*, v. 12, n. 4, p. 582–585, 2019.

HARMON, J.; FAIRBOURN, L.; THIBAUT, N. Exploring the Potential of Bacterial Cellulose for Use in Apparel. *Journal of Textile Science & Fashion Technology*, v. 5, n. 2, p. 1–9, 2020.

HUANG, Y.; ZHU, C.; YANG, J.; et al. Recent advances in bacterial cellulose. *Cellulose*, v. 21, n. 1, p. 1–30, 2014.

HÜLSEN, J. Xylum Stool. 2011. Disponível em: <<http://www.jannishuelen.com/?/work/xylumstool/>>. Acesso em: 02 jan 2021.

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Ferramenta de busca de patentes. Disponível em < <https://www.gov.br/inpi/pt-br>>. Acesso em 07 jan. 2021.

KAMIŃSKI, K.; JAROSZ, M.; GRUDZIEN, J.; et al. Hydrogel bacterial cellulose: a path to improved materials for new eco-friendly textiles. *Cellulose*, v. 27, n. 9, p. 5353–5365, 2020.

KARANA, E.; BLAUWHOFF, D.; HULTINK, E. J.; CAMERE, S. When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *International Journal of Design*, v. 12, n. 2, p. 119–136, 2018.

LATIPAT. Ferramenta de busca de patentes. Disponível em: < https://lp.espacenet.com/?locale=pt_LP >. Acesso em 07 jan. 2021.

LEGNANI, C.; BARUD, H. S.; CAIUT, J. M. A.; et al. Transparent bacterial cellulose nanocomposites used as substrate for organic light-emitting diodes. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, v. 30, n. 18, p. 16718–16723, 2019.

LIVING COLOUR. Biodesign research project. 2017. Disponível em: <<https://livingcolour.eu/>> Acesso em: 24 set 2020.

MIHALEVA, G. Bio matter in creative practices for fashion and design. *AI and Society*, Springer London, n. 0123456789, 2020.

MODERN SYNTHESIS. Microbial Weaving. 2020. Disponível em: <<https://modern-synthesis.com/microbial-weaving/>> Acesso em: 02 jan 2021.

NG, A. Grown microbial 3D fiber art, ava: Fusion of traditional art with technology. *Proceedings - International Symposium on Wearable Computers, ISWC*, v. Part F130534, p. 209–214, 2017.

NG, F. M. C.; WANG, P. W. Natural Self-grown Fashion From Bacterial Cellulose: A Paradigm Shift Design Approach In Fashion Creation. *Design Journal*, v. 19, n. 6, p. 837–855, 2016.

NG, M. C. F.; WANG, W. A Study of the Receptivity to Bacterial Cellulosic Pellicle for Fashion. *Research Journal of Textile and Apparel*, v. 19, n. 4, p. 65–69, 2015.

- NIYAZBEKOVA, Z. T.; NAGMETOVA, G. Z.; KURMANBAYEV, A. A. An Overview of Bacterial Cellulose Applications. *Biotechnology. Theory and practice*, p.1–16, 2018.
- RAHMAN, M. M.; NETRAVALI, A. N. Aligned Bacterial Cellulose Arrays as “green” Nanofibers for Composite Materials. *ACS Macro Letters*, v. 5, n. 9, p. 1070–1074, 2016.
- RATHINAMOORTHY, R.; KIRUBA, T. Bacterial cellulose-A potential material for sustainable eco-friendly fashion products. *Journal of Natural Fibers*, v. 00, n. 00, p. 1–13, 2020.
- SMITH, R. S. H.; BADER, C.; SHARMA, S.; et al. Hybrid Living Materials: Digital Design and Fabrication of 3D Multimaterial Structures with Programmable Biohybrid Surfaces. *Advanced Functional Materials*, v. 30, n. 7, p. 1–14, 2020.
- STROBEL do NASCIMENTO, Elisa; HEEMANN, A. Perspectivas em design e materiais vivos: discussão da literatura. In: 2020 - Gampi + Plural Design, 2020, Joinville. *Plural Design 2020*, 2020.
- SHUNK, G. K.; GOMEZ, X. R.; AVERESCH, N. J. H. A Self-Replicating Radiation-Shield for Human Deep-Space Exploration: Radiotrophic Fungi can Attenuate Ionizing Radiation aboard the International Space Station. *bioRxiv*, p. 2020.07.16.205534, 2020.
- TED. Suzanne Lee: Cultive suas próprias roupas. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3p3-vl9VFYU>>. Acesso em: 02 jan 2021.
- URAKI, Y.; NEMOTO, J.; OTSUKA, H.; et al. Honeycomb-like architecture produced by living bacteria, *Gluconacetobacter xylinus*. *Carbohydrate Polymers*, v. 69, n. 1, p. 1–6, 2007
- USPTO - United States Patent and Thendmark. Ferramenta de busca de patentes. Disponível em: <<https://www.uspto.gov/>>. Acesso em 07 jan. 2020.
- VELÁSQUEZ-RIAÑO, M.; BOJACÁ, V. Production of bacterial cellulose from alternative low-cost substrates. *Cellulose*, v. 24, n. 7, p. 2677–2698, 2017.
- WOOD, J. Bioinspiration in Fashion—A Review. *Biomimetics*, v. 4, n. 1, p. 16, 2019.
- YIM, S. M.; SONG, J. E.; KIM, H. R. Production and characterization of bacterial cellulose fabrics by nitrogen sources of tea and carbon sources of sugar. *Process Biochemistry*, v. 59, p. 26–36, 2017.
- ZOLOTOVSKY, K. *BioConstructs – Methods for Bio-Inspired and Bio-Fabricated Design*. 2012, 72p. Dissertação - Master of Science in Architecture Studies at the Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, 2012.
- ZOLOTOVSKY, K.; GAZIT, M.; ORTIZ, C. Guided Growth of Bacterial Cellulose Biofilms. , v. 2, p. 538–548, 2018.

Sustentabilidade na cadeia da moda e o design de biomateriais têxteis

Sustainability in the fashion chain and the design of textile biomaterials

Giovanna Eggers Renck, graduanda em moda, UNISINOS

gi_renck@hotmail.com

Debora Barauna, doutora em design, UNISINOS

dbarauna@unisinos.br

Resumo

É preciso usufruir da natureza com cuidado, de maneira sustentável. Todavia, o impacto que a humanidade causa ao meio ambiente é alarmante, como dados da Global Footprint Network evidenciam. A indústria têxtil e de vestuário é uma das atividades humanas que mais contribui para esse processo. Ao mesmo tempo, uma peça de roupa é um produto essencial aos modos de vida em sociedade e também de proteção ao corpo. Assim, como podemos conceber uma moda sustentável, considerando a sua evidente relação material? O objetivo deste artigo é expor a sustentabilidade que há na cadeia de produção têxtil, enfatizando o ponto inicial dessa cadeia, os materiais. Fontes bibliográficas, documentais, casos e conhecimento empírico narrados embasam o estudo em direção à promoção da sustentabilidade e inovação na moda pelo design de biomateriais têxteis.

Palavras-chave: Cadeia têxtil; Biotecidos; Design para a sustentabilidade; Design de Materiais; Experimentação.

Abstract

We need to enjoy nature with care, in a sustainable way. However, the impact we have had on it has been attenuated, as data from the Global Footprint Network shows. The textile and apparel industry is one of the most human activities that most contributes to this. At the same time, a piece of clothing is an essential product for the ways of life in society and also for protecting the body. Then, how could we have sustainable fashion considering a evident material relationship? The objective of this article is to expose the sustainability that exists in the textile production chain, emphasizing the starting point of the chain, the materials. Bibliographic and documentary sources, cases and empirical knowledge narrated embased the study in a direction for the promotion of sustainability and innovation in fashion through the design of textile biomaterials.

Keywords: *Textile chain; Biofabrics; Design for sustainability; Materials Design; Experimentation.*

1. Introdução

O humano é o único ser vivo que não se satisfaz completamente com suas necessidades biológicas básicas. Ele cria inovações, muda e transforma tudo ao seu redor, atribui significados e nomes em tudo que os seus sentidos lhe permitem conhecer, ele cria cultura. Como diz o filósofo Terry Eagleton (2003, p.11) em *The Idea of Culture (A Ideia de Cultura)* “cultura é um conceito que deriva da natureza”, pois tudo que é criado e manipulado foi retirado dela. O humano retira o natural do lugar, manipula e extrai da natureza tudo para o seu contentamento. Todavia, a humanidade já usufruiu tanto da natureza que a biocapacidade de produção do planeta Terra já é superada desde a década de 1970, sendo que esse cenário de devastação avança progressivamente (MEADOWS *et al.*, 1973; GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2020).

É nesse ponto que um dos conceitos mais tratados nos dias de hoje, a sustentabilidade, vem à tona. É por meio da sustentabilidade, como princípio, metodologia e prática, que se tenta atenuar os impactos causados ao meio ambiente. Este é um tema multidisciplinar, que está presente em qualquer âmbito do conhecimento e que demanda de ações transversais para agir em favor do meio ambiente e da sociedade.

Assim, ao trazer a importância desse conceito e a ciência do cenário de escassez dos recursos naturais para o contexto da moda, um setor evidentemente de produção material, a pergunta principal feita é: Como podemos conceber uma moda sustentável, diante da sua materialidade? Ainda, como é possível operar transversalmente sobre ela?

