

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC/ CTC
ÁREA DO CONHECIMENTO – CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES
Projeto de Pesquisa: PIBIC/2016-2017
Bolsista: Sara Dotta Correa

**UMA PROPOSTA PARA A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL:
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE CASA SUSTENTÁVEL – ETAPA 1-
PROJETO**

Coordenação: Lisiane Ilha Librelotto

Área: ARQUITETURA E URBANISMO

TECNOLOGIA DA ARQUITETURA

Florianópolis, agosto de 2017.

Título : UMA PROPOSTA PARA A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE CASA SUSTENTÁVEL – ETAPA 1- PROJETO

Resumo

Existem diversas alternativas para a construção de Habitações de Interesse Social e sabe-se da existência de um grande déficit habitacional no Brasil. O projeto da habitação sustentável assumiu especial relevância neste estudo, pois pôde assegurar o baixo custo e o desempenho, e consequentemente, a durabilidade do produto obtido não pode ser uma incógnita. Deve-se manter em mente que quanto mais se edifica, mais se consome em recursos e mais impacto são gerados ao meio ambiente. Assim, esta pesquisa apresenta como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de habitação sustentável, empregando um sistema construtivo fundamentado em técnicas para reutilização de materiais diversos, matérias-primas disponíveis na região de Florianópolis, com baixa energia incorporada. Para alcançar este objetivo é necessário conhecer outras iniciativas de prototipagem habitacional, definir e aplicar os requisitos para a sustentabilidade no projeto habitacional, avaliar a sustentabilidade das soluções incorporadas ao projeto, desenvolver uma proposta de sistema construtivo voltado a sustentabilidade e elaborar modelo do protótipo em 3D, elaborar modelo em escala reduzida, planejar a execução do protótipo e realizar a captação de recursos para viabilizar a construção. Como resultados, espera-se obter o projeto do protótipo, o plano de implementação e os recursos para sua construção no campus da UFSC. Obteve-se, assim, um protótipo 3D de casa de caráter social, formado por módulos agrupados, sendo as paredes compostas por blocos de vedação em argamassa calfitice, um componente formado por esses blocos em conjunto com varas de bambu, formando um protótipo de parede da casa modular. O componente foi analisado com base na revisão bibliográfica realizada para que os seus pontos positivos e negativos fossem registrados para futuras pesquisas que darão continuidade a essa etapa.

Palavras chave:

Projeto do protótipo; Tecnologia; Sustentabilidade; HIS

2. Introdução

a) Contexto

Existem diversas alternativas para a construção de Habitações de Interesse Social. O déficit habitacional é conhecido e divulgado pela Fundação João Pinheiro (2011) e por pesquisadores (FURTADO; LIMA NETO; KRAUSE, 2013). 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 do protótipo. Os profissionais, gestores e projetistas, assim como sociedade e usuários. Dessa forma, essa pesquisa visa dar continuidade a pesquisa antecedente a essa, propondo 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). Ou seja, conforme aponta Tabacow e outros (2006), a partir da elaboração de um novo protótipo, busca-se propor um layout de organização da habitação e métodos construtivos de uma moradia de qualidade, financeiramente viável para as diferentes realidades brasileiras. Assim, com um elemento de fácil produção e incorporando o mínimo de energia no processo e emprego de materiais biodegradáveis e/ou recicláveis visa-se obter um protótipo de casa sustentável, Para tal, fez-se necessária uma prototipagem do modelo da habitação em 3D, empregando um sistema construtivo fundamentado em técnicas para reutilização de materiais diversos, como o uso de terra crua, bambu e fibra de sisal, por exemplo, sendo esses materiais empregados de tal forma que o sistema construtivo não só resgate às técnicas construtivas vernaculares como busque atender aos quesitos supracitados.

b) Problemática

Considerando os pilares da sustentabilidade mencionados, tendo ciência das questões ambientais causadas pela pelo impacto da inserção de uma edificação no meio ambiente. A dimensão econômica representa a expressão de obtenção do melhor produto pelo menor preço. Isto significa qualidade em projeto, em construção, em ocupação ao mesmo tempo em que se busca a economia em recursos. Materiais regionais / locais e menos impactantes, racionalização, construtibilidade, reutilização e reciclagem de resíduos, facilidade de manutenção e até formas de ganhos econômicos que podem ser integradas as habitações para propiciar sustento às famílias, são fatores que devem ser considerados. Na dimensão social pesa o fato das diferenças: culturais, renda, qualidade de vida, perfil familiar. No ciclo de vida estão inseridos o uso de materiais que possam ser obtidos através da comunidade. Analisando-se a situação da habitação de interesse social, considerando a inserção da sustentabilidade no seu escopo, a elaboração do projeto e sistema construtivo para construção de habitações, torna-se uma tarefa difícil e de extrema importância para a utilidade pública.

A avaliação da sustentabilidade do produto habitacional permeia uma série de questões que devem ser respondidas:

- Quais os requisitos mínimos para a sustentabilidade habitacional que devem ser atendidos?
- Como os materiais, sistemas e técnicas construtivas impactam na sustentabilidade do produto?

