

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
CENTRO TECNOLÓGICO – CTC  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

## Sistemas Construtivos Aplicados à HIS - etapa 2

Relatório final apresentado  
ao PIBIC – CNPq. (2013 – 2014)

Orientanda: Francielli Hang Telli  
Orientador: Lisiane Ilha Librelotto

Florianópolis – SC

Agosto de 2014

## RESUMO

A pesquisa de tecnologias, sistemas construtivos e tipologias habitacionais para Habitação de Interesse Social (HIS) tem por objetivo o desenvolvimento de um modelo de HIS que atenda aos preceitos de sustentabilidade e possa ser adotado pela população locada em áreas de risco no estado de Santa Catarina, em caráter emergencial e definitivo. Para tanto foram feitas coletas de dados sobre tecnologias e sistemas construtivos possíveis de serem empregados para este fim, sendo esses dados catalogados em fichas. Foram catalogados 27 sistemas construtivos, que abrangeram desde os sistemas convencionais moldados “*in loco*”, sistemas pré-moldados, sistemas que reutilizam materiais que iriam para descarte e sistemas construtivos naturais. Com o intuito de obter informações sobre o desempenho de cada um destes, e de finalizar a pesquisa, foram utilizadas, como base, metodologias de avaliação da sustentabilidade, de onde foram retiradas as premissas necessárias para que os sistemas construtivos levantados pudessem ser avaliados, permitindo assim a identificação dos pontos fortes e fracos de cada um deles. Foi optado em se fazer uso da Metodologia MASP-HIS (CARVALHO, 2009) que permite calcular os aspectos ambientais, sociais e econômicos de cada processo construtivo e o Modelo ESA-MOD (FERROLI E LIBRELOTTO, 2012) que fornece aos projetistas um modo quantitativo e qualitativo de avaliar a sustentabilidade em suas três dimensões. Ao final da pesquisa foi possível constatar que o Brasil, e em especial o estado de Santa Catarina, ainda possui um longo caminho para trilhar nas esferas da habitação de interesse social e na da sustentabilidade. Todos os sistemas construtivos catalogados possuem vantagens quando comparados aos métodos tradicionais adotados na construção civil brasileira, como redução de perdas e agilidade na construção, sendo que os resultados mais favoráveis foram obtidos pelos sistemas construtivos naturais e pelo que reutiliza garrafas plásticas que iriam para descarte. A tentativa de determinar o mais adequado para a execução de HIS de caráter emergencial é de extrema importância devido ao impacto que esses empreendimentos costumam causar no meio ambiente e na qualidade de vida da população que passa a ocupar as residências.

**Palavras-Chave:** sistemas construtivos, sustentabilidade, habitação de interesse social

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Contexto e problemática**

O direito à habitação é garantido a todos os cidadãos do mundo pela Declaração Universal dos Direitos Humanos, tendo em vista que este é o local onde as pessoas estão protegidas dos perigos e do tempo, que acomoda funções referentes ao descanso, alimentação, necessidades fisiológicas e lazer e, ainda, onde se efetua o convívio familiar.

De acordo com o Artigo XXV observa-se que:

Toda pessoa tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e a sua família saúde e bem estar, inclusive alimentação, vestuário, habitação, cuidados médicos e os serviços sociais indispensáveis, e direito à segurança em caso de desemprego, doença, invalidez, viuvez, velhice ou outros casos de perda dos meios de subsistência fora de seu controle. (DUDH, 1948)

Entretanto, existem inúmeras barreiras, principalmente políticas e econômicas, que dificultam a aquisição de moradias por grande parte da população mundial. A importância da habitação e sua durabilidade, cada vez maior com o emprego de novas tecnologias na construção civil, fez com que esse bem, imprescindível para qualquer ser humano, atingisse valores cada vez mais altos no mercado, desfavorecendo a aquisição desta pelas classes menos abastadas. Portanto, o que notamos atualmente é um quadro onde a maior demanda por habitação imediata se encontra nas classes de baixa renda econômica.

Para que esta população, que carece de habitações, pudesse ser assistida criou-se o que comumente é denominado de Habitação de Interesse Social (HIS). Normalmente essa solução de moradia é financiada através do poder público, numa tentativa de suprir o déficit habitacional e incluir a população de menor renda em sistemas de crédito para a aquisição de moradia.

Devido a grande desigualdade social existente no Brasil, e a ineficiência do poder público em atender uma demanda tão grande de pessoas que necessitam de habitação, a população de baixa renda passa a se apropriar de terrenos em áreas irregulares, geralmente em áreas consideradas de risco, como em encostas, próximo ao leito dos rios, em aterros e afastadas dos centros urbanos. Esse fato acarreta em situações graves, colocando em risco a vida dessas pessoas cada vez que os municípios são afligidos por fenômenos naturais, como excesso de chuvas, deslizamentos de encostas, enchentes. Quando as pessoas locadas nessas áreas ficam desalojadas, ou desabrigadas, necessitam num primeiro momento de abrigos temporários de caráter emergencial e posteriormente de moradias que garantam salubridade e segurança para suas vidas.

Dentro do contexto nacional, o estado de Santa Catarina tem sofrido nos últimos anos com vários fenômenos naturais, como enchentes e deslizamentos de encostas, que deixaram milhares de desabrigados. Analisando essas situações emergenciais pode-se constatar a complexidade de fatores envolvidos para a proposta e instalação de HIS, como o fator da urgência em oferecer uma grande quantidade de habitações em um curto espaço de tempo, pois a população, quando inesperadamente atingida por desastres naturais deve ser realocada dentro das condições mínimas de habitabilidade e convívio social. Partindo desse princípio, surge a necessidade de buscar técnicas construtivas que atendam a critérios, tais como: rápida execução, facilidade em encontrar materiais e mão de obra, que não seja oneroso, possa ser resistente a novas catástrofes, dê conforto para o usuário, entre outros.