No plano da moda, a sustentabilidade vai muito além de apenas uma peça de roupa feita de um ‘tecido sustentável’, embora nem sempre seja isto o que dizem. Há de se entender o que está por trás deste tecido, há de se compreender a cadeia ITV (indústria têxtil e de vestuário). Esta aborda desde a cadeia de produção têxtil até o design inserido ao processo, a modelagem e confecção de peças, a distribuição, o varejo, a vida útil da roupa e o seu descarte. Afinal é essa a segunda manufatura mais poluente do mundo, perdendo apenas para a indústria petrolífera (FRIEDMAN, 2018). Assim, ao propor uma inovação têxtil para a sustentabilidade, é preciso pensar estrategicamente no seu design.

Propor o design de materiais para a sustentabilidade e inovação é pensar no design de materiais avançados, aqueles criados e manipulados para atendimento de fins específicos. No caso de projeto de materiais para a sustentabilidade na moda é necessário considerar questões técnicas e ambientais de manufatura (disponibilidade, tipo e variedade de recursos naturais; uso de matérias-primas e insumos; mão de obra qualificada; processos limpos e com condições salubres de trabalhos; geração de resíduos e efluentes). Porém, também é preciso pensar em outras questões, tais como: socioculturais (conhecimentos; valores; atitudes e hábitos sociais adquiridos ao longo do tempo e suas transformações), econômicas (modelo dominante; formas de trabalho e renda; produção e consumo; sazonalidade da moda - tendências), geográficas (clima; recursos ambientais; espaços urbanos ou rurais; pertencimento e territorialidade). Toda essa complexidade, exige um operar entre disciplinas, agindo na moda por uma integralidade e interação de saberes e é neste contexto que o papel do design destaca-se como um campo de conhecimento que atua transversalmente sobre áreas do saber. Assim, agir pelo design de materiais é trazer a questão material para o foco das relações.

Dessa maneira, este artigo visa colocar em pauta a sustentabilidade que há de ser levada em consideração na cadeia ITV, destacando avanços e problemáticas do setor, além

de provocar uma reflexão da possibilidade de inovação e sustentabilidade na moda pela experimentação em design de biomateriais têxteis, destacando o design como um campo do saber capaz de agir transversalmente nesse processo. Logo, este é um trabalho que se configura como um estudo de problematização, composto por levantamento bibliográfico, pesquisas documentais, exploração de casos e apropriação de conhecimento empírico, realizado antes de uma atividade de experimentação em design de biomateriais para a moda. Embora a prática de experimentação efetuada, em si, não seja o foco deste estudo, ela é trazida aqui como um elemento de discussão da relevância do agir transversal pelo design para a inovação e sustentabilidade na moda. Tanto que avanços da prática realizada já estão ocorrendo: a ideia experimental de um biomaterial têxtil foi proposta e premiada com um processo de pré-incubação em um instituto científico e tecnológico brasileiro para seu desenvolvimento. Na sequência então trata-se sobre a sustentabilidade na cadeia ITV e a possibilidade do design de biomateriais têxteis como um caminho estratégico em direção à inovação e à sustentabilidade na moda.

2. Sustentabilidade na moda

Diante do preocupante impacto negativo que a moda gera no meio ambiente, foram e estão sendo criados inúmeros novos materiais e processos para a promoção da sustentabilidade na ITV. As inovações, por sua vez, caminham desde a concepção de matérias-primas menos poluentes, intervenções no final do ciclo das roupas, a geração de bem estar, melhores condições de trabalho, remuneração adequada, ou seja, a sustentabilidade na moda deve se preocupar com a matéria produzida bem como com a forma que é produzida e as pessoas que a produzem. Logo, para que uma marca seja compreendida como sustentável, é necessário que todos esses pontos sejam previamente analisados e considerados no design de moda. Sendo que grande parte das modificações que estão ocorrendo no mercado se devem às exigências dos consumidores que passaram a cobrar valores éticos e sustentáveis de suas marcas, refletindo, por vez, na cadeia da ITV.

Quando se pensa na cadeia têxtil, existem diversos problemas produtivos que devem ser enfrentados, tais como os citados a seguir. O uso excessivo de pesticidas, produtos químicos e água nas plantações de algodão, é algo que prejudica o meio ambiente e afeta diretamente os plantadores de algodão, pois esses químicos são extremamente prejudiciais à saúde. Também têm as alterações genéticas em animais para que produzam mais lã, além de maus tratos aos animais para realizar a tosquia; altos gastos energéticos e de água; utilização de materiais não renováveis como polímeros para confecção de fibras sintéticas; a quantidade de químicos que a indústria de sintéticos usam e que, muitas vezes, são descartadas de forma incorreta na natureza; a poluição do ar que essa mesma indústria causa com o processo produtivo a base de petróleo. Sendo que, o petróleo é um recurso natural não renovável, podendo se esgotar a longo prazo, e conforme um relatório da Fundação Ellen MacArthur, aponta-se para o uso de “98 milhões de toneladas no total de recursos não renováveis por ano” no mundo, apenas na ITV (MORLET *et al*, 2018, p.20). Isto acaba por acarretar na obtenção de materiais têxteis adversos pela indústria têxtil e de vestuário. O algodão, por exemplo, é uma fibra natural renovável, e, por ter essa característica, assume-se um pensamento de que ela é uma fibra sustentável. No entanto, existem diversas questões que precisam ser consideradas, tais como: São usados químicos no plantio da fibra? Como é feita a irrigação? Os produtores são remunerados de uma forma justa? Como é feita a lavagem e o tratamento da fibra? Não é aceitável nos dias de

hoje pensar que por ser um material de origem natural renovável, ele é sustentável. Tem que se ter um entendimento sobre o que há por trás de um processo de produção de um têxtil. É preciso conhecer onde e como ocorre a extração da sua matéria-prima; quanto de insumos são gastos; como ele é sintetizado, transformado e distribuído. Às vezes, manufaturas de fibras sintéticas se preocupam e têm processos de produção mais limpos e salubres do que os de fibras naturais. Acaba que, também, muitas vezes não é fácil achar tais informações. Porém, hoje com maior facilidade de acesso a dados que a alguns anos atrás, é possível saber que há órgãos que regulam e certificam a cadeia ITV. Alguns exemplos destes são: Fairtrade International; Global Organic Textile Standard (GOTS); Global Recycle Standard; Oeko-Tex Standard; World Fair Trade Organization; Internationale Verband der Naturtextilwirtschaft (IVN); Better Cotton Initiative (BCI); Cradle to Cradle (C2C).

Todas essas informações foram embasadas por autores como Alison Gwilt (2015), Elena Salcedo (2014), Jenny Udale (2015) e Kate Fletcher e Lynda Grose (2011), que trazem publicações importantes sobre o mundo da moda sustentável e do design têxtil. Na sequência, esses autores também contribuíram para nortear a compreensão da cadeia de produção têxtil, envolvendo desde a matéria-prima até o design de uma peça, a modelagem, a manufatura, a distribuição, o varejo, o uso e o descarte. Além de tais autores, outros que se mostraram relevantes no decorrer do processo foram trazidos para a discussão. Bem como casos de organizações, movimentos sociais e modos conhecidos de operar pela sustentabilidade apoiaram a exposição sobre a cadeia ITV, seus problemas e formas já praticadas de atenuar os impactos negativos desse setor.

O primeiro componente a ser pensado por uma perspectiva sustentável na moda é o **material**. Fibra ou filamento, essas são as matérias-primas que mais recebem estudos e desenvolvimentos na área. As opções já são inúmeras dentro das fibras naturais, sintéticas e artificiais mais comuns, algumas já possuem processos produtivos limpos, mas não são todas. O algodão orgânico, reciclado e naturalmente colorido, o linho e o cânhamo são algumas das fibras naturais de origem vegetal que são consideradas sustentáveis, mas lembrando que é preciso saber como são produzidos esses materiais. Por isso que os órgãos reguladores têm tanta importância, são eles que vão conferir o selo de sustentabilidade ao fornecedor. Sempre que a marca for adquirir matérias-primas como essa, e que estejam sendo vendidas como sustentável, é preciso exigir os selos de aprovação, para ter o cuidado sobre o que está sendo comprado. A regra é a mesma para fibras sintéticas e artificiais: busque saber se o fornecedor tem certificado. O Relatório de Mercado de Fibras e Materiais Preferenciais (*Preferred Fiber and Materials Market Report - PFMR*) da Textile Exchange, de autoria de Opperskalski *et al.* (2020), orienta neste processo. Um exemplo encontrado no relatório é a empresa austríaca Lenzing, que produz fibras artificiais, como ecovero (viscose), lyocell e modal em ciclo de produção fechado. Referente às fibras sintéticas, existem várias empresas produtoras dessas, mas pelo *PFMR* destacam-se duas que fazem fios reciclados e têm selo de sustentabilidade. Como é o caso da Econyl, que produz um fio de nylon reciclado proveniente de lixos encontrados na natureza, grande parte proveniente de redes de pesca à deriva nos oceanos, e dos fios Amni Soul Eco, poliamida 6.6 biodegradável, e Amni Soul Cycle, poliamida biodegradável e reciclada, da marca Rodhia. Ambas as empresas possuem certificados internacionais para esses produtos. Logo, mesmo as fibras sintéticas, que por muitos são consideradas as fibras ‘vilãs’, se pode ter um material sustentável. Fibras sintéticas, muitas vezes, assumem características tecnológicas que contribuem para o design e vida útil da peça a ser

concebida e desenvolvida: não amassam, promovem a transpiração da pele, modelam com facilidade, permitem corte a laser para a sua modelagem, concedem proteção UV etc.

