

## **Desenvolvimento de um protótipo de sistema construtivo sustentável para habitação de interesse social**

### *Development of a sustainable building system prototype for social housing*

**Sara Dotta Correa, (UFSC)**

dotta.sara@grad.ufsc.br

**Lisane Ilha Librelotto, Dra. (UFSC)**

lisiane.librelotto@gmail.com

#### **Resumo**

Sabe-se da existência de um grande déficit habitacional no Brasil e a precariedade das numerosas residências de pessoas vivendo em situação de vulnerabilidade social. No entanto, deve-se manter em mente que quanto mais se edifica, mais se consome em recursos e mais impactos são gerados ao meio ambiente. Nesse contexto, o projeto para uma habitação sustentável assumiu especial relevância no estudo, pois apresenta como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de habitação sustentável, empregando um sistema construtivo fundamentado em técnicas que envolvem reutilização de materiais diversos, de baixo custo, matérias-primas disponíveis na região, com baixa energia incorporada durante o ciclo de vida e redução de emissões gasosas gerando menos impacto ao meio ambiente. Obteve-se, assim, um protótipo de habitacional de caráter social, formado por módulos agrupados, sendo as paredes compostas por blocos de vedação em argamassa *calfitice*, associados a varas de bambu e pilares em madeira. Os componentes foram analisados com base na revisão bibliográfica, sendo possível observar seu potencial construtivo e possíveis falhas a corrigir, avaliando o impacto desse sistema no meio ambiente.

**Palavras-chave:** Projeto do protótipo; Tecnologia; Sustentabilidade; HIS.

#### **Abstract**

*It is known that there is a large housing deficit in Brazil and many people living in vulnerability situation. However, it should be kept in mind that the more it builds, the more it consumes itself in resources and the more impact it generates on the environment. In this context, the project for a sustainable housing took on special relevance in the study, as it aims to develop a prototype of sustainable housing, using a constructive system based on techniques that involve reusing materials available in the region, the use of raw and low cost materials in general that have a low energy incorporated throughout the product cycle, minimizing pollutant emissions and generating less impact to the environment. Thus, a social housing prototype was formed, consisting of grouped modules, the walls composed of fence blocks in *calfitice* mortar, associated with bamboo sticks and wooden pillars. The components were analyzed based on literature review, being possible to observe their constructive potential and possible faults to be corrected, evaluating the impact of this system on the environment.*

**Keywords:** *Prototype design; Technology; Sustainability; Social Housing.*

## **1. Introdução**

Existem diversas alternativas para a construção de Habitações de Interesse Social, visando oferecer uma moradia de qualidade para a população considerando o déficit habitacional que toma grandes proporções no Brasil conforme divulgado pela Fundação João Pinheiro (2011). Parte da solução está no emprego destas alternativas habitacionais considerando as diferentes realidades brasileiras e os usos urbanos, rurais, permanentes ou temporários. O domínio da tecnologia para emprego na construção habitacional só pode ser testado pelo acompanhamento documentado da construção, o que pode ser obtido pela realização do projeto e posteriormente construção de um protótipo seja por profissionais, gestores e projetistas, assim como sociedade e usuários. Nesse contexto, é proposto um novo elemento construtivo voltado à sustentabilidade e ao baixo custo, através de técnicas construtivas que buscam uma moradia de qualidade aliada aos três pilares da sustentabilidade – social econômico e ambiental- essencial para a área da construção civil (LIBRELOTTO, 2005). Considerando os pilares da sustentabilidade mencionados, tendo ciência das questões ambientais causadas pelo impacto da inserção de uma edificação no meio ambiente, a partir da elaboração de um protótipo, buscou-se propor um layout de organização da habitação e métodos construtivos de uma moradia de qualidade, financeiramente viável para as diferentes realidades brasileiras. Para tal resultado projetou-se em *software* 3D um protótipo do modelo de casa sustentável incorporando no sistema construtivo materiais com baixas emissões de gases ao longo do ciclo de vida e ambientalmente responsáveis. Foi empregada terra crua, bambu, fibra de sisal e madeira, por exemplo, sendo esses materiais empregados de tal forma que o sistema construtivo não só resgate às técnicas construtivas vernaculares como atenda aos quesitos supracitados.