### **1.2 Perguntas de pesquisa**

Analisando a problemática, acima exposta, surgiram as primeiras perguntas que a pesquisa buscou elucidar: seria possível criar um protótipo de residência que atenda alguns critérios, tais como: ser de rápida execução; com materiais próprios do local; com mão de obra simples; que seja resistente, que enfrente a catástrofe com eficiência, que seja confortável, que

possua uma forma atrativa, que possa ser ampliada e que seja sustentável sem ser onerosa ao considerar-se todo o ciclo de vida do edifício?

Analisando-se situações emergenciais, como o caso das enchentes em Santa Catarina, a implantação da habitação de interesse social se torna mais complexa e a seleção do projeto e sistema construtivo que devem ser empregados para a construção das habitações torna-se uma tarefa difícil e de extrema importância para a utilidade pública. Mas qual das propostas de projeto habitacional de interesse social seria a mais adequada para o contexto no qual o Estado de Santa Catarina se insere, considerando-se dois contextos: o emergencial e o da prevenção? Quais os requisitos mínimos de habitabilidade que devem ser atendidos em ambas as circunstâncias? O que fazer com as pessoas desalojadas e desabrigadas? Para que áreas devem ser destinadas? Que moradias servirão de abrigo provisório ou mesmo definitivo para estas pessoas?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Propor modelo de Habitação de Interesse Social (HIS) a partir da análise da sustentabilidade de tecnologias, sistemas construtivos e tipologias habitacionais.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

São objetivos específicos deste projeto, como suporte ao desenvolvimento das atividades acadêmicas:

- levantar os sistemas construtivos e tipologias habitacionais existentes;
- analisar a viabilidade das diferentes propostas considerando o contexto das catástrofes;
- selecionar projetos habitacionais para montagem de modelos em escala reduzida em canteiro de obra experimental ou por modelagem física;
- avaliar os projetos habitacionais desenvolvidos na forma de modelos construídos em canteiro experimental ou por modelagem física;
- propor a implementação da alternativa mais viável dos projetos em reassentamentos urbanos;

#### **1.3.3 Metas**

- 1) Proposta de uma HIS para atendimento à catástrofes dentro dos preceitos da sustentabilidade;
- 2) Catalogação de sistemas construtivos utilizados no Brasil e no Mundo para construções de HIS, disponibilizados para consulta no Portal Virtuhab;
- 3) Confecção de modelos físicos, em escalas reduzida, em canteiro experimental ou por meio de modelagem.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Habitação**

A importância da habitação é defendida por vários pesquisadores. De acordo com Malpas (2004), a habitação é um dos cinco serviços públicos essenciais, aos quais os cidadãos devem ter acesso, ao lado de educação, saúde, seguridade social e serviços sociais pessoais.

Em adição ao exposto, Rodrigues (1992) afirma que “morar, é uma necessidade básica dos indivíduos, é no interior da casa que se realizam outras necessidades, é na casa onde se dorme, tem-se privacidade, fazem-se as refeições, realiza-se a higiene pessoal, etc.”

A habitação é um direito e, como tal, o acesso para todas as pessoas deveria ser garantido. Infelizmente, o que se observa no cenário nacional é uma realidade onde o déficit habitacional é de 6,490 milhões de unidades, o correspondente a 12,1% dos domicílio do país,

segundo dados do Censo 2010. A Fundação João Pinheiro (2004) conceitua o termo déficit habitacional como “[...] a noção mais imediata e intuitiva de necessidade de construção de novas moradias para a solução de problemas sociais e específicos de habitação, detectados em um certo momento.”

Como pode-se constatar, existe a urgência da implantação de uma política habitacional voltada para as classes menos favorecidas, pois esta, na maioria das vezes, não possui meios de lutar contra a especulação imobiliária e os altos valores da terra e imóveis no país.

## **2.2 Sistemas, processos construtivos e tecnologia**

Alguns termos, bastante usuais, empregados no universo da construção civil possuem múltiplos significados e são utilizados erroneamente como sendo palavras com sentidos semelhantes. Um dos casos mais recorrentes desse erro são os termos: técnica, método, processo e sistema construtivo. Muitos os empregam como sinônimos, no entanto, SABBATINI (1989) faz um esforço para elucidar tais conceitos. Seguindo seus passos, para esta pesquisa, foi consultado o Moderno Dicionário da Língua Portuguesa (MICHAELIS, 1998), que os define como:

- Técnica: “Conjunto dos métodos e pormenores práticos essenciais à execução perfeita de uma arte ou profissão.”
- Método: “Conjunto dos meios dispostos convenientemente para alcançar um fim e especialmente para chegar a um conhecimento científico ou comunicá-lo aos outros.”
  - Processo: “Série de ações sistemáticas visando a certo resultado.”
  - Sistema: “Conjunto ou combinação de coisas ou partes de modo a formarem um todo complexo ou unitário.”

Outro termo importante a que convêm conceituar é tecnologia, tendo em vista que este se associa ao sistema construtivo e seus processos (sequência de atividades necessárias para obtenção de um componente). Entender-se-á tecnologia como “[...] o conjunto organizado de todos os conhecimentos – científicos, empíricos ou intuitivos, empregados na produção e comercialização de bens e serviços.” (LONGO, 1984)

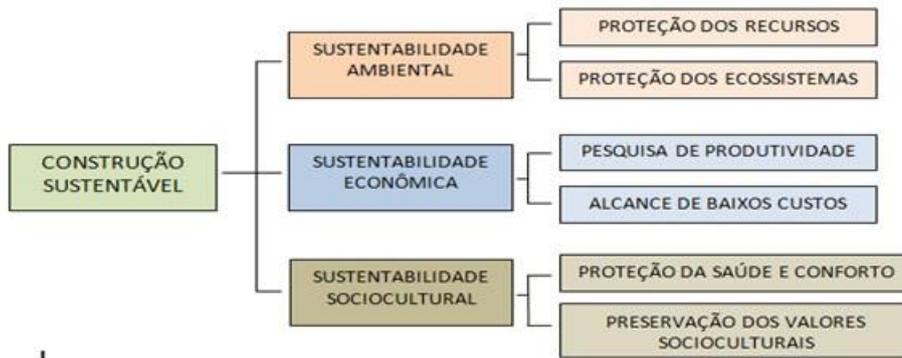
Entendidos os conceitos, esta pesquisa elaborou a catalogação de diferentes sistemas construtivos, como forma de identificar o leque de opções tecnológicas e os processos executivos a serem empregados em cada etapa da construção.