O **design e a modelagem de uma peça** de vestuário têm grande importância no viés sustentável da moda. A maior parte das vezes só é pensado em como será a aparência da peça, nem sempre se projeta considerando atributos técnicos, de uso e simbólicos que o processo de design de produto se ocupa, bem como ponderando um melhor aproveitamento que a modelagem terá no têxtil. Quando se corta uma peça, acaba por ter uma quebra muito grande de tecido, gerando retalhos em razão da má forma de aproveitamento do tecido proposto pela modelagem. Segundo Rissanen (2005) 15% dos tecidos utilizados pela indústria da moda, viram resíduos. Por isso surgiu a técnica de desperdício zero, também conhecida como *zero waste*, que consiste em modelagens sem quebras, nas quais não haverão retalhos, se aproveitará 100% do tecido; como é o caso da marca gaúcha Tsuru Alfaiataria, que tem nesse conceito um dos seus pilares. Outro ponto interessante de se pensar é o design para durabilidade: pensar em peças de roupas para durar, com tecidos de qualidade e atemporais, que não ficarão ‘fora de moda’ na estação seguinte.

Atrelado ao design e à modelagem da peça está a **manufatura** dessa. Neste caso, a sustentabilidade, além de considerar questões fabris como a geração de efluentes, o uso excessivo de químicos e os altos gastos energéticos que acabam por prejudicar o ecossistema, deve se preocupar com as condições insalubres de trabalho em fábricas e fábricas. O movimento *Fashion Revolution* deriva dessa preocupação, ele visa a conscientização global referente às condições de trabalho. A mobilização começou após a queda do prédio ‘Rana Plaza’ em Bangladesh, no dia 24 de abril de 2013, que ocasionou a morte de 1.133 pessoas que estavam trabalhando no local, deixando outras 2.500 feridas (MISCIAGNA, 2020). Assim, todos os anos, no mês de abril surgem questionamentos sobre as condições de trabalho da indústria da moda, como o famoso jargão “quem fez as minhas roupas?”, a fim de incentivar os consumidores a se questionarem sobre as condições de trabalho de quem produz a peça que está adquirindo. Marcas internacionais conhecidas no mundo todo, como Zara e H&M, foram muito questionadas nesse quesito e perderam muitos clientes, motivo pelo qual atualmente buscam demonstrar que participam do movimento, como funciona sua produção. O *Fashion Revolution* tem um site universal, que apresenta uma subdivisão por país, para se ter um acesso mais amplo a informações sobre o movimento conforme a localidade. Como é o caso, por exemplo, dos relatórios anuais do Índice de Transparência da Moda no Brasil, documento disponível na plataforma digital da organização, que analisa o quanto as marcas brasileiras comunicam sobre as suas cadeias produtivas. Outro ponto a ser discutido é a margem de lucratividade que se coloca sobre uma peça de roupa, muitas marcas aplicam percentuais excessivos sobre o valor adquirido ou produzido, alegando valor de marca. Todavia com uma moda sustentável cara, o acesso de todos é dificultado, embora muitas vezes isso se justifique pelos altos investimentos científicos e tecnológicos, em outros casos alguma parte da cadeia pode estar sendo explorada. Os costureiros, por exemplo, nem sempre são valorizados e remunerados diante do seu valor. Uma economia justa também é sustentável.

No que concerne a **distribuição e varejo** verifica-se que essas também possuem pontos a melhorar. Mesmo empresas que promovem um desenvolvimento local, valorizando a territorialidade e a noção de pertencimento com o matéria-prima e mão-de-obra local, usam, muitas vezes, um sistema de varejo amplo para escalonar a sua produção. De modo geral, há muitos quilômetros e emissão de CO₂ envolvidos na confecção de uma peça; um simples exemplo disso é quando uma marca faz a sua

produção fora da sua fábrica, a peça passa por algumas pilotagens antes de ser aprovada, só nisso já se percorreram vários quilômetros para apenas esta uma aprovação. Conforme a cartilha de educação “O Que o Meu Jeans Fala Sobre a Indústria do Vestuário” do Fashion Revolution (2017), um único jeans, em média, emite 34 quilogramas de CO₂ para ser produzido, o que é semelhante ao dirigir um automóvel por 111 quilômetros. No tocante do varejo, lojas que se preocupam com a sustentabilidade trabalham com o uso eficiente de energia, evitam a utilização desnecessária de embalagens e, quando as usam, preocupam-se que as mesmas sejam recicláveis, bem como fomentam um ambiente sadio de trabalho para seus funcionários. A grande varejista Renner começou a implantar em 2020 nas suas lojas o abastecimento energético proveniente de painéis solares, e a marca de *beach wear* Levh que, dependendo da cidade faz suas entregas de bicicleta e a Aika Beachwear entrega seus produtos em ecobags reutilizáveis.

Ainda, é na correta **utilização de uma peça**, adquirida por uma compra consciente, aquela em que se questiona todos os processos anteriores, que a responsabilidade da moda sustentável passa a ser compartilhada com o consumidor. O uso correto de uma peça, exige do consumidor tomar conhecimento da etiqueta do produto, que deve oferecer orientações de uso que favoreçam o prolongamento da vida útil do produto. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) é o órgão brasileiro que fiscaliza e normatiza o padrão das etiquetas têxteis, para que o consumidor tenha acesso às devidas orientações de uso e cuidado do vestuário. Para auxiliar nesse processo, a entidade fornece no seu site uma cartilha “Você Sabe Para Que Serve a Etiqueta”, em que explica todos os símbolos e as informações que compõem uma etiqueta têxtil.

Por fim, o **descarte das peças** têxteis em como lixo doméstico é incorreto, assim as peças não poderão ser desfibradas e conseqüentemente transformadas em fio novamente para se tecer uma nova peça. Deve-se descartar em um ambiente correto, lugares em que as peças possam ser recolhidas para novo beneficiamento. Muitas marcas de moda, como a Renner e a Melissa, têm pontos de recolhimento de peças descartadas em suas lojas. A Melissa por exemplo, tem um novo lançamento que é uma sandália reciclada, que é feita a partir dos sapatos que são descartados nos pontos de recolha das lojas. Outro método eficaz é o *upcycling*, que consiste em reutilizar uma peça para recriar outra, aumentando assim a vida útil da matéria. Segundo Gwilt (2015, p.146) “o *upcycling* permite que você aumente o aproveitamento e o valor de um material, prolongando sua vida”. Uma marca gaúcha referência em *upcycling* é a Insecta Shoes, ela produz sapatos a partir de tecidos de reuso, reciclados e de borracha reciclada. A marca sueca H&M apresentou no mês de outubro de 2020 sua mais nova criação: uma máquina de reciclagem de roupas que, aproximadamente, em cinco horas desfibra uma roupa e a tece novamente, formando uma nova peça de roupa (ESTEVÃO, 2020).

Até aqui abordou-se um conjunto de questões que envolve pensar a sustentabilidade na moda. Embora esse processo ocorra, de maneira geral, ainda linearmente, muitas marcas têm se aproximado do conceito de economia circular. Sendo este um tipo de economia em que toda a cadeia de produção de um produto acontece por ciclos fechados de aproveitamento de recursos, um ciclo técnico e outro biológico (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2013). Outra ideia de nova economia que tem estado junto aos avanços sustentáveis da moda é a economia criativa. Esta acontece pela criatividade humana e se fortalece nas relações que se dão entre design, cultura, diversidade, tecnologia e sustentabilidade. Em Barauna *et al.* (2021) é possível compreender o conceito dessas novas economias, entre outras, com a evolução da cultura de design para sustentabilidade e como

um codesign, que envolve a colaboração e incide na cocriação. Em particular, a economia criativa se destaca no universo da moda, pela sua perspectiva de origem de fomentar uma indústria criativa voltada à inovação e à sustentabilidade. Na verdade, compreende-se essas duas direções como uma só, não há sustentabilidade sem inovação e nem inovação que se sustente sem considerar uma relação de questões ambientais, sociais e econômicas. Neste complexo surge o design como um campo transversal de conhecimento, capaz de orientar esse processo e contribuir para a concepção de uma moda sustentável.

Neste contexto, no tópico seguinte, é abordado o design de materiais avançados pela lógica sustentável de conceber bio-novos-materiais para moda. Também é apresentado práticas inspiracionais de experimentação em design de biomateriais têxteis, que foram capazes de orientar a concepção de uma proposta de inovação na moda, atualmente em desenvolvimento, junto a um Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) brasileiro para avanço e modelagem de negócio de impacto socioambiental.

3. Design de biomateriais têxteis

Barauna e Razeza (2018) em um estudo sobre direções em PD&I (pesquisa, desenvolvimento e inovação) de materiais avançados encontraram a concepção de biomateriais como um caminho para a sustentabilidade no século XXI, bem como as biotecnologias e a biomimética (concepção inspirada na natureza). Na verdade há uma relação muito próxima entre essas biodisciplinas. Segundo Bell (2011) os biomateriais são uma forte tendência dentro desse universo de alta tecnologia e concepções avançadas em materiais, e são esses que cada vez mais vem sendo apresentados no mercado. Alguns exemplos de biomateriais já produzidos e comercializados em escala comercial são da empresa italiana Orange Fiber, que produz têxteis a partir do bagaço da casca da laranja, e a SCafé, que produz tecidos e malhas provenientes da borra do café, normalmente, descartada após o café ser preparado (OPPERSKALSKI *et al.*, 2020).