A resposta a estas perguntas, dentre outras tantas variáveis, envolve a seleção do projeto e sistema construtivo para compor a habitação de interesse social, que deve contemplar:

- satisfação dos requisitos de desempenho previstos em normas técnicas,
- durabilidade e baixo custo;
- baixo impacto ambiental;
- baixo consumo de energia incorporada;
- previsão de flexibilidade para adequação ao ciclo de vida familiar;
- utilização de recursos regionais, inclusive, permitindo a construção em regime de auto-ajuda ou montagem industrial;
- compatibilidade com entorno e infraestrutura existente;
- adequação em relação ao contexto em que será empregado: emergencial, transacional ou permanente; urbano ou rural.

c) Objetivos e Metas

Esta pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de habitação sustentável, empregando um sistema construtivo fundamentado em técnicas para reutilização de materiais diversos, e matérias-primas disponíveis na região de Florianópolis, com baixa energia incorporada. Determinar o impacto dos materiais, componentes, sistema e técnicas construtivas na sustentabilidade do protótipo habitacional.

d) Justificativa

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; 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.

3. Revisão bibliográfica

3.1. Catalogação de protótipos

Dessa forma partiu-se para a catalogação de protótipos de habitações sustentáveis, ecológicas ou que utilizaram 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), “que em na busca 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”.¹ Destacam-se aqui os seguintes projetos, de relevância para essa pesquisa, pela técnica de modulação adotada:



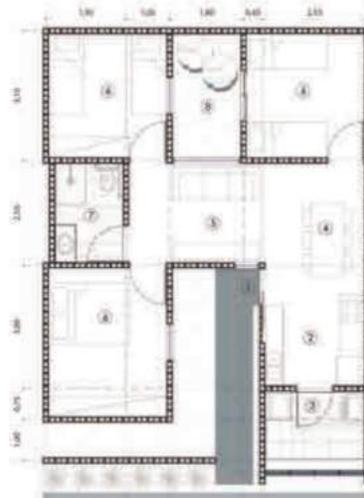
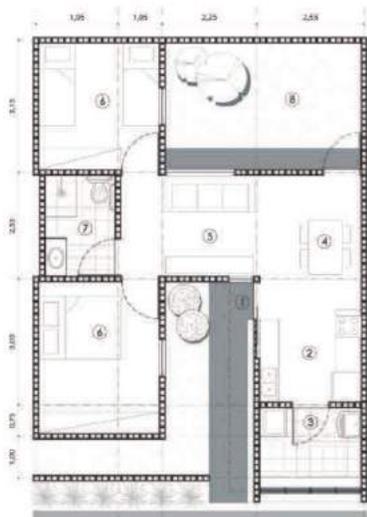
- a. 1º lugar no concurso: “Economia que não discrimina”

Figura 1: Fachada de casa sustentável em 1º lugar

Fonte: Concurso Habitação para Todos, 2010.

Autores: Gustavo dos Santos Corrêa Tenca, Giuliano Augusto Pelaio, Inácio Cardona e Érica, Cristina Rodrigues Souza.

¹ Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Estado de Habitação – São Paulo, 2010.



Equipe: Saulo Feliciano

Figura 2 - Planta baixa dois dormitórios

Figura 3 - Planta baixa três dormitórios

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

Nessa casa vencedora do 1º lugar do concurso proposto em São Paulo, observamos os critérios dos projetistas:

“[...] a preocupação com a fachada, com a identidade, a heterogeneidade e a descompactação do tradicional modelo da casa retangular são pontos chaves na elaboração da nossa proposta. A residência consiste em um programa reduzido, resolvido a partir de dois blocos lineares interligados por um terceiro bloco com funções distintas, sendo um módulo para os dormitórios e banheiro, outro para a área de serviços (cozinha e lavanderia) e um terceiro – de ligação – para abrigar a sala de refeições e a sala de estar. O mesmo terreno, com as mesmas dimensões, foi pensado para abrigar a casa de dois e três dormitórios, prevendo, assim, a expansão de mais um quarto da menor habitação em caso de crescimento do número de integrantes da família.”²

A modulação e a possibilidade de ampliar a casa para famílias maiores é um ponto forte desse espaço, como também a quebra com a retangularidade e despersonalização bastante frequentes nas Habitações de Interesse Social no Brasil.

² Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Estado de Habitação – São Paulo, 2010.

b. 2º lugar no concurso: “Sustentabilidade Urbana”



Figura 4 - Fachada de casa sustentável em 1º lugar

Fonte: Concurso Habitação para Todos, 2010.