## **2. Objetivos**

Esta pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de habitação sustentável modelado em software 3D, empregando um sistema construtivo fundamentado em técnicas para reutilização de materiais diversos, de fácil produção e usando matérias-primas disponíveis na região de Florianópolis, com o mínimo de energia incorporada no processo. Nesse contexto visa tornar possível a determinação do impacto dos materiais, componentes, técnicas construtivas empregadas, tornando possível a tomada de decisões mais ambientalmente responsáveis (SOARES, 2004). Torna-se evidente a constatação de que as diversas fases de construção de uma obra precisam respeitar o meio ambiente, resgatando questões como a extração de matéria-prima e seus impactos ambientais, a máxima e melhor utilização dos recursos materiais, evitando desperdícios e emissões de gases à atmosfera (que contribuem para o efeito estufa); as questões de qualidade do material (físico-químicas), as questões associadas ao conforto do usuário (isolamento térmico acústico, manutenção e substituição); e a busca de materiais de baixo custo financeiro. Também devem privilegiar o uso de recursos regionais para sua construção e manutenção, bem como viabilizar o uso de materiais recicláveis (TEIXEIRA, 2013).

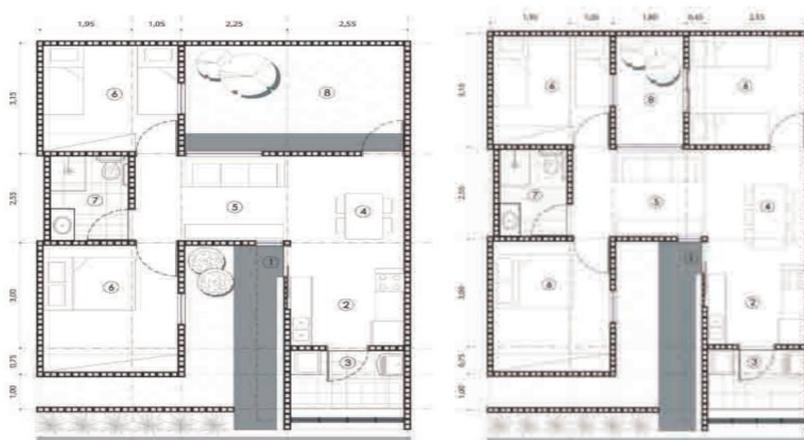
## **3. Metodologia**

Dessa forma partiu-se para a catalogação de protótipos de habitações sustentáveis, ecológicas ou que utilizam de sistemas alternativos, que foram propostos a nível nacional ou internacional, destacando aqui a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU), em parceria com o Instituto dos Arquitetos do Brasil (IAB), buscando por novas soluções para habitações populares, lançou um concurso nacional de arquitetura cujo foco foi projetos habitacionais sustentáveis e inovadores para o segmento da população que não tem acesso à habitação de mercado, de nome “Habitação para

Todos”. Destaca-se aqui o seguinte projeto, de relevância para essa pesquisa, pela técnica de modulação adotada:



**Figura 1: Casa sustentável em 1º lugar Fonte: Concurso Habitação para Todos, 2010**

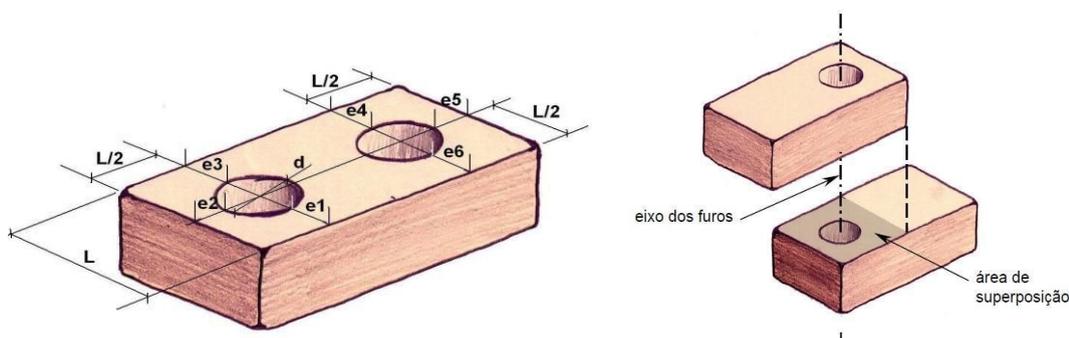


**Figura 2 - Planta baixa dois dormitórios**

**Figura 3 - Planta baixa três dormitórios**

Fonte: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Habitação, 2010.

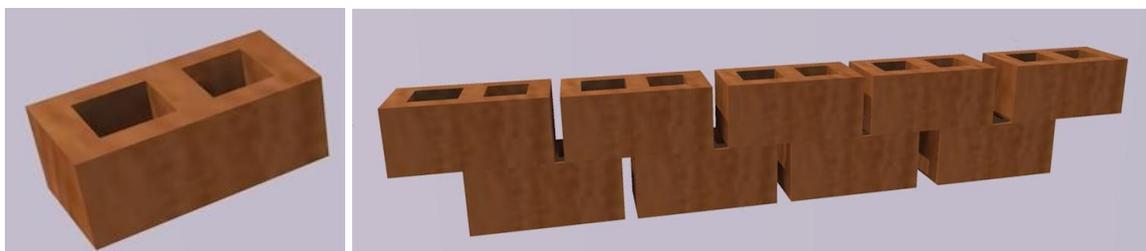
Para desenvolvimento do protótipo primeiramente foi elaborado um sistema construtivo na forma de blocos com dois e três furos. Segundo aponta a norma de construção com terra (2017, no prelo) é necessário que os furos sejam perpendiculares à face de assentamento, para passagem de tubulações ou grauteamento para reforço estrutural. Quanto a dimensões faz necessário que o espaçamento entre furos seja igual a  $\geq L/4$ , ou seja, deve ser maior ou igual a largura do bloco, como mostram as Figuras 4 e 5:



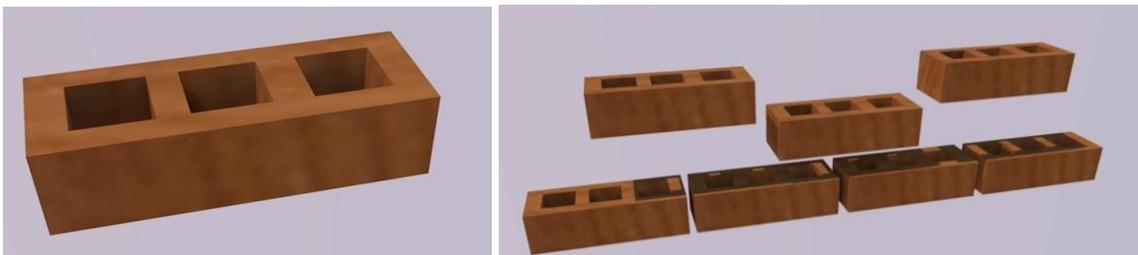
**Figuras 4 e 5: Forma e dimensões do adobe vazado Fonte: Norma Adobe (2017)**

Nesse estudo, o bloco foi executado utilizando a argamassa tipo *Calfitice*. A palavra vem de sua composição (em espanhol): **Cal+ Fibra+Tierra+Cemento**. Conforme aponta Espiralando (2008), a calfitice é uma técnica colombiana utilizada em construções com *Guadua Angustifolia* (espécie de bambu nativa da América do Sul) e, no Brasil tem sido usada em obras e oficinas de bioconstrução. Considerando o uso da terra associado com cal e cimento, estes são estabilizadores, sendo que o cimento estabilizando a areia e a cal a argila. (PIRES, et al. 2011). Foi incorporada à mistura, a fibra de sisal (*Agave sisalana*), que é uma fibra vegetal rica em celulose usada principalmente na indústria de cordas, por ser uma fibra essencialmente dura.