## **2.3 Sustentabilidade**

O termo sustentabilidade deve conciliar os aspectos sociais, econômicos e ambientais, pois de acordo com Vahan Agopyan:

O tripé ambiente-economia-sociedade deve ser considerado de uma maneira integrada, pois, do contrário, não teremos um desenvolvimento sustentável: o desafio é fazer a economia evoluir, atendendo às expectativas da sociedade e mantendo o ambiente sadio para esta e para as futuras gerações.” (AGOPYAN,2011)

Na construção civil cada uma dessas dimensões é definida pela tentativa de causar o menor impacto possível ao ecossistema e, em contrapartida, trazer benefícios econômicos e sociais para todos os integrantes do processo: os empreendedores, os operários e para aqueles que farão uso das edificações. A figura 1 traz a interpretação de Niklaus Kohler sobre a definição de construção sustentável:



**Figura 01: As três dimensões da construção sustentável.**

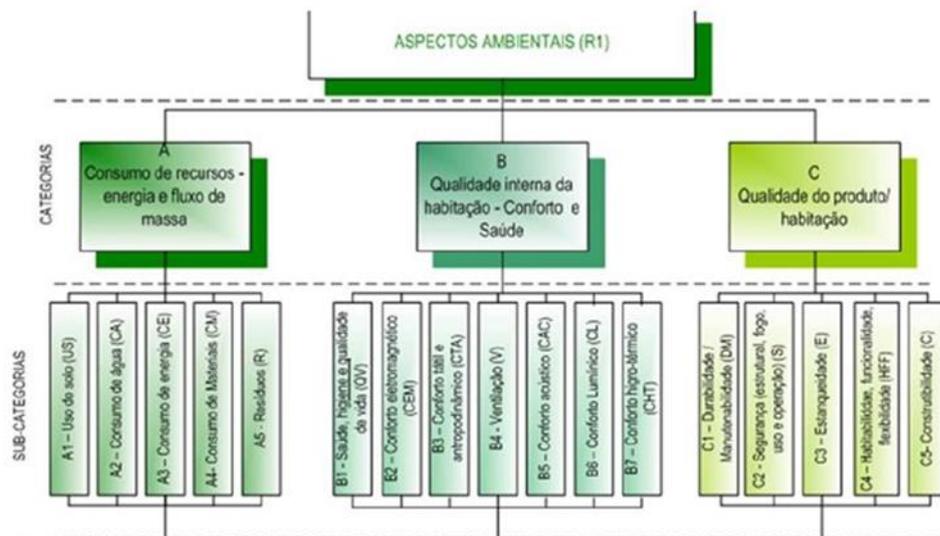
Fonte: Kohler, 1999.

## 2.4 Modelos para avaliação da sustentabilidade

A metodologia para avaliação de sustentabilidade em HIS, elaborada por Michelle Carvalho em 2009, denominada MASP-HIS, foi escolhida para o desenvolvimento da última etapa da pesquisa, por ser uma metodologia que permite calcular os aspectos ambientais, sociais e econômicos de cada processo construtivo.

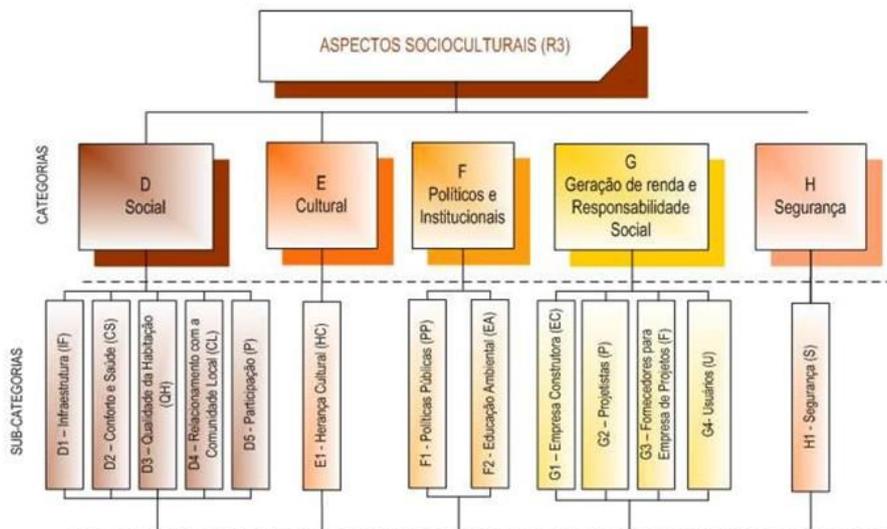
Cada um dos aspectos, acima listados, se divide em categorias e sub-categorias que precisam ser analisadas individualmente e nos dão resultados parciais a respeito do processo construtivo analisado. Os resultados parciais obtidos para cada aspecto são somados para obter o índice de sustentabilidade do projeto.

A metodologia MASP – HIS permitiu que fossem observadas as exigências mínimas que deveriam ser atendidas pelos sistemas construtivos para que a sustentabilidade fosse alcançada em futuros projetos de HIS.

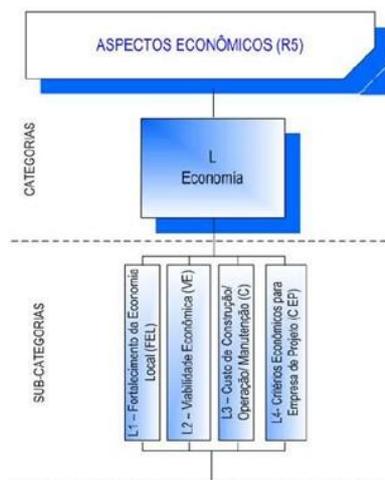


**Figura 02: Aspectos ambientais para análise dos projetos completos de edificação.**

Fonte: Carvalho, 2009.