Pelos exemplos antes dados, bem como pelo relatório da Biofabricate e Fashion for Good sobre as inovações em biomateriais na indústria, escrito por Lee *et al.* (2020) é possível entender que biomaterial é o termo usado para denominar materiais que tem uma associação biológica não específica, ou seja, são materiais que provêm de alguma fonte biológica, podendo ser, por exemplo: plantas, restos de alimentos, frutas, organismos naturais etc.. Para se ter uma compreensão mais aprofundada sobre esses materiais é importante adentrar no seu universo, tomando conhecimento de alguns conceitos-chave. Materiais de base biológica (*biobased*) são provenientes de biomassa, podendo ser vegetal ou animal e apresentando tratamento físico, químico ou biológico, como, por exemplo, as fibras naturais, as artificiais, os polímeros naturais e os couros animais (LEE *et al.*, 2020). A cartilha da Biofabricate e Fashion for Good orienta que os materiais produzidos por organismos vivos como bactérias, leveduras e micélios ganham o nome de biofabricados (*biofabricated materials*) e que estes podem ser produzidos, mas não, necessariamente, são por ingredientes biofabricados (*biofabricated ingredients*). Esses são ingredientes, também, produzidos por células vivas e microorganismos que precisam de processamento químico ou mecânico para o seu estruturamento. Ainda a cartilha destaca os materiais biossintéticos (*biosynthetic*) que são materiais de polímeros sintéticos compostos de insumos de origem biológica como a biomassa e/ou o processo que seja realizado por um organismo vivo; e os

materiais biomontados (*bioassembled*) que são formados diretamente por organismos vivos, os couros de micélio e de celulose bacteriana são exemplos desses (Lee *et al.*, 2020). A Figura 1 ilustra como essas definições se integram e interagem.

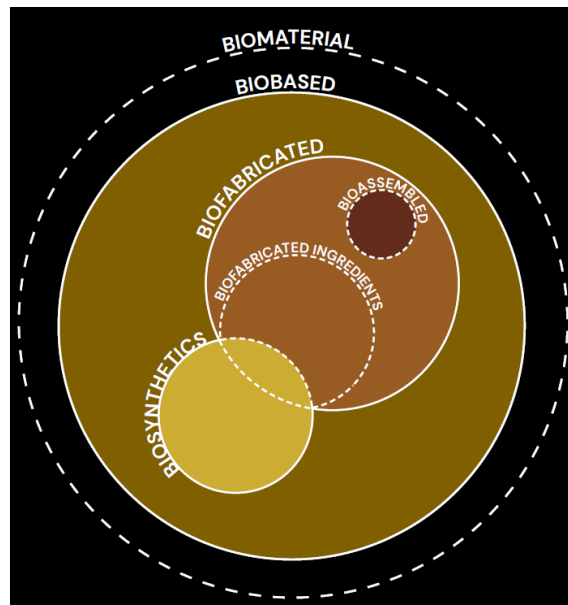


Figura 1: Relação de conceitos voltados à concepção de biomateriais. Fonte: Lee *et al.* (2020).

Muitos dos biomateriais concebidos e produzidos hoje são biomateriais com aspecto de couro. Eles são uma alternativa de derivados naturais à substituição do couro animal e sintético. Desserto é um biomaterial com aspecto de couro, vegano feito a partir de cactos; o Fuitleather é outro biomaterial com aspecto de couro feito a partir de mangas já sem condições de consumo que seriam descartadas; o Mylo da Bolt Threads é também um biomaterial com aspecto de couro feito de micélio e celulose bacteriana - produzido através da fermentação da cultura de bactérias - desenvolvido pela pesquisadora Suzzane Lee, da escola Central Saint Marin's College of Art and Design. Esses são alguns exemplos indicados em Lee *et al.* (2020) que já estão disponíveis no mercado.

Como biomateriais utilizam, em grande percentual, matéria-prima biológica, é possível que sejam feitos de forma caseira. O resultado final pode não vir a ser como os que estão no mercado, pois esses necessitam de tecnologia, ambiente controlado e equipamentos mais avançados, porém a grande maior parte deles começa assim, de forma experimental, apropriando-se de equipamentos e ambientes caseiros e improvisados. Isto foi exatamente o que aconteceu com os experimentos inspiracionais criados e citados de modo ilustrativo neste estudo (Figura 2).



Figura 2: Experimentação em design de biomateriais para a moda. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Para esses experimentos, uma busca *online* resultou na definição dos seguintes ingredientes: glicerina, gelatina, ágar, água, vinagre, diferentes tipos de amidos, alginato de sódio, cloreto de cálcio, óleo, manga, entre outros. As referências principais que contribuíram para isso foram de Juliette Pépin (2014) com o *Research Book Bioplastic*, de Mariam Ribul (2014) em o *Recipes for Material Activism* e Margaret Dunne (2018) com o *Bioplastic Cook Book*, além de materiais disponibilizados pelo curso Fabricademy. O resultado foi a construção de 12 experimentos. Com exceção das amostras feitas a partir de alginato de sódio, todas as outras foram secas ao sol e feitas em pouco tempo no fogão, com isso o gasto energético que elas demandaram foi baixo. Cada uma apresenta um aspecto, textura e maleabilidade diferente, em razão principalmente da quantidade de glicerina colocada, algo que pode ser facilmente alterado. A amostra 6, por exemplo, foi feita de amido e tem essa coloração em razão da água utilizada ter sido previamente banhada em repolho roxo, que já estava em degradação.

Embora os resultados obtidos tenham sido inspiradores, não foi objetivo deste artigo se aprofundar nesses experimentos, devido também ao formato reduzido do instrumento e a possibilidade de inovação via um ICT brasileiro. Todavia considerou-se pertinente destacar que esta não é uma realidade distante, mas uma alternativa possível. A ideia de presença desse tipo de material no mercado da moda vem crescendo exponencialmente. Um exemplo disso é a *startup* de biotecnologia Biotecam (2019), situada em um laboratório dentro da Universidade Federal do Rio de Janeiro, eles produzem um biomaterial com aspecto de couro a partir do *scooby*, uma cultura de bactérias e leveduras proveniente da kombucha. A *startup* ainda não tem o material disponível para comercialização, porém, já está trabalhando na viabilização da produção em larga escala.

Por fim, nota-se uma relação muito próxima dos biomateriais com a natureza. Esta inova a 3.8 bilhões de anos, seus ciclos são circulares e o que é descartado dentro dela acaba retornando e contribuindo de alguma forma para o seu ecossistema. Pode-se dizer que o lixo, nas relações humanas, é um erro de projeto, é um erro de design. Então, por que não buscar na natureza e no próprio design inspiração para a concepção de processos e materiais mais sustentáveis?

4. Conclusão

Conforme discutido ao longo do trabalho, foi compreendido, sobretudo, que é com processos de sintetização mais limpos; atenuação do uso de químicos; ‘bio’ concepções entre materiais e tecnologias; novos modelos econômicos (circulares e criativos); programas de redução e reciclagem de resíduos; uso da natureza com princípios de minimização de danos; e cultura de design para a sustentabilidade, que uma agenda para a moda sustentável deve avançar no mundo, preocupando-se com a materialidade do ato de se vestir.

É sabido que, embora a cadeia ITV cause diversos impactos negativos ao meio ambiente, seu produto, o vestuário, é indispensável aos seres humanos. A moda, além de estar relacionada com os modos de vida em sociedade, fornece uma camada protetora ao corpo. Porém, é inegável que essa é uma disciplina material, logo esforços de PD&I precisam se concentrar na concepção e no desenvolvimento estratégico de bons biomateriais têxteis. Olson (2001) já alertava para a necessidade de o design de um novo mundo material e apontava para o design de materiais como um caminho transversal para isso.

Enfim, conclui-se que para pensar a sustentabilidade na moda e inovar, é preciso ir muito além do processo criativo do vestuário. Deve-se levar em consideração toda a cadeia de produção têxtil até o fim da vida útil de uma peça, bem como buscar operar estrategicamente pelo design de materiais avançados. O design de materiais avançados permite utilizar a criatividade e aliar-se à experimentação para recombinar materiais já existentes, levando ao encontro de novos biomateriais têxteis e à inovação.

Referências

BARAUNA, D.; RAZERA, D. L. Sustentabilidade, desenvolvimento e inovação no século 21: demandas para o design de materiais avançados. **Design, Artefatos e Sistema Sustentável ([designcontexto]: Ensaios sobre Design, Cultura e Tecnologia)**. ARRUDA, A. J. V. ; FERROLI, P. C. M.; LIBRELOTTO, L. I. (organizadores). São Paulo: Blucher, p. 61-74, 2018.

BARAUNA, D.; STAFFORD, F. N.; FARINA, M. Z; ALEIXO, A. C. O. Covid-19 and the emergency of new economies for the design of a new world. **Strategic Design Research Journal**. v.14, n. 01, Janeiro-abril 2021.

BENYUS, J. M. **Biomimética**: inovação inspirada pela natureza. 6. ed. São Paulo: Cultrix, 1997.

BELL, B. Material intelligence: an overview of new materials for manufacturers. **PFInnovation**, Canadá, 2011.

BIOTECAM. **Biotecam no G1** – Biotecido TEXTICEL. Março de 2019. Disponível em <<http://biotecam.com.br/2019/03/27/biotecam-no-g1-biotecido-texticel/>> Acesso em 09 de fevereiro de 2021.

BRAUNGART, M MCDONOUGH, W. **Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente**. São Paulo: G. Gili, 2013.

DUNNE, M. **Bioplastic cook book**. Fab Lab Barcelona: FabTextiles, Julho, 2018. Disponível em <https://issuu.com/nat_arc/docs/bioplastic_cook_book_3> Acesso em 08 de fevereiro de 2021.

EAGLETON, T. **A ideia de cultura**. 1. ed. Lisboa: Actividades Editoriais, LDA. 2003.

ESTEVAO, I. M. Loja da H&M é a primeira a apresentar máquina que recicla roupas usadas. **Colunas e Blogs: Metrópoles**. Outubro, 2020. Disponível em <<https://www.metropoles.com/colunas-blogs/ilca-maria-estevao/loja-da-hm-e-a-primeira-a-apresentar-maquina-que-recicla-roupas-usadas>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2021.