Dessa forma, seguindo as recomendações citadas e a norma com construção com terra, os blocos foram modelados no software SketchUp e renderizado no Kerkythea, para proposição de volume, agrupamento e amarração conforme mostram as Figuras 6 e 7 na sequência. Além do bloco de dois furos, foi modelado também o bloco com três furos (Figura 8 e 9), de modo a tornar viável a amarração dos blocos na parede.

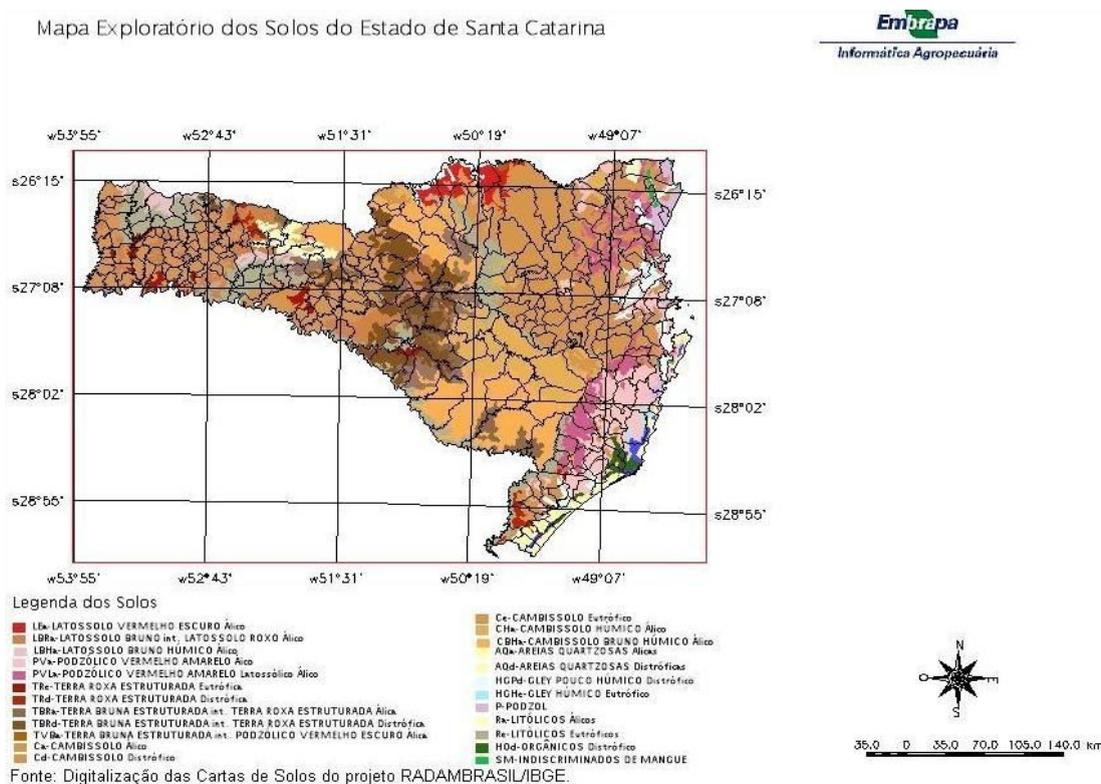


**Figura 6: bloco modelado com 2 furos Figura 7: agrupamento em série Fonte: autoral**



**Figura 8: bloco modelado com 2 furos**    **Figura 9: agrupamento em série** Fonte: autoral

Após a modelagem foi realizado uma preparação de teste com blocos executados em escala real com a argamassa calfitice. O bloco de três furos, com dimensões de 14x12x39cm, e o bloco de dois furos com 14x12x29 (LxAxP). A terra para construção do bloco foi adquirida em loja de material de construção cidade de Florianópolis, SC. Através de levantamentos realizados no estabelecimento comercial, esse tipo de solo comercializado como barro vermelho (nome dado pela coloração do material, bastante avermelhado) é proveniente da região da Grande Florianópolis, da cidade de Antônio Carlos. O Estado de Santa Catarina possui grande variedade de solos, conforme ilustra o mapa da Embrapa a seguir. (Figura 10). Como é possível observar, a Grande Florianópolis possui solos que podem variar entre Areias quartzosas, Podzólico vermelho-amarelo, Cambissolos e Gleis pouco húmicos.