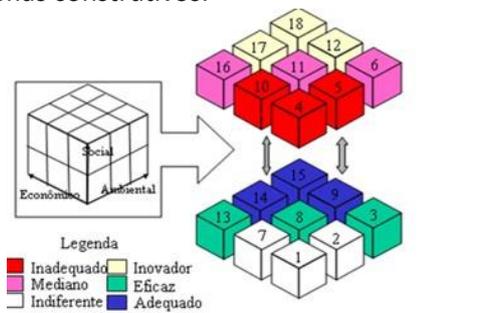
**Figura 03: Aspectos socioculturais para análise dos projetos completos de edificação.**  
 Fonte: Carvalho, 2009



**Figura 04: Aspectos econômicos para análise dos projetos completos de edificação.**  
 Fonte: Carvalho, 2009.

Outra metodologia de avaliação que foi tomada como base, para que os sistemas construtivos fossem avaliados, foi o Modelo ESA –MOD, desenvolvido pela pesquisadora Lisiane I. Librelotto em 2012, que busca fornecer um modo quantitativo e qualitativo de avaliar a sustentabilidade de modelos funcionais nas dimensões econômica, social e ambiental.

Desse modelo foram retiradas premissas para a elaboração da tabela de avaliação da sustentabilidade dos sistemas construtivos.



**Figura 05: Aplicação do Modelo ESA – ESA MOD.**  
 Fonte: Librelotto, 2012.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa de tecnologias, sistemas construtivos e tipologias habitacionais para Habitação de Interesse Social, para um contexto emergencial e definitivo, surge da necessidade de propor um projeto de HIS para atendimento de catástrofes, dentro do estado de Santa Catarina, que atenda os preceitos da sustentabilidade e que ainda seja capaz de aliar agilidade de construção, viabilidade econômica e conforto para pessoas que estejam ou tenham passado por situações de risco.

Para que o objetivo deste projeto fosse alcançado, definindo qual o sistema construtivo mais adequado para a implantação de projetos de HIS, a partir da análise da sustentabilidade das tecnologias, a execução de uma série de atividades se fez necessária:

ATIVIDADE 1 – Foi realizada a seleção de tecnologias, sistemas construtivos e tipologias habitacionais para compor um banco de dados para habitação de interesse social. Os dados levantados foram catalogados em fichas, para que posteriormente as outras atividades da pesquisa pudessem ser desenvolvidas.

O trabalho de catalogação de sistemas construtivos teve início em outra fase da pesquisa, portanto as fichas já possuíam um padrão pré-estabelecido, que foi adotado para a catalogação dos sistemas construtivos naturais, que ainda não haviam sido abordados.

Foram catalogados, até o final desta etapa da pesquisa, 27 sistemas construtivos, sendo que:

- 6 são sistemas construtivos naturais;
- 17 são sistemas construtivos pré-fabricados (concreto, metal, madeira e cerâmica);
- 2 são sistemas construtivos com moldagem “in loco” (concreto);
- 2 sistemas construtivos reutilizam materiais industrializados que seriam descartados;

A lista dos sistemas construtivos catalogados:

1. Construção em Concreto Armado com Revestimento Termo-Acústico em EPS;
2. Protótipo de Habitação Sustentável;
3. Paredes de Concreto Moldadas “in-loco”;
4. Sistema Construtivo em Steel Frame;
5. Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto;
6. Casa com Parede de PVC e Concreto;
7. Módulos e Componentes Pré-fabricados de Madeira;
8. Painéis de Concreto Armado;
9. Painéis de Madeira Revestidos com Argamassa Epóxica;
10. Painéis de Argamassa Armada e Núcleo de Poliuretano Expandido;
11. Painéis de Concreto Celular com Estruturas Metálicas;
12. Painéis de Concreto com Blocos Cerâmicos no Interior;
13. Painéis de Concreto Polimerizado com Baixa Densidade;
14. Estrutura em Concreto Armado com Vedação em Alvenaria;
15. Painéis de Lâminas de Madeira e Chapas de Fibrocimento;
16. Sistema Monolite;
17. Fôrmas Plásticas para Paredes de Concreto;
18. Pré-Fabricados Cerâmicos;
19. Containers;
20. Garrafas de Plástico;
21. Sistema Construtivo em Wood Frame;
22. Fardos de Palha;
23. Superadobe;
24. Hiperadobe;
25. Taipa de Pilão;

26. Pau-a-Pique;

27. Alvenaria de Bloco de Solo-Cimento.

As fichas de todos os sistemas construtivos que foram catalogados estão disponíveis para acesso no Portal Virtuhab, que é um site, originalmente criado no Google Sites e, por falta de memória, migrado para dentro do sistema Páginas UFSC. O portal pretende proporcionar aos estudantes e pesquisadores contato com os projetos desenvolvidos por diferentes pesquisadores, em sua maioria ligados ao Grupo de Pesquisa SEACon, dentro do conceito de Tecnologias Sustentáveis.

O site contém trabalhos que já foram finalizados e outros em andamento, links com artigos e periódicos que foram produzidos por integrantes do grupo de pesquisa, divulgação de eventos, entre outros.

Atualmente o site vem sendo reformulado para que possa abrigar mais conteúdo.



Figura 06: Layout atual do site Portal Virtuhab.

Fonte: Portal Virtuhab.

ATIVIDADE 2 – Essa atividade consistiu na coleta de dados sobre os sistemas construtivos catalogados, a fim de embasar a avaliação da sustentabilidade destes e na proposição de uma tabela que permitisse ordenar os dados coletados, e assim concluir a avaliação.