FASHION REVOLUTION. **O Que o Meu Jeans Fala Sobre a Indústria do Vestuário**. Fashion Revolution, 2017. Disponível em <<https://www.google.com/url?q=https://www.fashionrevolution.org/wp-content/uploads/2017/02/What-My-Jeans-Say-About-the-Garment-Industry.pdf&sa=D&source=editors&ust=1617821665460000&usq=AOvVaw2gYLU33GLszh95vUnl3-s0>>. Acesso em 06 de 08 de abril de 2021.

FREITAS, T. L.; ARRUDA, A. J. V. Novas estratégias da biomimética: as analogias no biodesign e na bioarquitetura. **MIX Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 73-82, 2018.

FRIEDMAN, V. The Biggest Fake News in Fashion: Untangling the origins of a myth repeated so often that no one thought to question it. **The New York Times**. Dezembro, 2018. Disponível em <[The Biggest Fake News in Fashion](#)> Acesso em: 04 de fevereiro de 2021.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. Calculating Earth Overshoot Day 2020: estimates points august 22nd. **Global Footprint Network**, p.1-10, junho, 2020. Disponível em: <<https://www.overshootday.org/content/uploads/2020/06/Earth-Overshoot-Day-2020-Calculation-Research-Report.pdf>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2021.

GWILT, A. **Moda sustentável: um guia prático**. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gilli, 2015.

FLETCHER, K.; GROSE, L. **Moda e Sustentabilidade: design para a mudança**. São Paulo: Senac, 2011.

LEE, S.; CONGDON, A.; PARKER, G.; BORST, C. **Understanding “Bio” Material Innovations: a primer for the fashion industry**. Biofabricate e Fashion for Good. Dezembro, 2020. Disponível em <<https://www.biofabricate.co/>> Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.



MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente*. São Paulo: G. Gili, 2013.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. **Limites do crescimento**, SP: Editora Perspectiva AS, 1973.

MISCIAGNA, M. **Revolução da Moda vai ser online**. Abril, 2020. Disponível em <<https://www.vogue.pt/fashion-revolution-week-online>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2021.

MORLET, Andrew; OPSOMER, Rob; HERMANN, Sven; BALMOND, Laura; GILLET, Camille; FUCHS, Lukas. **A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future**. 2018. Ellen MacArthur Report. Disponível em:<<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/a-new-textiles-economy-rede-signing-fashions-future>>. Acesso em: 07 de abr. de 2021.

OLSON, G. B. Beyond Discovery: Design for a New Material World. **Calphad**, v.25, n.2, p.175-190, 2001.

OPPERSKALSKI, S.; SIEW, S.; TAN, E.; TRUSCOTT, L. Preferred Fiber & Material: Market Report 2020. **Textile Exchange**. Dezembro, 2020. Disponível em <<https://store.textileexchange.org/product/2020-preferred-fiber-materials-report/>> Acesso em: 06 de fevereiro de 2021.

PÉPIN, J. **Research Book Bioplastic: experiments on bio-plasticity**. 14 de maio de 2014. Disponível em <<https://issuu.com/juliettepepin/docs/bookletbioplastic>>. Acesso em 08 de fevereiro de 2021.

RIBUL, M. **Recipes for Material Activism: part 1**. Embodied energy series. Abril, 2014. Disponível em <https://issuu.com/miriamribul/docs/miriam_ribul_recipes_for_material_a>. Acesso em 08 de fevereiro de 2021.

RISSANEN, T. **De 15% a 0: Investigar a criação de moda sem a criação de resíduos de tecido**. Universidade de Tecnologia de Sydney: Sydney, 2005. Disponível em <https://scholar.google.com/citations?user=qdw7NYAAAAJ&hl=en#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Den%26user%3D_qdw7NYAAAAJ%26citation_for_view%3D_qdw7NYAAAAJ%3AUeHWp8X0CEIC%26tzm%3D180>. Acesso em 06 de abril de 2021.

SALCEDO, E. **Moda ética para um futuro sustentável**. 1. ed. Tradução de Dennis Fracalossi. Barcelona: Gustavo Gili. 2014.

UDALE, J.. **Tecidos e Moda: explorando a integração entre o design têxtil e o design de moda**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Design pós-antropocêntrico: uma experiência na proteção de abelhas nativas sem ferrão

Post-anthropocentric design: an experience on the protection of native stingless beehives

Félix Vieira Varejão Neto, MSc, UFPR.

felixvarejao@ufpr.br

Aguinaldo dos Santos, PhD, UFPR.

asantos@ufpr.br

Resumo

O presente artigo trata de resultados de pesquisa orientada ao design pós-antropocêntrico, o qual pode ser definido como aquele orientado ao atendimento equitativo das necessidades de bem-estar de todas as formas de vida. O estudo teve como foco o desenvolvimento de soluções para proteção de abelhas nativas (meliponíneos). O método de pesquisa utilizado foi a *Action Design Research*, sendo que o artefato desenvolvido consistiu numa colmeia concebida para a fabricação digital e para o Design Aberto. Reporta-se neste artigo os requisitos identificados para a colmeia e a subsequente produção do protótipo, apontando-se ao final os principais aprendizados obtidos nestes ciclos do referido projeto.

Palavras-chave: design pós-antropocêntrico, design biocêntrico, abelhas nativas, fabricação digital, design aberto

Abstract

This article deals with the results of research oriented to post-anthropocentric design, which can be defined as that oriented to the equitable attendance of the well-being needs of all forms of life. The study focused on the development of solutions for the protection of native bees (meliponines). The research method used for Action Design Research, and the developed artifact was a hive designed for digital manufacturing and for Open-source Design. This article reports the requirements specified for a hive and the subsequent production of the prototype, based at the end on the main lessons learned in the aforementioned project.

Keywords: *post-anthropocentric design, biocentric design, stingless bees, digital fabrication, open-source design*

1. Introdução

O presente estudo trata do Design pós-antropocêntrico, reportando experiência da aplicação de seus princípios no projeto de solução para proteção de abelhas nativas no meio urbano. Alcançar uma ênfase não antropocêntrica no desenvolvimento de soluções visando a maior sustentabilidade do planeta tem no ambiente urbano talvez o seu maior desafio. Desequilíbrios ambientais decorrentes da produção e consumo desenfreados encontram nas cidades a concentração de suas principais mazelas. Urbanização desenfreada, ausência de aterros sanitários, falta de proteção de mananciais, impermeabilização excessiva do solo, redução maciça dos níveis de arborização, são exemplos de vetores para estes desequilíbrios ambientais (MCDONALD e PATTERSON, 2007).

O fato de mais da metade da população mundial estar vivendo em centros urbanos (ONU, 2008) e a rapidez da urbanização faz crescer a preocupação do ponto de vista da conservação da biodiversidade nas cidades (DEARBORN e KARK 2010; PARKER, 2014). Neste contexto, as estratégias de conservação da biodiversidade voltadas ao ambiente urbano necessitam ser consideradas pelo poder público e pela sociedade de maneira geral (MILLER e HOBBS, 2002; SODHI *et al.* 2004). Reforçando este argumento está o fato de que uma vasta maioria da superfície terrestre não está em área de proteção (GROOM *et al.* 2006), o que significa que muitas espécies terão que se adaptar em áreas modificadas por humanos para sobreviver.

Paradoxalmente, habitats antropogênicos podem suportar mais espécies do que o observado na maioria das cidades, desafiando paradigmas convencionais que entendem o espaço urbano como ambiente não propício à conservação da natureza (ANDRÉN, 1992; GASCON *et al.* 1999; DRISCOLL e WEIR, 2005). Como exemplo, zonas rurais com plantações intensivas em monoculturas apresentam frequentemente níveis elevados de agrotóxicos, mazela não presente no meio urbano (embora permaneçam as outras mazelas citadas anteriormente). Neste sentido, o interesse na "conservação urbana" desenvolveu-se dentro da comunidade de conservação da biodiversidade (GODDARD *et al.* 2010; TNC, 2018).

Dentre as preocupações ambientais no ambiente urbano está o risco de extinção de algumas espécies nativas de abelhas (PARKER, 2014). Diversas cidades se estabeleceram em zonas onde antes existiam ecossistemas ricos em espécies de abelhas, mas atualmente várias destas abelhas migraram para zonas rurais. Ao mesmo tempo, observa-se abundância e diversidade de algumas espécies de abelhas nativas em paisagens urbanas sendo que algumas destas estão ausentes em terras rurais próximas, evidenciando que mesmo no ambiente inóspito de cidades há um potencial de contribuição para a conservação da biodiversidade (HALL *et al.* 2017). A seção seguinte explora em maior profundidade esta questão.

2. O Caso das Abelhas Nativas

Meliponíneos, foco do presente estudo, é uma família de abelhas (sem ferrão ou com ferrão atrofiado), que está presente desde o México até a Argentina. Pesquisas sobre abelhas selvagens nas cidades têm mostrado que diversas populações de abelhas vivem em paisagens urbanas (JAFFE *et al.* 2010; PLEASANTS e OBERHAUSER, 2013; GOULSON *et al.* 2015). É estimado haver mais de 20.000 espécies de abelhas em nosso planeta (VELTHUIS, 1997), e o Brasil possui a maior biodiversidade delas (KERR *et al.* 1996). As Abelhas Nativas Sem Ferrão (meliponíneos) representam um importante grupo, com mais de 500 espécies de abelhas sociais descritas (GRÜTER *et al.* 2017), destas, mais de 250 espécies são conhecidas em nosso país (ABELHA, 2021).