**Figura 10: Mapa exploratório dos Solos de Santa Catarina Fonte: SOLOS DE SC – EMBRAPA**

A forma de madeira para molde foi confeccionada com auxílio de madeiras reutilizadas, pregos e garrafas pet, trazendo uma proposta do uso de materiais recicláveis, conforme mostram a Figuras 11, 12 e 13.



**Figuras 11, 12, e 13 preparação e construção da forma para o bloco Fonte: autoral**

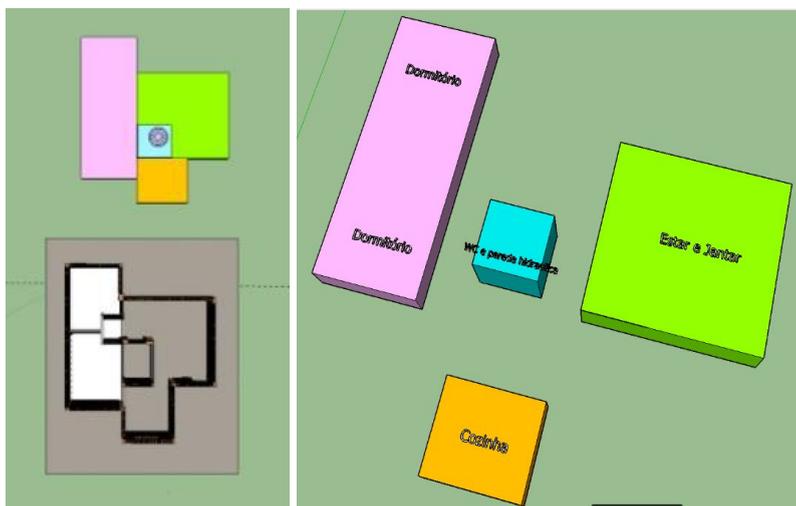
Aproveitando os furos nos blocos, varas de bambu roliço (espécie *Bambusa tuldooides*) com diâmetro em torno de 4 cm devem ser introduzidas perpassando vários blocos até encontrar apoio no solo, ou melhor, em uma viga de baldrame que dá estanqueidade ao componente construtivo. Pilares de madeira devem ser incorporados nas extremidades para sustentação das cargas verticais, conforme aponta SALGADO (1994) apud TEIXEIRA (2013). O traço utilizado para o bloco foi o recomendado pela receita original da Calfitice, que consiste em volume: a cada 10 partes de terra, acrescenta-se uma parte de cimento e duas partes de cal hidratada, mais 10% de fibra (sisal) e água até a mistura se tornar viscosa e pronta para ser compactada na forma (ESPIRALANDO, 2008). Assim, o traço foi 1:2:10 (cimento Portland CP 4: cal hidratada: terra). A terra, como mencionada anteriormente, adquirida em loja de materiais da construção, trata-se de um solo da classificação Podzólico Vermelho, solo arenoso, com baixa quantidade de argila e silte, como mostra o ensaio de granulometria abaixo (Figura 14):



**Figura 14: Ensaio de granulometria com peneiras GRANUTEST** Fonte: autoral

O desenho do layout interno, das fachadas e dos ambientes foi realizado em forma de modelagem 3D no software *Google SketchUp*. Com uma proposta que busca a otimização dos espaços, conexão entre ambientes e layout diferenciados, a planta foi organizada em módulos, partindo da ideia de conectar os blocos de dormitórios (rosa), estar e jantar (verde), cozinha (laranja) e banheiro (azul), como mostram as Figuras