A partir das metodologias de avaliação, apresentadas no referencial teórico, se fez possível a obtenção de alguns critérios qualitativos principais que deveriam ser levados em conta na avaliação da sustentabilidade para a determinação sistema construtivo que atenderia de maneira mais eficiente a população do estado de Santa Catarina, que necessita de habitação de maneira emergente.

Chegou-se a um total de 17 critérios a quais os sistemas construtivos deveriam responder:

1. Preço de aquisição do material;
2. Porcentagem de aproveitamento do material;
3. Gasto energético para produção e execução;
4. Gasto de água para produção e execução;
5. Resíduos gerados durante a produção e execução;
6. Tempo de fabricação e execução da obra com o material;
7. Fornecedores na região;
- 8.- Capacitação de mão-de-obra na região;
9. Possibilidade de reciclagem do material usado;
10. Possibilidade de reaproveitamento do material usado;
11. Conforto térmico;

12. Conforto acústico;
13. Durabilidade / Manutenção;
14. Segurança (estrutural, fogo, uso e operação);
15. Flexibilidade / Funcionalidade;
16. Construtibilidade;
17. Custo de construção / operação / manutenção.

Os sistemas construtivos foram avaliados, um por um, de acordo com os critérios levantados, da seguinte maneira: para cada um dos requisitos atribuíram-se notas que poderiam variar de 1 até 4, sendo 1 ponto: requisito não cumprido ou cumprido de maneira insatisfatória (requisito com desempenho abaixo do esperado), 2 pontos: requisito cumprido de maneira satisfatória (requisito com desempenho igual ao esperado), 3 pontos: requisito com bom desempenho (requisito com desempenho acima do esperado), 4 pontos: requisito com muito bom desempenho (requisito com desempenho muito acima do esperado).

Alguns itens do levantamento tiveram suas notas atribuídas através de comparativo com o modo de construção convencionalmente empregado no estado, a alvenaria de blocos cerâmicos.

ATIVIDADE 3 - Desenvolvimento de alguns modelos físicos, em escala reduzida, em canteiro experimental ou na maquetaria, para posterior avaliação de sustentabilidade.

Nesta pesquisa, está em fase de conclusão um modelo, na escala 1:10, de uma residência que emprega o sistema construtivo constituído por perfis de aço e placas de PVC, cujo início de desenvolvimento se deu em pesquisa de iniciação científica anterior.

Outros dois modelos já elaborados, também em outras pesquisas (o primeiro utilizando container e outro em superadobe) foram utilizados como objetos de avaliação.

ATIVIDADE 4 – O acompanhamento do desempenho dos modelos funcionais executados foi realizado apenas no que se refere ao teste de flutuação da casa que utiliza o sistema construtivo em container (em pesquisa anterior), análise da colocação de mobiliário no modelo em superadobe e montagem da modulação da casa de PVC.

ATIVIDADE 5 – As atividades acima descritas deram origem a confecção de relatórios de pesquisa e permitiram a preparação de publicações para participação em eventos.

Pretende-se a participação da bolsista no Congresso P&D, através da exposição de banner, sob o título: “A importância da confecção de modelos físicos para a concepção de projetos de Habitação de Interesse Social (HIS)”.

ATIVIDADE 6 – A elaboração do plano de implementação das propostas para áreas de risco, no contexto emergencial e preventivo, ainda não foi desenvolvida.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Catalogação das fichas dos sistemas construtivos**

As fichas são padronizadas e trazem os seguintes dados sobre os sistemas construtivos:

- 01) Conceito;
- 02) Fundação;
- 03) Estrutura;
- 04) Vedação;
- 05) Instalações elétricas e hidráulicas;
- 06) Aberturas;
- 07) Cobertura;
- 08) Acabamento;

09) Propriedades (observações);

10) Referências.

A imagem abaixo ilustra a disposição de montagem das fichas, que estão disponíveis para consulta no Portal Virtuhab.



Figura 07: Modelo de ficha catalogada.

Fonte: Portal Virtuhab.

A respeito dos sistemas construtivos em terra, que foram atualizados na última etapa da pesquisa, pode-se observar que eles estão aos poucos retornando ao cenário nacional da construção civil, após um período em que este tipo de sistema construtivo perdeu espaço para os sistemas industrializados, que eram vistos como materiais mais privilegiados e foram fortemente adotados pelas classes socioeconômicas mais altas. No entanto, os sistemas construtivos em terra apresentam qualidades que dificilmente são alcançadas por outros sistemas, e fatores como o baixo custo para serem adquiridos, a rápida execução do projeto sem a necessidade de mão de obra especializada, se adequando ainda as normas de desempenho térmico e acústico e permitindo grande variabilidade de layout, têm garantido que a terra reapareça como uma boa opção a ser adotada como material de construção.

## 4.2 Avaliação da Sustentabilidade

A maioria dos sistemas analisados neste trabalho já foi empregada na prática, demonstrando sua viabilidade. Com todos os dados sobre os sistemas construtivos catalogados em mão, surgiu a necessidade de se definir qual a melhor metodologia a ser empregada para avaliá-los, para então chegar a um veredicto da proposta que traria resultados satisfatórios para atender rapidamente a demanda por habitações, de maneira sustentável.

As metodologias de avaliação tomadas como base para a proposição dos critérios a serem atendidos pelos sistemas construtivos, MASP-HIS (CARVALHO, 2009) e ESA- MOD (FERROLI E LIBRELOTTO, 2012), foram apresentadas na revisão bibliográfica.

O resultado da avaliação da sustentabilidade foi organizado através de duas tabelas, a primeira possui o levantamento sobre o desempenho dos sistemas construtivos, com as respostas para cada um dos critérios formulados e a segunda tabela contém a conversão das respostas, da tabela anterior, em números, possibilitando assim que no final da pesquisa o resultado quantitativo da sustentabilidade de cada sistema construtivo catalogado fosse obtido.