Motivadas pelo avanço tecnológico da agricultura e a homogeneização do habitat nos espaços rurais, algumas espécies de abelhas estão cada vez mais presentes nas cidades (HALL *et al.* 2017), apesar de toda a poluição e da falta de flora adequada e em quantidade. Essa migração aumenta a importância de um estreitamento de relação entre os seres-humanos urbanos e as abelhas, os conscientizando do papel fundamental que as abelhas desempenham nos ecossistemas, e de que a perda de seu habitat pode determinar uma diminuição da polinização das plantas, agravando ainda mais os desequilíbrios ecológicos (WINFREE *et al.* 2007; HALL *et al.* 2017).

Existem muitos argumentos favoráveis a uma boa recepção das abelhas nas cidades. Dentre estes argumentos está o fato de que a polinização realizada pelas abelhas é de fundamental importância para o desenvolvimento de jardins comunitários e a agricultura urbana. A ação de abelhas e outros insetos favorece o crescimento de novas plantas e o aumento da produtividade em cerca de 70% das culturas dos jardins (MAKINSON *et al.* 2017). É estimado que cerca de 80% da polinização de todas as plantas com flores é feita por abelhas, assim como mais de 50% das plantas de florestas tropicais e 80% das plantas no cerrado. Sem a colaboração delas muitas plantas deixam de produzir frutos e sementes, podendo inclusive chegar à extinção (ABELHAS, 2021).

Hall (*et al.* 2017) menciona que as abelhas estão abundantemente presentes nas cidades, pois nos espaços rurais têm cada vez menos a presença da forragem floral. Tal fenômeno ocorre, principalmente, devido ao avanço da monocultura na agricultura, a desertificação, o desflorestamento, o uso intensivo de inseticidas e a redução da diversidade no habitat. Apesar disso, é importante salientar que as espécies que conseguem se adaptar aos ambientes urbanos são apenas uma fração da diversidade de espécies existentes, e que há uma significativa supressão de espaços habitáveis às abelhas em geral.

Assim, embora não seja suficiente para preservar todas as espécies originais das respectivas regiões, a conservação da biodiversidade em zonas urbanas tem uma grande relevância na preservação das abelhas nativas. É imprescindível compreender que as abelhas desempenham um papel importante nos ecossistemas dominados pelos seres humanos e que a perda de seu habitat pode influenciar na diminuição da polinização das plantas, gerando um desequilíbrio ecológico e prejudicando em última análise, a própria espécie humana (WINFREE *et al.* 2007; HALL *et al.* 2017). Neste contexto, o presente estudo procura oferecer uma contribuição para a proteção destes seres imprescindíveis ao equilíbrio do planeta.

3. Método de Pesquisa

O presente estudo apresentou elementos de pesquisa-ação (os pesquisadores estavam inseridos dentro de um time de um projeto, sem controle total sobre a direção dos eventos) e de *Design Science Research* (havia a priori a intenção de desenvolvimento de um artefato específico). Lacerda *et al.* (2013) propõe que a Pesquisa Ação pode ser vista como uma aliada da *Design Science Research* (DSR) nos casos em que o desenvolvimento e/ou implementação e/ou avaliação do artefato é dependente da participação dos envolvidos na pesquisa. Desta forma, tendo em vista o caráter híbrido da pesquisa, foi selecionado como método de pesquisa principal da presente dissertação a *Action Design Research* (ADR).

A pesquisa de campo foi realizada em cinco Fases principais, conforme apresentado na **Figura 1**. A Fase I tratou da Revisão Bibliográfica Assistemática acerca das abelhas nativas sem ferrão, buscando principalmente a compreensão epistemológica da temática, dando início à compreensão da dinâmica de vida desta espécie. Esta etapa buscou estabelecer os requisitos iniciais para o Design de produtos orientados à proteção da abelha nativa.

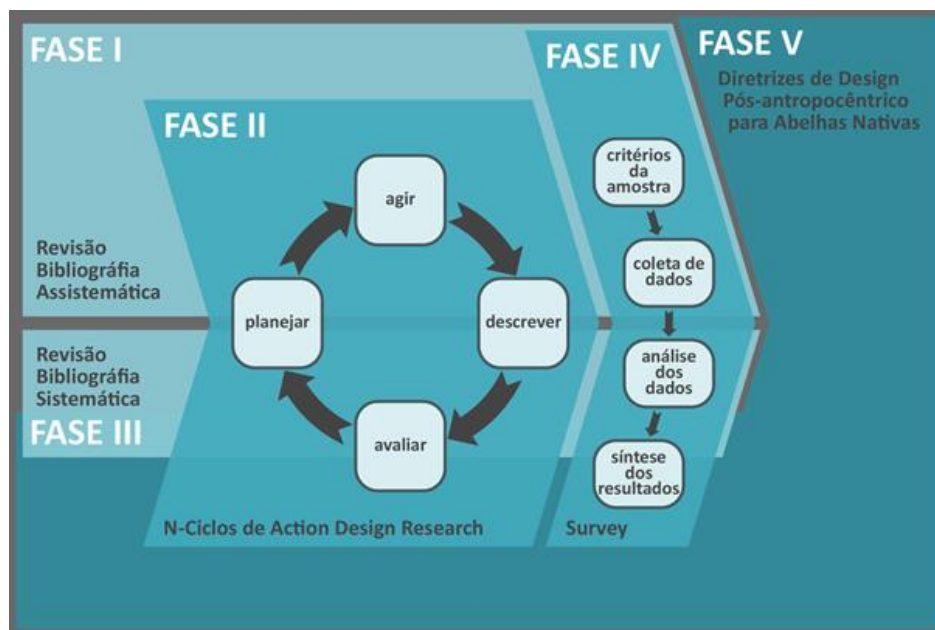


Figura 1: Estratégia Geral de Desenvolvimento da Pesquisa. Fonte: elaborado pelos autores.

A Fase II tratou do desenvolvimento da primeira versão do artefato (colmeia para proteção de abelha nativa, produzida em fabricação digital). Esta fase, realizada através de *Action Design Research*, envolveu além do pesquisador e seu orientador, um time de especialistas em abelhas, além de graduandos realizando iniciação científica. O presente artigo reporta um dos ciclos finais desta fase no projeto.

4. Resultados & Análise

4.1. Determinação de meta requisitos para o projeto da colmeia para Abelha Nativa

Este ciclo trata de um dos objetivos específicos da dissertação e sua realização ocorreu via integração de resultados de uma Revisão Bibliográfica Assistemática (RBA) com os resultados de consulta realizada a um time de especialistas no tema. A etapa de análise encerrou com uma lista inicial de requisitos, identificados na revisão de literatura, para o Design de produtos orientados à proteção da abelha nativa, para ser apresentada e debatida em um workshop com especialistas em abelhas nativas. Os especialistas participantes do workshop, apresentaram formação e atuações profissionais diversificadas (a) Agrônomo, MSc Entomologia, PhD Produção Vegetal; b) Agrônomo, Meliponicultor; c) Advogada especialista em Direito Civil e Ambiental; d) Biólogo, MSc Biologia, PhD Entomologia; e) Zootecnista, MSc Apicultura, doutoranda em Zootecnia; f) Bióloga, MSc Química Alimentar, PhD Alimentos; g) Entomologista; h) Agroecologista, Meliponicultor.

O *workshop* consistiu em uma consulta estruturada aos especialistas em abelhas nativas, e ocorreu nas dependências do Núcleo de Design & Sustentabilidade. Por haver necessidade de se definir claramente os requisitos para dar prosseguimento ao projeto, aplicou-se uma dinâmica baseada na lógica do Método Delphi. O resultado do debate com os especialistas, organizado em requisitos obrigatórios e desejáveis, segue apresentado na **Figura 2 e Quadro 1**.

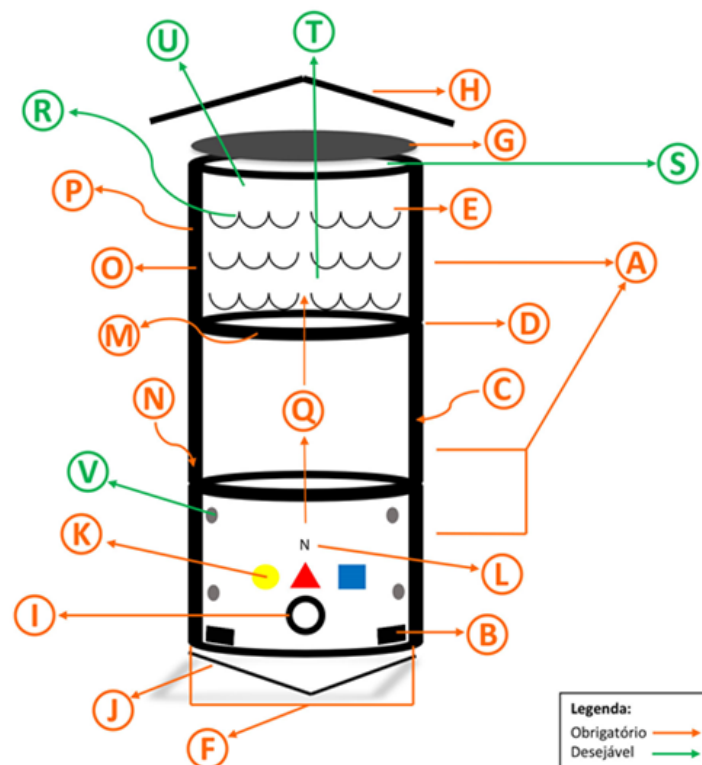


Figura 2: Distribuição esquemática dos meta-requisitos no “meta-produto”. Fonte: elaborado pelos autores.