Autora: Adriana Blay Levisky

Coordenadores: José Eduardo Borba, Cristiano Aprigliano e Renata Gomes

Consultores: César Pereira Lopes, Paulo Vinícius Jubilut

Equipe: Lilian Braga, Raquel Abdian, Tatiana Antonelli, Vivian Hori, Reinaldo Ramos Queiroz,

Caio Belleza e Daniel Maekawa

Colaboradoras: Ligia Gonçalves e Amanda Cassone

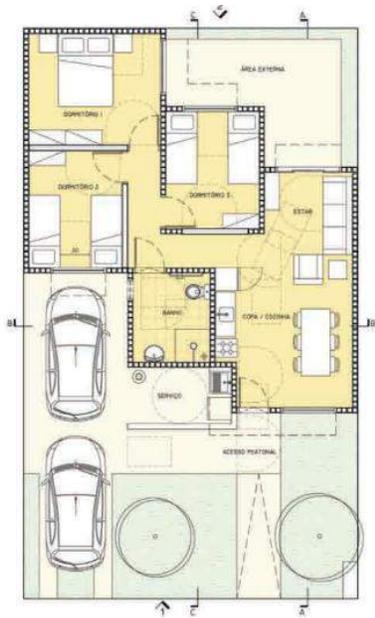


Figura 5 - Planta baixa

Fonte: Fonte: Concurso Habitação para Todos, 2010.

O 2º lugar do concurso apostou numa ideia de identidade para as edificações ou seus agrupamentos e busca atender aos três pilares da sustentabilidade, como aponta LIBRELOTTO, 2012), são eles: social, econômico e ambiental. Segundo os idealizadores do projeto, observamos:

“**Social:** A partir da oferta de espaços livres privados na unidade unifamiliar, de ambientes dignos e salubres e da valorização das fachadas, o projeto fortalece a oportunidade do vínculo. Estímulo este capaz de gerar cidadania, permanência longa e responsabilidade social. **Ambiental:** Da Insolação e Ventilação Naturais - Pela ampliação das superfícies de fachadas, o projeto promove condições excelentes de insolação e ventilação natural, além da boa integração entre espaços abertos e fechados. A compensação pela ampliação das áreas de fachada se dá através da tripla geminação proposta pelo projeto – nas duas laterais e nos fundos. **Econômica:** Utilizando-se de sistema construtivo de baixo custo de construção e fácil manutenção, reuso de água para rega, aquecimento por placas solares, adequada insolação e ventilação natural, instalações elétricas aparentes, medidores individualizados de água e gás, ambientes flexíveis com grande facilidade de adaptação interna, o projeto promove baixo custo de manutenção do imóvel no tempo, garantindo sua sustentabilidade econômica.”³

³Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Estado de Habitação – São Paulo, 2010.

- Outros protótipos

Foram pesquisados os protótipos desenvolvidos por Gerusa Salado (SALADO, 2014) a partir da proposta de Shigeru Ban, a Casa Eficiente da Eletrosul (2014), além das propostas do concurso de arquitetura do Governo do Estado de São Paulo.

Protótipo – Habitação modular em tubos de papelão – SHIGERU BAN



Figura 6 e 7 : Protótipos Tubos de Papelão. Fonte: Salado (2011); Salado (2014)

Protótipo – Casa eficiente Eletrosul



Figura 8: Casa Eficiente da Eletrosul (2008)

Fonte: <http://www.eletrosul.gov.br/ampnbsp/casa-eficiente-conheca-o-projeto#top-ce>

3.2 A terra

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 9). Como é possível observar, a Grande Florianópolis possui solos que podem variar entre Areias quartzosas, Podzólico vermelho-amarelo, Cambissolos e Glei pouco húmico.