	1	2	3	4	5
Preço de aquisição do material. R\$	Preço m <sup>2</sup> eps: mais de 12 reais	Baixo custo	R\$ 800	Pouca diferença para o valor do m <sup>2</sup> convencional	0,90 - 1,00 bloco. Baixo custo
Porcentagem de aproveitamento do material %	Ausência de desperdícios na obra. Blocos contados	Economia de recursos e redução de desperdícios (menos de 1%)	Redução de desperdícios na obra.	Ausência de desperdícios;	Redução de resíduos na construção e de perdas incorporadas à obra
Gasto energético para produção	A utilização do isopor como isolamento térmico permite poupar energia que, durante a vida útil do edifício, pode chegar a ser centenas de vezes superior à energia consumida durante a sua fabricação. Demais componentes da obra demandam alto gasto energético para produção.	Baixo consumo de energia para industrialização da madeira	Elevado	Elevado, perfis de aço	Menor consumo de água e energia na construção
Gasto de água para produção	Elevado	Praticamente não utiliza água para sua construção	Elevado	Mínima utilização de água no processo construtivo	Menor consumo de água e energia na construção

**Figura 08: Tabela de sistemas construtivos e critérios de sustentabilidade.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela a seguir contém os resultados finais da Avaliação de Sustentabilidade, com os sistemas construtivos catalogados e as pontuações alcançadas por cada um deles:

SISTEMA CONSTRUTIVO	NOTAS
1. Construção em Concreto Armado com Revestimento Termo-Acústico em EPS	51
2. Protótipo de Habitação Sustentável	57

3. Paredes de Concreto Moldadas "in-loco"	52
4. Sistema Construtivo em Stell Frame	51
5. Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto	46
6. Casa com Parede de PVC e Concreto	59
7. Módulos e Componentes Pré-fabricados de Madeira	57
8. Painéis de Concreto Armado	55
9. Painéis de Madeira Revestidos com Argamassa Epóxica	54
10. Painéis de Argamassa Armada e Núcleo de Poliuretano Expandido	50
11. Painéis de Concreto Celular com Estruturas Metálicas	50
12. Painéis de Concreto com Blocos Cerâmicos no Interior	45
13. Painéis de Concreto Polimerizado com Baixa Densidade	48
14. Estrutura em Concreto Armado com Vedação em Alvenaria	46
15. Painéis de Lâminas de Madeira e Chapas de Fibrocimento	51
16. Sistema Monolite	54
17. Fôrmas Plásticas para Paredes de Concreto	50
18. Pré-Fabricados Cerâmicos	55
19. Containers	55
20. Garrafas de Plástico	65
21. Sistema Construtivo em Wood Frame	55
22. Fardos de Palha	60
23. Superadobe	61
24. Hiperadobe	63

25. Taipa de Pilão	61
26. Pau-a-Pique	59
27. Alvenaria de Bloco de Solo-Cimento	55

**Tabela 01: Resultado da Avaliação de Sustentabilidade.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a avaliação de sustentabilidade finalizada foi constatado que as notas obtidas pelos sistemas geraram resultados que puderam ser agrupados, por serem bastante semelhantes, para cada uma das situações: sistemas tradicionais empregados no estado, sistemas construtivos pré-fabricados, sistemas construtivos que utilizavam materiais naturais e sistemas construtivos que faziam uso de materiais recicláveis.

Os métodos normalmente empregados no estado são os que atingiram os piores resultados, pois estes possuem grande porcentagem de perda de materiais durante a execução da obra, o que acarreta em uma execução lenta, além disso demandam grande gasto energético e de água e não atendem aos desempenhos térmico e acústico previstos em norma, o que fica bastante evidente ao vivenciarmos grande parte das edificações que existem em nossas cidades.

Os sistemas construtivos pré-fabricados, ou seja, que passam por um processo maior de industrialização perderam pontos na avaliação para o estado de Santa Catarina, pois este estado ainda não conta com uma indústria da construção civil fortalecida, com tantas opções no mercado, como outros lugares do país, critérios como transporte de materiais e mão-de-obra especializada ficaram com notas comprometidas devido a este fato. Além disso, esses sistemas construtivos, para serem produzidos, demandam grande quantidade de água, energia e emitem poluentes para a atmosfera. Os pontos positivos se concentram na parte de segurança estrutural e rapidez de execução

As maiores pontuações foram obtidas pelos sistemas construtivos que fazem uso de materiais naturais, como terra e madeira, e pelos sistemas que reutilizam materiais que seriam descartados. Os sistemas naturais são de fácil e rápida execução, não necessitando de mão de obra especializada, além de não impactarem o meio ambiente em sua extração. Para o estado de Santa Catarina os sistemas naturais perdem ponto com o quesito de manutenção, pois o estado possui alto índice pluviométrico o que influencia na construção de edifícios em terra e madeira, dificultando a conservação.

A maior pontuação, na avaliação de sustentabilidade, foi obtida pelo sistema construtivo que reutiliza garrafas plásticas que seriam descartadas. Este sistema conta com a vantagem da reciclagem, ajudando o meio ambiente, além de fazer uso do concreto, de maneira racional, garantindo maior rigidez e flexibilidade para as construções.

### **4.3 Modelo Experimental – Casa Concreto PVC**

Dentre os sistemas construtivos catalogados até o presente momento, o Sistema de Parede de PVC e Concreto deu origem a um projeto de HIS, para aplicação em situações pós-catástrofe. Esse sistema construtivo pode ser utilizado tanto em situações provisórias, tendo em vista a facilidade de sua montagem e transporte, quanto em situações permanentes, além de estar atrelado aos conceitos de sustentabilidade, devido aos materiais empregados em sua construção, a variabilidade permitida no desenho dos projetos e, conseqüentemente, por atender a demanda de diferentes usuários.