| REQUISITOS | OBRIGATÓRIOS | DESEJÁVEIS |
|------------|---|------------|
| A | Possuir dois módulos para discos de cria, o ninho e sobreninho, e um módulo de melgueira, possibilitando expansão gradativa da colmeia; | |
| B | Possuir afastadores de discos de cria na base interna da colmeia, tanto para propiciar uma área de deposição de resíduos pelas abelhas, como para reduzir as perdas de calor por condução; | |
| C | Possuir bom desempenho térmico, garantindo uma flutuação térmica entre 30 e 36 °C em seu interior; | |
| D | Possuir trava e vedação entre os módulos, evitando-se a desmontagem acidental dos módulos e componentes no manuseio; | |
| E | Possibilitar alimentação artificial, dado que em regiões com invernos rigorosos é usual e relevante prover alimento suplementar em contenedor dentro da melgueira; | |
| F | Adequar as dimensões para a abelha Jataí, isto é, módulos com tamanhos de 12 a 15 de diâmetro e 7 cm de altura; | |
| G | Possuir abertura simples entre os módulos, considerando formas para reduzir os danos nas estruturas internas e não maltratar as abelhas; | |
| H | Propiciar proteção contra ventos e chuvas, sobretudo as dirigidas, impedindo acúmulo de água e inundação; | |
| I | Adequar o diâmetro do pito de entrada para a abelha Jataí, isto é, 5mm, e estreitamento até 3mm favorecendo a defeza contra invasores; | |
| J | Propiciar proteção contra invasores e/ou predadores (forídeos, aranhas, lagartixas, passarinhos, entre outros); | |
| K | Usar cores para diferenciação do produto pelas abelhas, evitando ingresso equivocado em colmeias próximas; | |
| L | Favorecer a compreensão de orientação cardeal na instalação do produto, posto que uma maior incidência da radiação solar e luz ao longo do dia é favorável colmeia; | |
| M | Buscar formas orgânicas para o produto, conforme aquelas escolhidas pelas abelhas no ambiente natural para nidificar, emulando elementos da natureza; | |
| N | Possuir paredes internas porosas que favoreçam a fixação dos elementos internos da colmeia produzidos pelas abelhas, o que é imprescindível à sua circulação interna; | |
| O | Estruturar o produto antevendo o uso de datalogger para monitoramento de umidade, temperatura, sons e outros indicadores relevantes da higidez da colmeia de forma remota; | |
| P | Elaborar sistema que propicie uma fixação segura do produto, tanto em paredes como em árvores; | |
| Q | Possuir passagem com diâmetro mínimo de 7cm entre ninho e sobreninho, e de 3cm entre sobreninho e melgueira, com oclusão e liberação dos módulos conforme necessidade; | |
| R | Possibilitar a impressão 3D de matrizes de potes de mel, o que reduzem o dispêndio de energia e materiais na construção das melgueiras em locais com maior fragilidade do ecossistema; | |
| S | Integrar armadilha para forídeos, para uso com solução avinagrada, entre a tampa superior do produto e a melgueira; | |
| T | Favorecer a visualização do interior da colônia nas inspeções de manutenção, diagnóstico e em atividades de educação ambiental; | |
| U | Apresentar cores claras, como sugerido pelos especialistas, distinta da condição in natura, onde as colônias nidificam em locais de cores opacas e escuras, como troncos e fendas rochosas; | |
| V | Permitir a aplicação de feromônios atrativos para abelhas agregar a função de armadilha ao produto. | |

Quadro 2: Lista de meta-requisitos, conforme definidos após o workshop. Fonte: elaborado pelos autores.

Observou-se que a variedade de heurísticas nas abordagens de campo na meliponicultura propicia um cenário de percepções divergentes acerca de um mesmo tópico. No *workshop* com os especialistas esta divergência se relacionou principalmente à condição severa do clima na região de Curitiba, somado a isso a característica *open-source* do projeto, que o habilitaria para ser executado em locais de climas distintos ao clima curitibano. O consenso ficou na necessidade desta parede garantir a eficiência térmica, independentemente de sua espessura, o que levou a ser redigido sem uma dimensão de espessura objetiva.

O tópico referente à pintura externa das caixas também mostrou divergências entre os especialistas e na literatura. Para alguns a pintura das caixas é desnecessária e pode causar uma perda de características do “respiro” da madeira, enquanto para outros é importante para preservação do material em regiões de alta umidade, diminuindo a necessidade de manutenções. Na literatura, Nogueira-Neto (1997) explicita que não recomenda tal pintura, que isto foge à condição natural encontrada pelas abelhas na natureza, a menos que a região sofra de excesso de umidade, para Palumbo (2015) recomenda que tal pintura seja realizada em tinta PVA de cores claras, o que também é mencionado por Nogueira-Neto (1997) nas situações em que a pintura protegerá a caixa da umidade excessiva. Nesse tópico foi importante trazer ao debate o fato do projeto ser voltado à fabricação digital, fato já posto, mas que devido ao caráter inovador escapava aos especialistas com frequência, nesse sentido o tópico se mostrava relevante pois determinaria as cores passíveis ao filamento na impressão 3D. Por fim foi mantido a recomendação às cores claras, sendo um requisito desejável.

O requisito sobre a orientação cardinal (requisito L) propiciou conversa intensa pois, para alguns a geografia do local onde se instalará a caixa é potencialmente mais determinante na escolha de um local para instalação da colmeia que o próprio direcionamento cardinal da entrada da colmeia, esta percepção parte do pressuposto que é mais importante observar o sentido das correntes de vento do local, chuvas direcionadas e as posições com melhor insolação do que direcionar a caixa ao sol nascente diretamente, posto que encostas, matas fechadas, ou estruturas humanas poderão determinar as condições das intempéries num local específico. Por outro lado, como um direcionamento geral este fator potencialmente auxilia o tutor da colmeia a escolher um local para a instalação, considerando também as condições específicas de seu local. A redação do requisito foi ligeiramente ajustada aos pontos de consenso geral.

Os requisitos que levavam ao dimensionamento da caixa (requisitos A, F, M e Q) também mostraram certa divergência. Na literatura caixas racionais com 3 módulos não são unânimes, embora seja apresentada pela maioria dos autores mais atuais (VENTURIERI, 2004; VILLAS-BÔAS, 2015 e PALUMBO, 2015), Nogueira-Neto (1997) apresenta sua própria versão para caixa racional com apenas dois módulos e com outras dimensões. De forma geral, os especialistas recomendaram o uso de 3 módulos, que devem ser liberados às abelhas à medida que ocupam os espaços internos. O dimensionamento da caixa não teve unanimidade, o fato de a impressão 3D propiciar formas além das retas convencionais observadas nas caixas racionais se mostrava algo pouco palpável, nem mesmo vantajoso, para alguns dos especialistas. Neste sentido, coube a defesa de que formas arredondadas são mais eficientes termicamente, o que poderia proporcionar economia de material na produção e energia para as abelhas no uso. O consenso final levou à redação dos requisitos conforme apresentados no **Quadro 1**.

Alguns requisitos foram incluídos pelos designers do projeto, a fim de atender demandas observadas para uma colmeia distinta das colmeias de meliponários: os requisitos D e G que tratam dos sistemas de abertura, fechamento, trava e vedação entre os módulos; o requisito M que estipula formas orgânicas ao produto final; o requisito O, que determina a previsão do uso de *datalogger*; e o requisito P, que estabelece sistema de fixação versátil para caixa.

4.2. Fabricando Digitalmente a Colmeia

Como resultado do processo de criação, pautado pelos requisitos apresentados na seção anterior, desenvolveu-se alternativas voltadas à fabricação digital via impressora 3D. Almeja-se a replicação do produto em FabLabs públicos, notando-se que em Curitiba espaços *maker* vêm sendo implementados na rede de escolas no ensino fundamental do município. A **Figura 3** apresenta a alternativa selecionada. Note-se que nesta alternativa, denominada “Amelinha”, a colmeia é dividida em três módulos (ninho, sobre-ninho e melgueira), tendo sido adotado uma forma externa que remete a uma abelha, tendo em vista que o local de instalação seria escola para ensino fundamental.

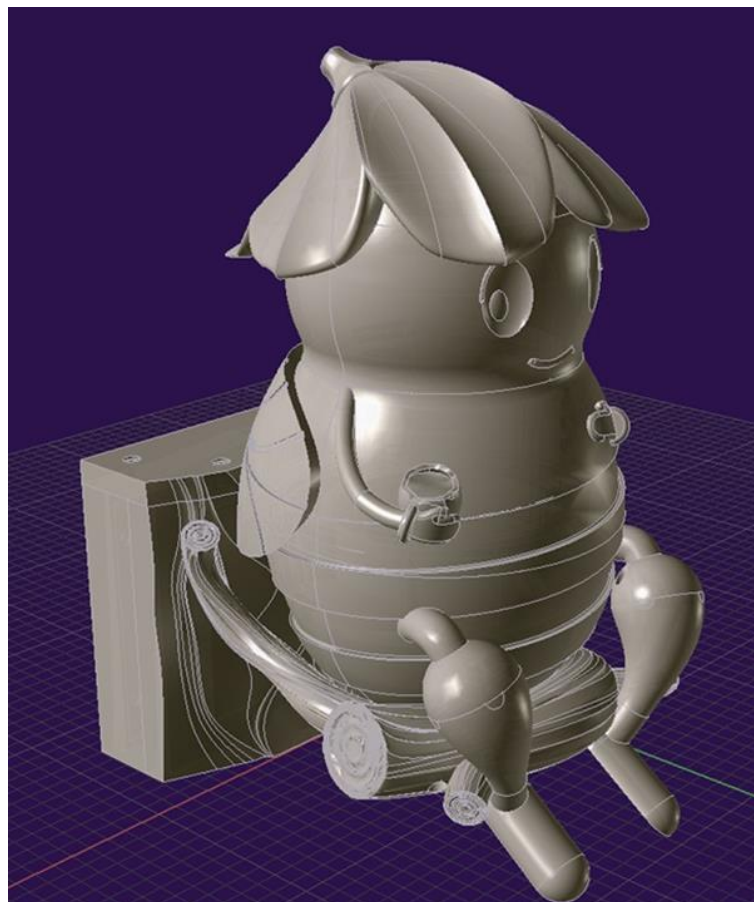


Figura 3: Modelagem 3D da colmeia para abelhas nativas (“Amelinha”). Fonte: elaborado pelos autores.