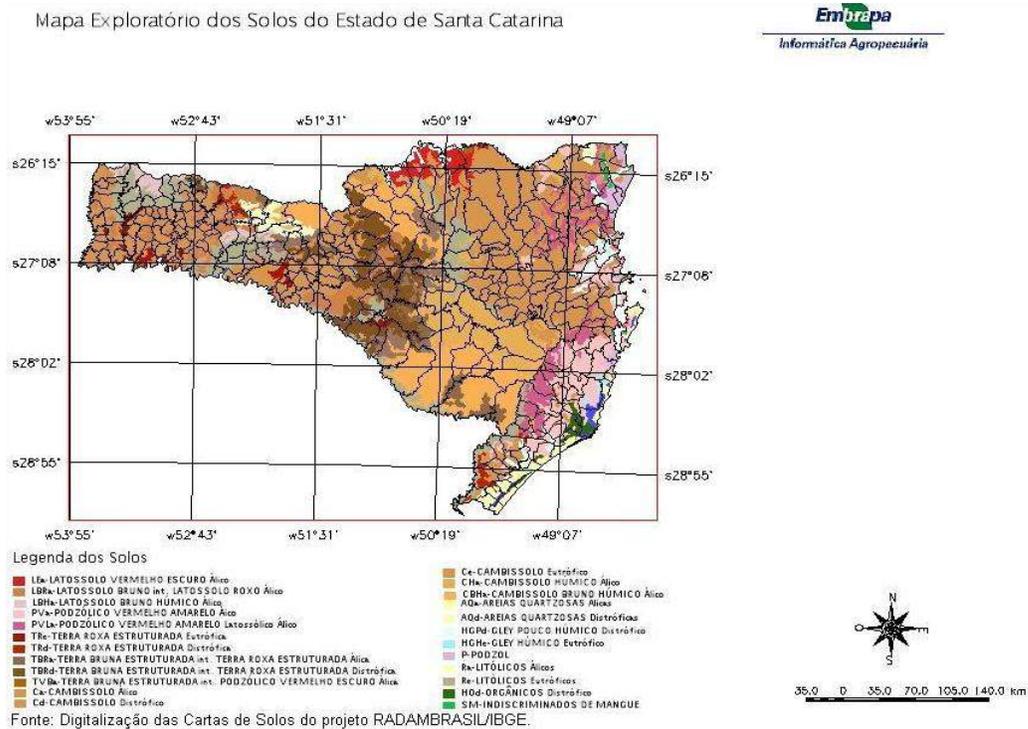


Figura 9: Mapa exploratório dos Solos de Santa Catarina

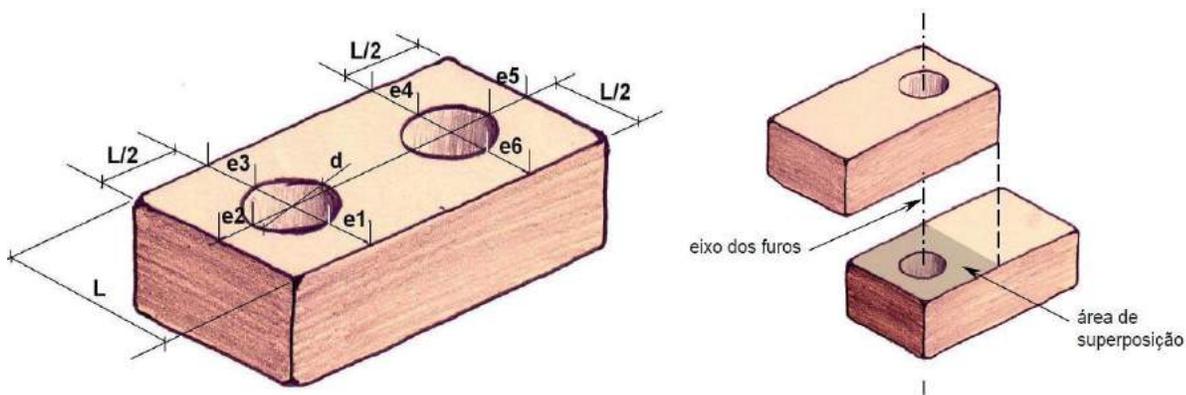
Fonte: SOLOS DE SC - EMBRAPA

Dependendo do tipo de solo, diferentes características são observadas. O solo pode variar de acordo com alta e baixa fertilidade, quantidade de argila, óxido de ferro (Fe_2O_3), entre outros.

(SANTOS, 2015). O solo utilizado para construir o bloco é do tipo Podzólico Vermelho, que se caracteriza pelo aspecto avermelhado, silte e argila inferior a 15% apesar da textura argilosa, acidez (pH em torno de 5), de fácil erosão, alta porosidade e relevos ondulados. (EMBRAPA, 2004)⁴.

3.3 Norma de Adobe para Construção com Terra

A norma aponta que para um bloco construído com terra, os furos devem ser 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 $e \geq L/4$, ou seja, deve ser maior ou igual a largura do bloco, como mostram as Figuras 10 e 11:



Figuras 10 e 11: Forma e dimensões do adobe vazado
Fonte: Norma Adobe (2017) No prelo.

O formato proposto para o bloco surge da adaptação da ABNT NBR 6136 (2007), “Blocos vazados de concreto simples para alvenaria”, sendo que esses blocos são divididos em famílias, de acordo com a sua dimensão modular, e geralmente contém 1,2, 3 furos. Isso facilita a passagem da fiação, canos de água e são posicionados de maneira a formar a amarração correta, fazendo com que eles se encaixem entre si. Foi utilizado o modelo da família 29, conforme ilustra a Figura 12 abaixo, tendo a possibilidade de ser bloco inteiro, meio bloco, blocos complementares e as canaletas.

⁴ Solos do Estado de Santa Catarina. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.



Figura 12: Família 29 de blocos de concreto, quatro tipologias.

Fonte: Prontomix, Ltda. Consulta *online* (2017)⁵

3.4 O bambu

Nesse momento, faz-se necessário explicar o papel do bambu no protótipo. Na pesquisa anterior ele atua em forma de trama, localizada no interior do painel, como mencionado. A partir das revisões e modificações que aquela pesquisa gerou, nessa etapa o bambu é utilizado de uma forma diferente. Aproveitando os furos nos blocos, uma vara de bambu roliço com diâmetro em torno de 4 cm é introduzida perpassando vários blocos até encontrar apoio no solo, ou melhor, em uma viga de baldrame que dá estanqueidade ao componente construtivo. Haja vista que não se tem a informação da resistência às tensões de carga atuante no bloco, para caracterizá-lo como bloco estrutural, para essa etapa foi considerando bloco de vedação. Para tal, foram incorporados varas de bambu verticalmente, dentro dos furos, no comprimento da parede, e também pilares de madeira nas extremidades da casa. Essas estruturas verticais, tanto o bambu como a madeira, atuam suportando as cargas verticais da cobertura. Conforme evidencia SALGADO (1994) apud TEIXEIRA (2013), sobre as especificações da espécie de bambu *Bambusa Tuldoides*, temos as seguintes características da Figura 13.