15 e 16, de forma a criar um ambiente diversificado e não apenas um quadrado com cômodos distribuídos. Em torno da edificação podem ser alocadas estratégias de sustentabilidade do modelo ESA (LIBRELOTTO, 2005). Esse modelo avalia o desempenho sustentável das edificações, segundo o critério econômico, social e ambiental. Por isso, a edificação busca além de incentivar os usuários a ter uma visão global de preservação do meio ambiente e a conscientização e promoção do saber, aliado a técnicas vernaculares de construção com terra, busca também um caráter de economia, tanto pela utilização de materiais com baixos valores de energia incorporada, como a própria economia de água e energia elétrica. Foi projetado um espaço para compostagem, onde os resíduos orgânicos podem servir de nutrientes para uma horta. Também podem ser inseridos, aproveitando o caimento da cobertura, coletores da água da chuva e placas de aquecimento solar, entre outros.



**Figuras 15 e 16: Modelagem modular e planta baixa do protótipo** Fonte: autoral

#### **4. Resultados e Discussão**

Após essas considerações o protótipo foi modelado e detalhado como um todo em *software*, incluindo detalhes técnicos do sistema construtivo e técnicas de sustentabilidade. A preparação de teste com blocos executados em escala real com a argamassa Calfitice foi realizada nessa etapa, para verificar a construtibilidade do

protótipo. Abaixo são representadas a execução dos blocos e o modelo teste (Figuras 17 a 18).



**Figuras 17 e 18: preparo da argamassa calfitice; argamassa pronta para compactar.** Fonte: autoral



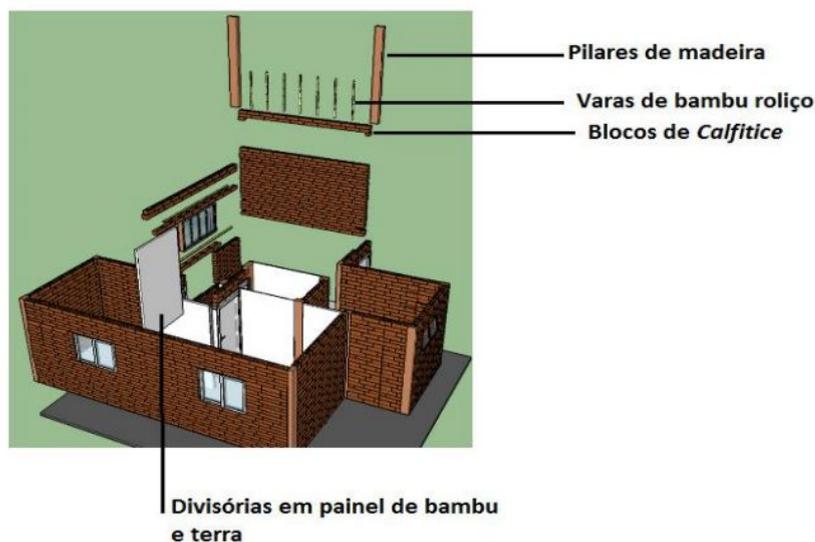
**Figuras 19, 20 e 21: compactação: da massa na forma; bloco pronto dois furos; bloco ainda úmido três furos** Fonte: autoral

Assim, obteve-se um protótipo de parede, sendo utilizado em conjunto com uma vara de bambu (*Bambusa Tuldooides*), como mostra a Figura 22. No decorrer da modelação do protótipo da casa, foi necessário explorar alguns detalhes construtivos. Por exemplo, dando suporte às cargas distribuídas provocadas pela inserção de janelas, associações entre blocos de Calfitice e varas de bambu, conforme mostra a Figura 23, atuam como verga e contraverga, sendo essa união formada por vara de bambu roliço e blocos com formato semelhante a canaleta.



