

Aplicação das ferramentas FEAP-SUS, FEM e ESA em modelo funcional de escala reduzida

P.C.M. Ferroli^a, L.I. Librelotto^b

^aferroli@cce.ufsc.br

^aDepartamento de Expressão Gráfica, CCE - Centro de Comunicação e Expressão, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

^bPrograma de Pós-Graduação em Arquitetura, CTC - Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

Resumo

Projetar requer criatividade, senso de gerenciamento, grande capacidade de síntese e conhecimentos gerais e específicos sobre a área de projeto. O profissional projetista precisa utilizar-se cada vez mais de metodologias e ferramentas de projeto de modo que possa englobar todos os fatores relevantes, priorizando os principais, sem negligenciar nenhum. Isso exige atitude multidisciplinar, envolvendo várias áreas do conhecimento e obrigando o projetista a possuir uma boa capacidade de gerenciamento das informações (gestão do design). A questão ambiental está inserida nesse contexto e sua eficaz gestão somente é possível tratando-se esta de modo amplo, incorporando as questões econômica, social e ambiental de forma integrada. Para isso, diversas metodologias e ferramentas foram criadas, algumas ainda em fase de experimentação e validação. Esse artigo apresenta a aplicação de três destas novas ferramentas: FEAP-SUS, FEM e ESA-MOD em um modelo funcional de escala reduzida.

Palavras-chave: Ferramentas Projetuais, Sustentabilidade, Design, Protótipos, Modelos.

FEAP-SUS, FEM and ESA tools application in a small scale functional model

Abstract

Designing demands creativity, sense of management, major synthesis capacity, broad and specific knowledge about the project's field. In order to approach all relevant aspects of a project not neglecting any, the professional designer needs to make use of designing methodologies and tools more and more. This demands a multidisciplinary attitude, by seeking and managing information of various fields of knowledge (design management). The environmental approach is inserted in this context and it can be efficiently managed, as long as it is considered widely, integrated with economic and social issues. With this aim, many methodologies and tools were developed. Some of them are still being experimented and validated. This paper presents the results of the application of three of these tools - FEAP-SUS, FEM e ESA-MOD – in a small scale functional model.

Keywords: Designing Tools, Sustainability, Design, Prototypes, Models.

1. INTRODUÇÃO

Na atividade projetual é bastante conhecida a importância do emprego de modelos e protótipos. A evolução do processo de desenvolvimento de um produto passa por uma série de tomadas de decisões, crucial em determinados momentos. A construção de modelos e protótipos fornece respostas confiáveis, pois diferente do ocorrido no ambiente virtual, permite a experimentação física, onde a equipe de projeto interage com o produto utilizando todos os seus sentidos.

No ambiente atual, a atividade projetual evoluiu em virtude, sobretudo, do encurtamento drástico do ciclo de vida da maioria dos produtos preteridos por constantes novos lançamentos antes de estarem efetivamente obsoletos. Esse fato tornou a atividade projetual um desafio, no sentido de

que é importante, em espaço de tempo limitado, a observação de muitos critérios, todos considerados relevantes a um bom projeto de produto.

Diversos são os instrumentos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis. Conforme comentam Manzini e Vezzoli (2008) as abordagens do tipo LCA (*Lyfe Cycle Assessment*), como, por exemplo, o Eco-it (dentre tantos outros) são, muitas vezes, usadas apenas para avaliação de produtos já existentes (redesign). Outro fato que ocorre é a dificuldade de se obter determinados dados/informações exigidos pelo programa, tornando seu uso deficiente e pouco objetivo. Isso é particularmente observado em pequenas empresas, nas quais o investimento em recursos (tecnológicos, humanos, de capital, etc.) torna muito difícil a

aplicação de um programa completo de LCA. O resultado disto pode ser uma análise superficial, não confiável da realidade.

Baseando-se nesta problemática, objetivando prover empresas de menor porte e menores recursos de capacidade analítica, favorecendo a tomada de decisão correta em momentos cruciais, a pesquisa mostrada neste artigo apresenta três ferramentas de aplicação simples, que podem fornecer dados referentes a sustentabilidade de determinado produto, ainda em fase projetual, utilizando para isso de informações de fácil obtenção em bancos de dados já disponíveis nas próprias organizações onde serão aplicadas.

A validação da abordagem foi realizada na análise de um modelo funcional de escala reduzida, construído no laboratório da universidade com o objetivo de testar a funcionalidade de determinados elementos do projeto.

2. BREVE DESCRIÇÃO DAS FERRAMENTAS EMPREGADAS

2.1 Sustentabilidade em design de produtos

Ecodesign já foi definido como um “ponto de encontro” entre a atividade de projeto e o ambiente. O termo é bastante difundido porque é, sobretudo, autoexplicativo: é um projeto orientado por critérios ecológicos. Porém, os fatores ecológicos representam apenas uma parcela de todo conjunto de requisitos necessários para um projeto completo: “[...] o termo design diz respeito ao conjunto de atividades projetuais que compreende desde o projeto territorial, também o projeto gráfico, passando ainda pelo projeto de arquitetura até os bens de consumo.” (MANZINI, VEZZOLI, 2008, p. 76).

Com isso são considerados como fatores essenciais para um bom projeto de produto: fatores fabris e de produção; fatores sociais e de mercado; fatores ergonômicos e de segurança; fatores estéticos e de estilo aplicado; fatores econômicos; e fatores ecológicos e ambientais.