⁵ <http://prantomix.com.br/2012/05/o-que-e-bloco-de-concreto.html>

Espécies	Colmo			
	Comprimento útil (m)	Diâmetro (cm)	Massa (kg)	Compr. internódios (cm)
Bambusa vulgares	10,70	8,10	12,50	32,00
Bambusa vulgaris var. vittata	9,30	7,20	10,30	34,00
Bambusa oldhami	9,90	6,90	8,40	41,00
Bambusa nutans	10,00	5,80	7,80	38,00
Bambusa tulda	11,90	6,60	11,90	49,00
Bambusa beecheyana	9,00	7,80	10,50	28,00
Bambusa stenostachya	15,10	8,20	17,50	35,00
Bambusa tuldoides	9,20	4,30	3,80	46,00
Bambusa textilis	8,10	4,80	3,30	44,00
Bambusa ventricosa	9,30	4,80	4,50	44,00
Bambusa maligensis	7,40	4,30	3,50	28,00

Figura 13: Tabela de especificações das espécies de bambu

Fonte: Fonte: (SALGADO, 1994 apud TEIXEIRA, 2013)

4. Material, Métodos e Técnicas.

4.1. Elementos e componentes desenvolvidos em etapa anterior

Anteriormente a esse projeto, foi realizada no laboratório de pesquisa da UFSC, a seguinte pesquisa “*Avaliação e desenvolvimento de componentes industrializados aplicados a construção de habitação de interesse social - etapa 2*” (CNPq-PIBIC-15/16) na qual foi desenvolvido um painel de bambu, terra crua na forma de argamassa de origem colombiana *Calfitice* (cal + fibra + tierra (em espanhol) + cimento (em espanhol)) e garrafas pet., conforme Dotta e Librelotto (2015).

A proposição deste painel em calfitice, originou-se da exploração de materiais locais, como o bambu (cultivado na fazenda da Ressacada) e do Adobe (produzido pela Adoberia em Florianópolis). Moraes e Librelotto (2015) descartaram o uso do bambu proveniente da fazenda da Ressacada (pesquisa UFSC) em função da dificuldade de controle das idades e datas cultivo e colheita dos mesmos, além de baixa produção e capacidade de fornecimento.

A partir da análise desse painel pôde-se verificar os benefícios, pontos positivos e as deficiências ou falhas para que suas fossem corrigidas e contornadas na continuação do trabalho

e desenvolvimento de um novo sistema construtivo para a modelação do protótipo. Abaixo a Figura 14 ilustra o painel desenvolvido anteriormente.



Figura 14: painel de trama de bambu e garrafas pet no interior e argamassa calfitice.

Fonte: autoral (projeto executado pela bolsista Sara Dotta Correa)

As considerações retiradas dessa análise seguem descritas abaixo e fazem parte do trabalho realizado por Marterer e Librelotto (2016).

- ❖ O esfrelamento das bordas, que levou à consequente instabilidade do encaixe macho-fêmea;
- ❖ O peso excedente (dimensão externa 50x50x10 cm) aos limites determinados pela NBR-17, que prevê para carga de levantamento, transporte e descarga individual frequentemente por homens é de 18 kg. O peso do módulo é de 26 kg;
- ❖ Fissuras nas laterais do painel sobre as tramas de bambu. Surgiram em decorrência da variação dimensional do bambu devido à umidade.

Assim, tornaram diretrizes iniciais para o novo projeto:

- ❖ Elaboração de um novo design do encaixe, garantindo maior estabilidade do painel;
- ❖ Redimensionamento dos módulos, diminuindo o peso da peça;
- ❖ A aplicação de um ‘selador’ proteja e fortifique a *Calfitice*, evitando o esfrelamento das bordas.

4.2. Modelagem do bloco

Para desenvolvimento do protótipo da casa em 3D primeiramente foi proposto um sistema construtivo novo e voltado para melhorias dos blocos estudados anteriormente, para essa etapa foi elaborado o bloco de *Calfitice* com 3 furos, nas dimensões 14x12x39cm (LxAxP), na conformidade com a norma de construção com Adobe.

Dessa forma, seguindo as recomendações citadas, o bloco foi modelado no software SketchUp e renderizado no Kerkythea, para proposição de volume, agrupamento e amarração conforme mostram as Figuras 15e 16 abaixo:

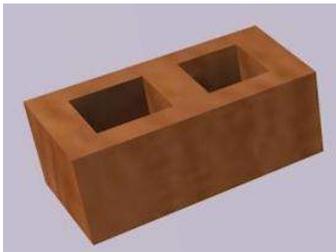


Figura 15: bloco modelado com 2 furos

Fonte: autoral



Figura 16: agrupamento em série e amarração

Além do bloco de dois furos, foi modelado também o bloco com 3 furos, de modo a tornar viável a amarração dos blocos na parede.