**Figuras 22: modelo de parede; Figura 23: vergas e contravergas com bambus verticais.** Fonte: autoral

O uso do bambu na cobertura, em forma de treliças, também evidencia o potencial construtivo do bambu e a preocupação desse protótipo em utilizar materiais com baixo índice de energia incorporados e ecologicamente adequados, não degradantes do meio ambiente e sem abrir mão de segurança e qualidade (TEIXEIRA, 2013). O sistema construtivo como um componente integral é representado na perspectiva explodida da Figura 24, onde podem ser observados os materiais que compõe a edificação, blocos de Calfitice, madeira, bambus, painéis de bambu, materiais locais, de baixo custo e com pouca energia incorporada, como era o objetivo inicial deste trabalho. Na sequência as Figuras 25 e 26 representam o protótipo 3D com modelagem completa, com teto verde, aquecimento solar, coletor de água da chuva, podendo ser empregados *wetlands* e hortas domésticas.



**Figuras 24:** sistema construtivo em perspectiva explodida. Fonte: autoral.



**Figuras 25 e 26:** protótipo modular sustentável. Fonte: autoral.

## **5. Conclusões e Recomendações**

O bloco tem um acabamento suave em ambos os lados, com algumas imperfeições como fissuras causadas no momento do desenforme. O resultado do protótipo é bastante satisfatório tanto no que compete ao bloco de Calfitice quanto ao protótipo da casa para habitações de interesse social, considerando o baixo custo dos materiais empregados, o uso de matérias primas locais e com o mínimo de energia incorporado, torna essa edificação com potencial para ser ambientalmente responsável, dado o ciclo de vida dos componentes, com raras ou nenhuma emissão de gases. Os critérios de sustentabilidade que foram a base do projeto e tornaram o resultado como um todo positivo em relação aos objetivos principais. Ou seja, a técnica, o modelo e o protótipo de parede foram avaliados juntamente com a ideia inicial e atende as expectativas. A construção da forma removível e reutilizável para a fabricação dos blocos permitiu padronizar dimensões, quantificar o material utilizado e reduzir o desperdício. O processo de desmolde foi rápido. Cada uma das medidas adotadas para preparar os blocos pode ser incluída em uma cadeia de produção em série com montagem industrializada. Isso iria reduzir significativamente o tempo para fabricar o protótipo.

## Referências

**ABNT: NBR 2017** Norma para construção com terra – Terminologia, requisitos, produção, execução de alvenaria e métodos de ensaio (2017). No prelo.

Embrapa Solos. Solos do Estado de Santa Catarina. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. Disponível em <https://www.embrapa.br/solos/> Acesso em janeiro de 2018.

ESPIRALANDO BIOARQUITETURA. **Apostila Espiralando**. Bauru, 2008.

Fundação João Pinheiro. Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Déficit habitacional no Brasil 2008 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. – Brasília, Ministério das Cidades, 2011. 140 p.

LIBRELOTTO, L. I. **Modelo para Avaliação da Sustentabilidade na Construção Civil nas Dimensões Econômica, Social e Ambiental: Aplicação no Setor de Edificações**. Tese de Doutorado. PPGEP. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2005.

PIRES, F. C.; Almeida M.M.; SALDANHA, J. H; **Tecnologias sociais e Permacultura na construção de consciências e cidades. VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, Vitória, ES - 7 a 9 de setembro de 2011.

SALADO, Gerusa. Arquitetura e Design com Tubos de Papelão. Apresentação da palestra e oficina. UFSC, Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/palestra-e-oficina-arquitetura-e-design-com-tubos-de-papelao/>. Acesso em janeiro de 2018.

SANTOS, Clarissa Armando dos. **Construção com terra no Brasil: panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada**. 2015. 290 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2015.

SOARES, S. R.; PEREIRA, S. W. **Inventário da produção de pisos e tijolos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida.** *Ambiente Construído: Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 83-94, abr./jun. 2004.

**Sustentabilidade e inovação na habitação popular: o desafio de propor modelos eficientes de moradia** / Governo do Estado de São Paulo Secretaria de Estado de Habitação – São Paulo, 2010 p.:il. CDD 363.580 981 61

TEIXEIRA, Anelizabeth Alves. **Desempenho de painéis de bambus argamassados para habitações econômicas: aplicação na arquitetura e ensaios de durabilidade.** 2013. 223, [26] f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, 2013