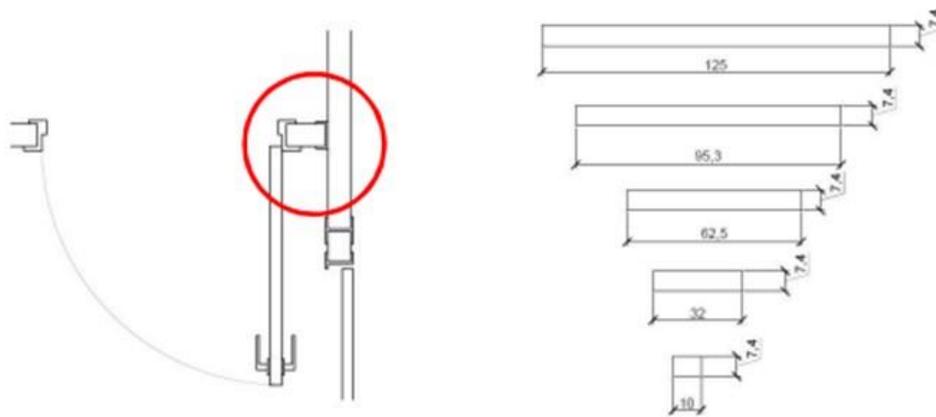
O projeto consiste em uma estrutura Steel Frame, composta por perfis leves de aço formados a frio, e vedação de PVC. O PVC foi escolhido por ser um material leve, de fácil

transporte e manuseio, além de ser modular. Este sistema construtivo é de rápida montagem e pode ser erigido em um terreno provisório, em uma situação pós-catástrofe, e após ser realocado em um terreno definitivo, sem que os elementos que compõe a residência sejam danificados.

O projeto é composto de um núcleo principal, onde se localizam a sala de estar e cozinha, sendo que os demais cômodos podem ser anexados com o decorrer do tempo, permitindo grande variabilidade de layouts, de acordo com as necessidades dos moradores.

Para um estudo mais aprofundado deste sistema construtivo está sendo elaborado no Laboratório de Maquetes (Maquetaria) um modelo físico da Casa Concreto PVC, em escala reduzida 1:10.

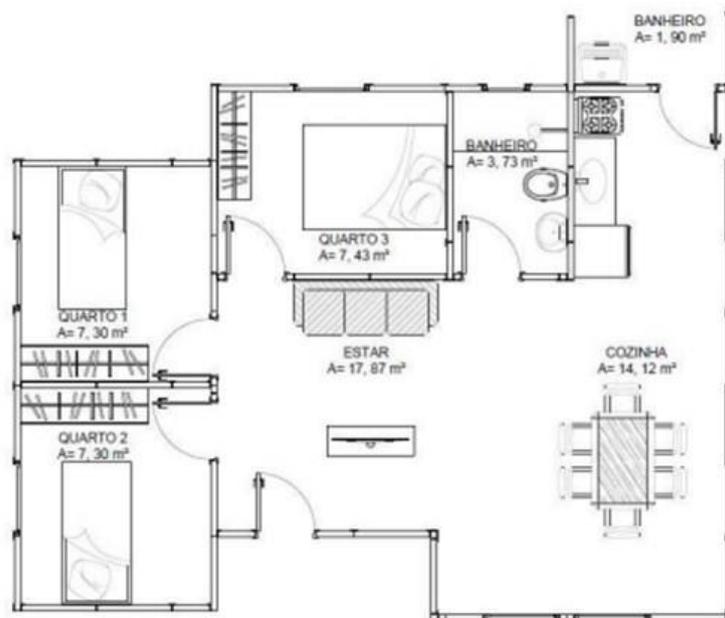
Ao se iniciar a montagem da maquete foi possível constatar alguns problemas de projeto que até o momento haviam passado despercebidos aos olhos dos projetistas. Foi observado que haviam falhas de encaixe entre placas de PVC e a estrutura em aço em alguns pontos do projeto, além de um número excessivo de módulos que dificultavam o processo de execução da residência e entravam em discordância com o conceito da sustentabilidade. Foi a observação do modelo tridimensional que permitiu a tomada de decisões projetuais para que alterações necessárias fossem feitas.



**Figura 09: Problemas diagnosticados no projeto inicial.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Priorizando uma modulação mais apropriada para a construção de habitações em larga escala, de maneira rápida e eficiente, foi optado em se reduzir ao máximo a possibilidade de variação dos módulos das paredes de PVC. O módulo base passou a medir 100 cm e, além deste, foram propostos meio módulos e para acabamento foi utilizado um módulo de 10 cm.



**Figura 10: Casa Concreto PVC com anexos de ambientes, com alterações de modulação.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

A residência possui 7 cômodos, sendo que a sala de estar e a cozinha são integradas, e os quartos podem acomodar até duas pessoas.

Como foi possível constatar, a utilização dos modelos físicos traz parâmetros que auxiliam no lançamento dos projetos arquitetônicos para HIS e nas suas etapas de desenvolvimento à execução. Lançando mão desse artifício as residências podem obter um nível superior de qualidade, tendo em vista que os problemas podem ser solucionados ainda na etapa de projeto, aliados a economia, sustentabilidade e racionalidade de uso dos materiais, portanto espera-se que até o encerramento da pesquisa também sejam produzidas maquetes de projetos de HIS que envolvam os outros sistemas construtivos catalogados.



**Figura 11: Maquete da Casa Concreto PVC, em execução.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outros dois modelos físicos, que utilizam sistemas construtivos catalogados e avaliados nessa pesquisa, já foram elaborados em pesquisas anteriores.

O primeiro é um modelo de habitação em superadobe, projetado pela mestrandia Clarissa Armando.



**Figura 12: Modelo em escala reduzida do projeto de habitação em superadobe.**

Fonte: Armando, 2014.

O segundo modelo é de uma casa flutuante, desenvolvida para implantação em locais que ocorram enchentes, produzida a partir da reutilização de containers.



**Figura 13: Habitação em container.**

Fonte: Batista, 2012.

Desses três modelos físicos que já foram produzidos, aquele que demonstrou estar em maior acordo com o conceito de sustentabilidade foi a residência de superadobe, tendo em vista que esta utiliza um material abundante, e que não possui gastos energéticos, de água ou emissão de poluentes para a atmosfera em nenhuma de suas etapas desde a extração do material até a execução do projeto propriamente dito.