Figura 17: bloco modelado com 3 furos

Fonte: autoral



Figura 18: agrupamento em série e amarração

4.3. Modelagem da forma

Após a modelação em 3D, partiu-se para a confecção do bloco no laboratório, sendo a forma de madeira confeccionada na maquetaria, com auxílio de madeiras reutilizadas, pregos e garrafas pet, trazendo uma proposta do uso de materiais recicláveis, conforme mostram a Figuras 19, 20, 21 e 22.



Figuras 19, 20, 21 e 22: preparação e construção da forma para o bloco

Fonte: autoral

5. Resultados e Discussão.

Por conseguinte, foi possível preparar a mistura de *Calfitice*, material empregado no bloco. Tendo sua origem na Colômbia, conforme aponta ESPIRALANDO (2008), “[...] é uma técnica colombiana utilizada em construções com *Guadua Angustifolia* (espécie de bambu nativa da América do Sul) e, no Brasil, o Calfitice tem sido usado 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. A palavra vem de sua composição (em espanhol): Cal+Ferro ou Fibra+Tierra+Cemento. (PIRES, ALMEIDA E SALDANHA, 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. Foi adquirido um rolo de sisal em forma de corda e os fios foram cortados e desfiados conforme mostra a Figura 23.



Figura 23: Fibra de sisal desfiada

Fonte: autoral

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 1 parte de cimento e 2 partes de cal hidratada, mais 10% de fibra (sisal) e água até a mistura se tornar viscosa e pronta para ser compactada na forma. Assim, o traço foi 1:2:10 (cimento Portland CP4: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 24):



Figura 24: Ensaio de granulometria com peneiras GRANUTEST

Fonte: autoral

Considerando os fatores supracitados, as etapas de produção do bloco foram registradas e são ilustradas pelas Figuras 25, 26, 27 e 28 abaixo, divididas pelo passo-a-passo da produção seguindo os critérios de mistura, moldagem e secagem presentes na norma para Adobe:



Figuras 25, 26, 27 e 28: Passo a passo do processo de mistura da Calfitice

Fonte: autoral

Após o despejo e compactação manual da mistura de Calfitice na forma (Figura 29), aguardou-se sete dias para a secagem da massa e então foi possível deformar o bloco, o resultado está ilustrado na Figura 30:



Figura 29: Compactação da argamassa de Calfitice dentro da forma

Figura 30: Bloco desenformado

Fonte: autoral

Além do bloco de três furos, foi desenvolvido também, seguindo a norma de Adobe para a correta amarração dos blocos, um bloco de dois furos (Figura 31), produzido com o mesmo método do bloco de três furos, inclusive a forma de madeira foi reutilizada, sendo apenas incluído uma placa de aço para a separação. Assim, obtivemos um protótipo de parede, sendo utilizado também, como mostra a Figura 32, uma vara de bambu (*Bambusa Tuldoides*), tópico que será abordado na sequência.



Figura 31: Bloco com dois furos

Figura 32: agrupamento de blocos (protótipo de parede com bambu)

Fonte: autoral

5.1. Protótipo da casa (HIS) com o sistema de blocos de Calfitice

Em posse dos resultados realizados com os blocos e com os dados levantados, foi possível partir para o desenho de projeto da casa, sendo que o protótipo de parede desenvolvido com o sistema de blocos pôde ser incorporado na proposta. O desenho do layout internos, das fachadas e dos ambientes internos foi realizada a partir de modelação em 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 33 e 34, de forma a criar um ambiente diversificado e não apenas um quadrado com cômodos distribuídos.

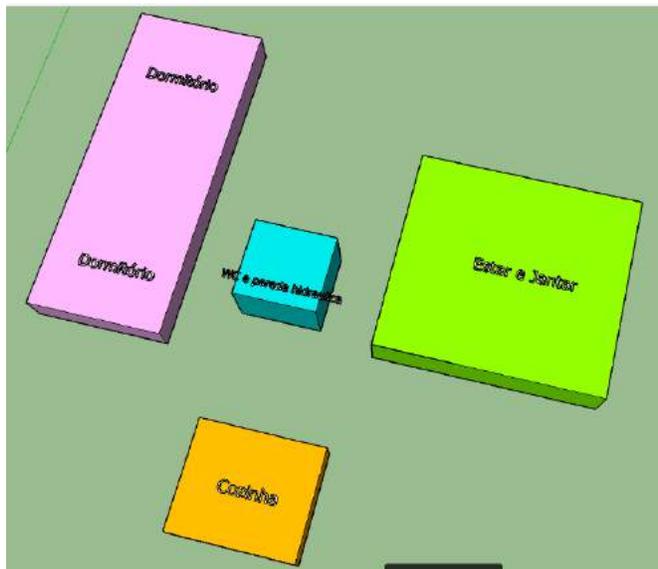


Figura 33 – Módulos dos ambientes

Fonte: autoral

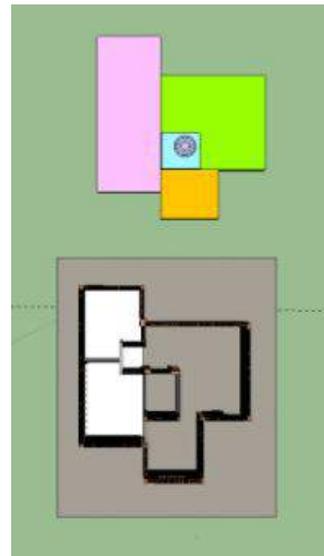


Figura 34 - Agrupamento dos módulos

Assim, foi possível elaborar uma proposta de disposição dos ambientes, considerando que os espaços em torno da edificação podem dar espaço para implementação de 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. Dessa forma, foi implementado 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.