A impressão 3D surpreendeu ao apresentar um tempo de execução demasiadamente longo, mesmo para uma escala reduzida, o que obrigou a equipe a investigar configurações para a impressora 3D de forma a dinamizar o processo. Rever estas configurações envolveu a especificação do tipo de trama do preenchimento, gradil da trama de preenchimento, espessura das paredes imediatamente externas, e altura entre camadas (passo da impressora no eixo Z). Note-se na **Figura 4** que a solução adotada para conferir desempenho térmico para a colmeia foi a adoção de parede dupla, entendendo-se que o ar contido contribuiria no isolamento térmico do interior da colmeia.



Figura 4: Colmeia em processo de impressão 3D. Fonte: fotografado pelos autores.

A **Figura 5** apresenta o protótipo, devidamente instalado na Escola Terra Firme, em Curitiba. Note-se na imagem que habita no protótipo um enxame de abelha Jataí, transferida por um meliponicultor da Região Metropolitana de Curitiba.



Figura 4: Protótipo instalado junto em uma escola de ensino fundamental. Fonte: fotografado pelos autores.

Note-se que o protótipo foi colorido com giz de cera colorido. O fato de ser uma cera também levantou dúvidas a princípio, uma vez que as abelhas poderiam remover este material para uso próprio dentro da colmeia. Foi considerado que gizes de cera para uso de crianças são, via de regra, atóxicos, o que poderia ser um aspecto positivo quando da replicação da colmeia em outras escolas.

5. Conclusões

Os resultados do projeto reportado, associado ao levantamento bibliográfico realizado, permitiu identificar princípios para um Design pós-antropocêntrico, basilares para uma ética bioinclusiva, a saber: a) diretriz bioinclusiva (incluir ativamente o não humano no processo de design); b) diretriz dos mútuos devires (observar ativamente e aprender com o não humano, compreender os processos, as transformações do não humano, e trazer tais lições ao processo de design); c) diretriz bio-sinérgica (direcionar a energia ativamente para o não humano no processo de design, no intuito de buscar um reequilíbrio sinérgico no sistema vivo); d) diretriz bioprioritária (priorizar as demandas do não humano, fazendo um esforço ativo para identificar entrelinhas onde se escondam vetores contrários ao intento, que são as demandas do não humano); e) princípio bioequitativo (do fato que somos todos iguais); f) princípio bio-rizomático (do fato que nós todos compartilhamos o mesmo meio ambiente e seus recursos).

De maneira similar à biomimética, buscou-se entender a dinâmica e funções da estrutura e componentes das colmeias, procurando compreender as estratégias e soluções desenvolvidas por estes insetos. Contudo, ao contrário das abordagens convencionais da biomimética, o presente estudo não foi centrado no ser humano, embora o ser humano não estivesse excluído do processo projetual. A experiência do projeto permitiu concluir quanto à premente necessidade de desenvolvimento de métodos e ferramentas que permitam instrumentalizar o processo de projeto pós-antropocêntrico.

Referências

ABELHA, Associação Brasileira de Estudos da Abelha. **Meliponicultura no Brasil**, online. Disponível em: <<https://abelha.org.br/meliponicultura-no-brasil/>>. Última visita: 13 jan. 2021.

ANDRÉN, Henrik. Corvid Density and Nest Predation in Relation to Forest Fragmentation: A Landscape Perspective. **Ecology**, v. 73, n. 3, pp. 794-804, jun. 1992. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/1940158>>. Última visita: 15 jan. 2021.

DEARBORN, Donald e KARK, Salit. Motivations for Conserving Urban Biodiversity. **Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology**, Washington/EUA, v. 24, pp. 432-440, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01331.x>>. Última visita: 14 jan. 2021.

DRISCOLL, Don A. e WEIR, Tom. Beetle Responses to Habitat Fragmentation Depend on Ecological Traits, Habitat Condition, and Remnant Size. **Conservation Biology**, v. 19, n. 1, pp. 182-194, fev. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00586.x>>. Última visita: 15 jan. 2021.

GASCON, Claude *et al.* Matrix habitat and species persistence in tropical forest remnants. **Biological Conservation**, v. 91, n. 2-3, pp. 223-229, dez. 1999. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00080-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00080-4)>. Última visita: 15 jan. 2021.

GODDARD, Mark A.; DOUGILL, Andrew J. e BENTON, Tim G. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 2, pp. 90-98, fev. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2009.07.016>>. Última visita: 15 jan. 2021.

GOULSON, Dave *et al.* Combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers drives bee declines. **Science**, Nova York/EUA, v. 347(6229-1255957), mar. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1126/science.1255957>>. Última visita: 13 jan. 2021.

GROOM, Martha J. **Principles of conservation biology**. 3 ed. Sunderland/EUA: Sinauer Associates, 2006. 699 p

GRÜTER, Christoph *et al.* Repeated evolution of soldier sub-castes suggests parasitism drives social complexity in stingless bees. **Nature Communications**, v. 8(4), fev. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-016-0012-y>>. Última visita: 15 jan. 2021.

HALL, Damon M. *et al.* The city as a refuge for insect pollinators. **Conservation biology**, v. 31(1), pp. 24-29, fev. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/cobi.12840>>. Última visita: 12 jan. 2021.

JAFFÉ, Rodolfo *et al.* Estimating the Density of Honeybee Colonies across Their Natural Range to Fill the Gap in Pollinator Decline Censuses. **Conservation biology**, v. 24(2), pp. 583-593, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01331.x>>. Última visita: 13 jan. 2021.

KERR, Warwick E. *et al.* **Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte/MG: Acangaú/Fundação Banco do Brasil, 1996. 144 p

LACERDA, Daniel P. *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, pp. 741-761, nov. 2013.

MAKINSON, James C.; THRELFALL, Caragh G. e LATTY, Tanya. Bee-friendly community gardens: Impact of environmental variables on the richness and abundance of exotic and native bees. **Urban Ecosystems**, v. 20, pp. 463-476, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11252-016-0607-4>>. Última visita: 13 jan. 2021.

MCDONALD, Garry W. e PATTERSON, Murray G. Bridging the divide in urban sustainability: from human exemptionalism to the new ecological paradigm. **Urban Ecosyst**, v. 10, n. 2, pp. 169-192, jun. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11252-006-0017-0>> Última visita: 15 jan. 2021.

MILLER, James R. e HOBBS, Richard J. Conservation where people live and work. **Conservation Biology**, v. 16, n. 2, pp. 330-337, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00420.x>> Última visita: 15 jan. 2021.

NOGUEIRA-NETO, Paulo. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo/SP: Nogueirapis, 1997. 445 p

ONU, Organização das Nações Unidas. **State of the World's Cities 2008/2009: Harmonious Cities**. Publicado por Earthscan para o United Nations Human Settlements Programme, Londres/Inglaterra, 2008. Disponível em: <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> >. Última visita: 14 jan. 2021.

PALUMBO, Hermes N. **Nossas Brasileirinhas - As abelhas nativas**. Curitiba, 2015. 72 p

PARKER, Sophie S. Incorporating critical elements of city distinctiveness into urban biodiversity conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, pp. 683-700, nov. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10531-014-0832-1>>. Última visita: 13 jan. 2021.

PLEASANTS, John M. e OBERHAUSER, Karen S. Milkweed loss in agricultural fields because of herbicide use: effect on the monarch butterfly population. **Insect Conservation and Diversity**, v. 6, n. 2, pp. 135-144, mar. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00196.x>>. Última visita: 13 jan. 2021.

SODHI, Navjot S. *et al.* Southeast Asian biodiversity: an impending disaster. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19(12), pp. 654-660, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.006>>. Última visita: 15 jan. 2021.

TNC, The Nature Conservancy. **Nature in the Urban Century**, online, 2018. Disponível em: <https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/TNC_NatureintheUrbanCentury_FullReport.pdf>. Última visita: 15 jan. 2021.

VELTHUIS, Hayo H. W. **Biologia das abelhas sem ferrão**. 100^a Apimondia - Antverpia. São Paulo/SP: USP, 1997. 33 p

VENTURIERI, Giorgio C. **Criação de Abelhas Indígenas**. 2 ed. Belém/PA: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2008. 62 p

VILLAS-BÔAS, Jerônimo. **Manual Tecnológico: Mel de Abelhas sem Ferrão**. Brasília/DF: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012. 96 p. Disponível em: <<https://www.semabelhasemalimento.com.br/wp-content/uploads/2015/02/Manual-Tecnico-Mel-de-Abelhas-sem-Ferrao.pdf>> Última visita: 17 jan. 2021.

WINFREE, Rachael; GRISWOLD, Terry e KREMEN, Claire. Effect of Human Disturbance on Bee Communities in a Forested Ecosystem. **Conservation biology**, pp. 213-223, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00574.x>>. Última visita: 13 jan. 2021.