Os outros sistemas construtivos, de PVC e Container, por serem industrializados acabam perdendo pontos naqueles quesitos que o superadobe possui melhores resultados. A fabricação de seus elementos traz gastos energéticos, de água, emite poluentes para a atmosfera e gera resíduos, no entanto, os elementos industrializados têm a praticidade de poderem ser empregados em terrenos acidentados, suportarem as maiores cargas mecânicas e resistirem por mais tempo às intempéries sem que seja necessária uma manutenção

constante.

Observa-se a necessidade de que seja feito um estudo caso a caso do contexto ambiental, social e econômico do lugar onde o projeto será implantado, para que este atenda de maneira satisfatória a população local.

## **5. RESULTADOS**

Com a pesquisa finalizada foi possível observar que o Brasil ainda possui um longo caminho para trilhar, tanto na esfera da habitação de interesse social quanto na da sustentabilidade. As políticas habitacionais brasileiras devem se adequar às novas realidades e exigências da população e do meio ambiente, favorecendo o debate da sustentabilidade para que esta seja adotada como aspecto fundamental no desenvolvimento das cidades e dos componentes que a estruturam.

Por mais que todos os sistemas construtivos catalogados possuam vantagens quando comparados aos métodos tradicionais adotados na construção civil brasileira, como redução de perdas e agilidade na construção, a tentativa de determinar o mais adequado para a execução de HIS de caráter emergencial é de extrema importância devido ao impacto que esses empreendimentos costumam causar no meio ambiente e na qualidade de vida da população que passa a ocupar as residências.

Quanto a execução dos modelos físicos, pode-se concluir que a utilização desta ferramenta traz parâmetros que auxiliam no lançamento dos projetos arquitetônicos para HIS e nas suas etapas de desenvolvimento à execução. Lançando mão desse artifício as residências podem obter um nível superior de qualidade, tendo em vista que os problemas podem ser solucionados ainda na etapa de projeto, aliados a economia, sustentabilidade e racionalidade de uso dos materiais.

Alguns questionamentos surgiram e outros não puderam ser respondidos durante este um ano de pesquisa, algumas vezes por falta de tempo, outras por não existir recursos suficientes. Os sistemas construtivos que responderam mais satisfatoriamente a avaliação da sustentabilidade ainda necessitam de longos períodos de estudo, portanto deixa-se como sugestão para pesquisas futuras a busca por métodos de industrialização dos sistemas construtivos em terra e o aprofundamento dos estudos com as garrafas PET e demais materiais recicláveis que poderiam estar sendo reutilizados na construção civil.

A oportunidade de participar de um projeto de pesquisa durante a graduação foi fundamental para o amadurecimento na vida acadêmica, permitindo a agregação de conhecimento na área de tecnologias e de sustentabilidade na construção civil. A pesquisa trouxe novos desafios e situações para o meu dia-a-dia, como lidar com páginas virtuais, ter a possibilidade de escrever artigos acadêmicos e participar de eventos onde há grande troca de conhecimento. As dificuldades encontradas no processo me permitiram aprender a lidar com o desconhecido, além de me colocar diante de novas responsabilidades e me ensinaram a manejar melhor o meu tempo. Portanto, a participação no projeto me oportunizou crescimentos tanto na minha vida como universitária, quanto para minha vida pessoal.

## REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. **Introdução à gestão habitacional**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M.; GOLDEMBERG, José. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

ARMANDO, Clarissa. **Construção com Terra**. Apresentação realizada no 2º workshop do Grupo SEACon. UFSC, 2014.

BATISTA, Bruna. **Estudos de projetos de moradias para população atingida por catástrofes**. SEPEX. UFSC, 2012

CARVALHO, Michele T. M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto**. Brasília, 2009. Tese (Doutorado).

CENSO. **Déficit habitacional no Brasil**. Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações. Municípios Selecionados e Microrregiões Geográficas. Belo Horizonte, 2004.

CENSO. **Déficit habitacional municipal no Brasil**. Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações. Belo Horizonte, 2013.

CONZALES, L. **Maquetes: a representação do espaço no projeto arquitetônico**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

**Declaração Universal dos Direitos Humanos – DUDH**. Assembleia Geral da ONU, adotada e proclamada pela resolução 217 A (III) da Assembléia Geral das Nações Unidas, 1948.

**Inflação registrada pelo INPC/IBGE**. Disponível em: [http://portaldefinancas.com/inpc\\_ibge.htm](http://portaldefinancas.com/inpc_ibge.htm). Acesso em: março de 2014.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Catálogo de processos e sistemas construtivos para habitação**. São Paulo: IPT, 1998.

KOHLER, Niklaus. **The relevance of Green Building Challenge: an observer's perspective**. Building Research & Information nº 27 pp. 309 - 320, Routledge, 1999.

LARCHER, José V. M. **Diretrizes visando melhoria de projetos e soluções construtivas na expansão de habitações de interesse social**. Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós Graduação em construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômicas, social e ambiental (ESA): aplicação o setor de edificações**. Florianópolis: PPGEP, UFSC, 2005. (tese de doutorado)

LONGO, W.P. **Tecnologia e Soberania Nacional**. São Paulo: Nobel/Promocet, 1984

MALPAS, Peter; **Housing and the new Welfare State. Conference Transforming Social Housing**. Sheffield: Hallam University, HSA, 2004.

PENNA, Elô. **Modelagem –modelos em Design**. São Paulo: Catálise, 2002.

ROAF, Susan; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RODRIGUES, Arlete M. **Os movimentos sociais urbanos e a questão da moradia**. Boletim de Geografia, Rio Claro, v. 22, n.44, p. 173-176, 1992.

SABATTINI, Fernando H; AGOPYAN, Vahan. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) – PCC.

#### **NORMAS TÉCNICAS DE REFERÊNCIA**

ABNT NBR 15.575:2013 – Edificações Habitacionais - Desempenho