Após essas considerações o modelo foi desenvolvido o protótipo da casa em software 3D, para que todos os elementos que compõem a casa, conforme pode ser observado na perspectiva explodida da Figura 35 abaixo:

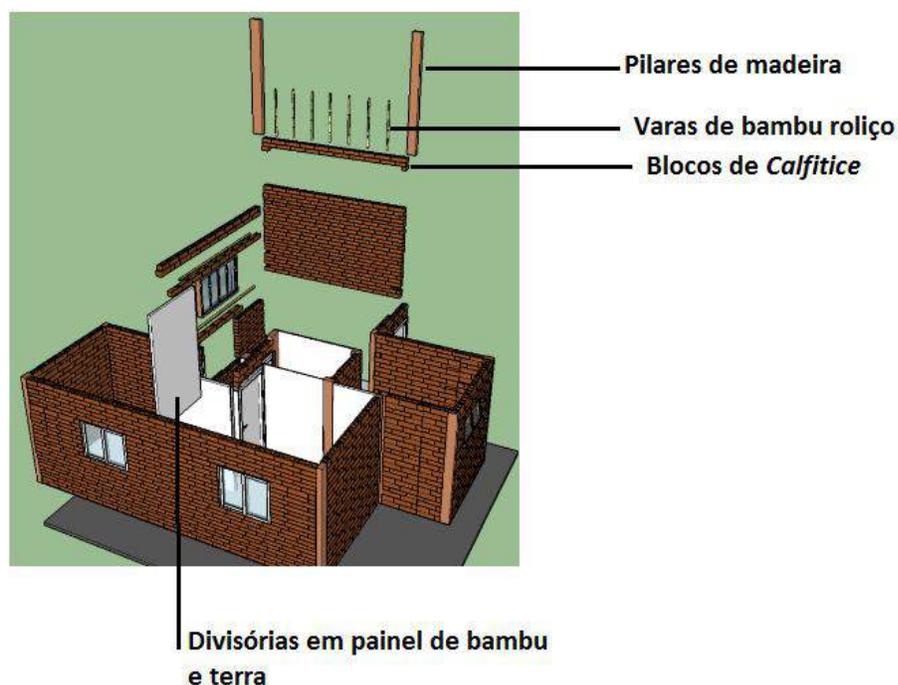


Figura 35: Perspectiva explodida do protótipo

Fonte: autoral

As divisórias que aparecem na cor branca no modelo são parte da proposta do uso dos materiais já incorporados no modelo, como o bambu, a terra e etc. Segundo propõe TEIXEIRA

(2013) nas Figuras 36, 37 e 38, sobre o uso do bambu como material de construção e o uso deste em forma painéis cobertos com argamassa para habitações econômicas:

“[...] esta planta é um material viável e adequado do ponto de vista ecológico e construtivo, haja vista suas características físicas, mecânicas e construtivas, podendo substituir, com vantagens e segurança, os materiais convencionais ou industrializados. A grande maioria dos materiais industrializados, ao contrário do bambu, consome grande quantidade de energia, gera volumosos resíduos, possuem em suas composições insumos não renováveis, além de produzir grande quantidade de resíduos agressivos e gás carbônico, que são diretamente lançados na atmosfera, nos rios e nos solos, provocando a degradação ambiental.”



Figura 36: modelo de painel em 2D Figura 37: estrutura de bambu Figura 38: corpo de prova finalizado
Fonte: TEIXEIRA (2013)

5.2. Associação construtivas entre bambu e blocos

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 as Figuras 39 e 40 atuam como verga e contraverga, sendo essa união formada por vara de bambu roliça e blocos com formato semelhante a “canaleta”, que para essa composição se dão com bloco inferior e superior com formato meio círculo encaixando o bambu. (Figura 41)

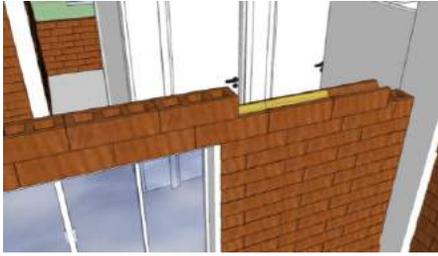


Figura 39: verga em bambu

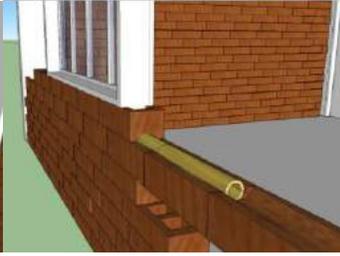


Figura 40: contraverga

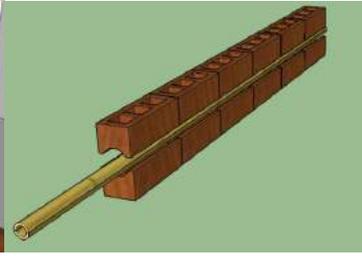


Figura 41: modelo em união

Fonte: autoral

Essa solução pode ser mais bem observada como um todo (Figura 42), conforme mostra a perspectiva explodida do sistema composto por blocos com semicírculo, varas de bambu, janela de madeira, e novamente blocos em semicírculo sucessivamente até novamente retornar ao bloco convencional:



Figura 42: Perspectiva explodida do método verga e contraverga em bambu

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. A espécie proposta para compor a cobertura é a mesma empregada anteriormente no protótipo, *Bambusa Tuldóides*. (Figura 43)



Figura 43: perspectiva explodida do protótipo com treliças de bambu na cobertura

Fonte: autoral

6. Conclusões

O bloco tem um acabamento suave em ambos os lados, com algumas imperfeições como fissuras causadas no momento do desenforme. No entanto, a principal observação é que o peso do bloco diminuiu consideravelmente em relação ao painel anterior, e 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 e 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.

7. Considerações finais

A oportunidade de participar de um projeto de pesquisa é de grande valia para o amadurecimento da vida acadêmica do aluno que faz iniciação científica, permitindo adquirir conhecimentos nas áreas de tecnologia e de sustentabilidade na construção civil. A pesquisa coloca o aluno diante de novas situações, como averiguar e solucionar problemas, participar de Congressos e ter contato com outros pesquisadores da área, compartilhar ideias e conhecimento com alunos de Pós Graduação, como mestrado e doutorado na área de sustentabilidade e técnicas alternativas para construção civil e HIS. Participar de eventos como os IV e V *Encontro de Sustentabilidade em Projeto* em Florianópolis e IV *Simpósio Internacional del Bambu e la Guadua*, na Colômbia, onde alguns trabalhos oriundos da pesquisa foram aceitos como artigos publicados. O manejo do bambu, da terra, a preparação da argamassa para construção do bloco e a modelação do protótipo em 3D tornou-se um desafio muito enriquecedor, poder participar da realização prática de um elemento construtivo e pensar em uma solução para a melhoria do mesmo é algo de extrema importância dentro de um curso de Arquitetura e Urbanismo.

8. Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq pelo apoio financeiro da bolsa PIBIC, à professora orientadora dessa pesquisa Prof. Lisiane Ilha Librelotto e aos membros do Grupo VIRTUHAB pelo apoio no desenvolvimento desse projeto.

9. Referências Bibliográficas

ABNT NBR 6136:2007 - Blocos Vazados de concreto simples para alvenaria

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

CORREA, Sara; LIBRELOTTO, Lisiane. Relatório Final de Pesquisa CNPq/PIBIC 2015-2016 “Avaliação e desenvolvimento de componentes industrializados aplicados à construção de habitação de interesse social- etapa 2” Disponível em Repositório do Grupo Virtuhab <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/168713> Acesso em agosto de 2017.

ELETROSUL. Casa Eficiente.

Disponível em: <http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/>. Acesso em agosto de 2017.

Embrapa Solos. Solos do Estado de Santa Catarina. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. Disponível em <https://www.embrapa.br/solos/> Acesso em agosto de 2017.

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

FURTADO, B. A.; LIMA NETO, V. C.; KRAUSE, C. **Estimativas do déficit habitacional brasileiro** (2007 - 2011) por municípios (2010). IPEA, maio de 2013.

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.

LIBRELOTTO, Lisiane I., et. al. **A teoria do equilíbrio: alternativas para a sustentabilidade na construção civil**. Florianópolis: DIOESC, 2012, 350 p.

MARTERER, S.; LIBRELOTTO, L.I.; Relatório Parcial da Pesquisa CNPq/PIBIC 2016-2017 “Uma proposta para a habitação de interesse social: desenvolvimento de protótipo de casa sustentável – etapa 1” Disponível em Repositório do Grupo Virtuhab <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/168713> Acesso em agosto de 2017.

MORAES, R. M; LIBRELOTTO, L.I. Relatório Parcial da Pesquisa CNPq/PIBIC 2015-2016 “Avaliação e desenvolvimento de componentes industrializados aplicados à construção de habitação de interesse social- etapa 2” Disponível em Repositório do Grupo Virtuhab <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/168713> Acesso em agosto de 2017.

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/>, 2017. Acesso em agosto de 2017.

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.

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

TABACOW, J.; GUERRA, B.; COLLET, G.; CHACEL, A.; MAGALHÃES, F; SOLVAY INDUPA DO BRASIL. **Iniciativa Solvin 2006: arquitetura sustentável**. São Paulo: Romano Guerra, 2006. 112p. ISBN 858858509x.

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.