De certa forma, essas considerações remetem a própria evolução a respeito da inclusão da problemática ambiental no design de produtos, conforme mostra a figura 1:

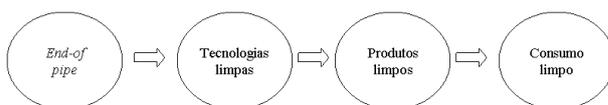


Figura 1: Evolução das abordagens de ecodesign.
Fonte: adaptada de Manzini e Vezzoli (2008).

Da referida figura, entende-se:

- *End of pipe*: tratava basicamente do tratamento da poluição, focando-se na tentativa de neutralizar os efeitos ambientais negativos gerados por determinadas atividades produtivas.
- *Tecnologias limpas*: baseia-se em uma interferência nos processos produtivos que geram a poluição.
- *Produtos limpos*: baseia-se no redesign dos produtos com objetivos claramente ambientais.
- *Consumo limpo*: aborda novos comportamentos sociais, onde ocorre a procura por produtos e serviços vistos como ecologicamente corretos.

Portanto, na análise evolutiva pode-se definir como design industrial (na sua mais atual concepção) a atividade que deve unir o tecnicamente possível com o ecologicamente

necessário. Isso faz surgir quatro níveis de interferência no projeto de produtos voltado ao meio-ambiente: redesign ambiental do existente; projeto de novos produtos ou serviços que substituam os atuais; projeto de novos produtos-serviços intrinsecamente sustentáveis; proposta de novos cenários que correspondam ao estilo de vida sustentável.

2.2 Apresentação da Ferramenta de Projeto para Escolha de Materiais – (FEM)

Conforme já citado, no contexto atual existem dois aspectos relevantes ao design: a redução do ciclo de vida dos produtos e a grande complexidade com que estes se constituem. Isso exige uma abordagem multidisciplinar, desde a concepção até o descarte. Assim, a inclusão da variável sustentabilidade proporciona uma nova dinâmica na atividade projetual, onde os fatores ergonômicos, sociais, mercadológicos, fabris, estéticos e ambientais passam a ser discutidos e incorporados no projeto na busca pelo chamado consumo limpo. A Ferramenta para Escolha de Materiais (FEM) tem por objetivo contribuir para que o produto gerado esteja “equilibrado” entre os fatores relacionados. A busca deste equilíbrio pode representar a solução, simples e ao mesmo tempo complexa, da aplicação da sustentabilidade, na sua forma mais ampla, geral e harmoniosa e proporcionará com que os materiais utilizados na fabricação do produto estejam adequados, considerando-se os grupos de fatores, proporcionando uma redução dos recursos envolvidos, sociais, econômicos e ambientais. (LIBRELOTTO et al, 2012).

A experiência demonstrou que a sustentabilidade não diz respeito apenas à parte física do produto (que envolve basicamente o aspecto econômico e ambiental), mas sofre forte influência do fator “social”. Essa abordagem, representada pelo modelo ESA - sustentabilidade econômica, social e ambiental (LIBRELOTTO, 2009) lenta levar ao consumo limpo, ou seja, na prática, representa a união entre todas as abordagens anteriormente descritas.

A Ferramenta para Escolha de Materiais (FEM) foi adaptada do método MAEM-6F de Ferroli (2009). A utilização da presente ferramenta proporciona com que os materiais utilizados na fabricação do produto estejam equilibrados entre fatores: fabris, econômicos, ambientais, sociais, ergonômicos e estéticos.

A partir de Rozenfeld *et al* (2006) e Back *et al* (2008), pode-se afirmar que uma quantidade significativa de produtos lançados no mercado não consegue obter o retorno esperado devido a presença de “problemas” de ordem econômica, social, fabril, ergonômica, estética ou ambiental. Deste enfoque, é consenso que, quando se projeta um novo produto, a não observação atenta das influências embutidas em um destes “problemas” de projeto pode gerar um produto final incompleto, ou seja, bem projetado do ponto de vista estético, mas com custo muito alto, por exemplo. Os interrelacionamentos entre os fatores acontecem em uma relação de causa e efeito, como ilustra a figura 2, onde desdobram-se os fatores fabris (para exemplificação). Assim, observando-se a referida figura, nota-se que a mudança ocorrida no sistema fabril poderá causar modificações que extrapolam o chão-de-fábrica.

Conforme mostrado pela figura, a ferramenta FEM aborda seis grupos de fatores que influenciam qualquer projeto de produto. Obviamente que, dependendo do produto em questão, os fatores terão grau de relevância diferenciado; porém, em nenhum produto, algum dos fatores terá grau nulo de importância.

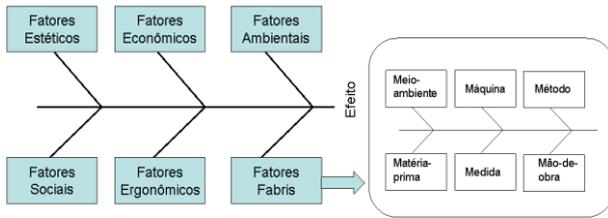


Figura 2: Desdobramento primário do processo fabril de produtos.

A FEM objetiva proporcionar aos projetistas uma maior segurança na escolha dos materiais de seus produtos, visto que estes, em geral, não são especialistas ambientais, econômicos ou de mercado (por exemplo). No entanto, não se pode esperar que consultem especialistas toda vez que surgir um problema de projeto. Eles necessitam de maneiras objetivas e confiáveis para determinar, com o máximo de exatidão possível, que tipo de implicações suas escolhas acarretarão. Deste modo, a FEM procura estabelecer relações entre os fatores importantes para uma boa escolha dos materiais, conforme ilustra a figura 3, que mostra o momento de aplicação da ferramenta no processo e desenvolvimento de um produto.



Figura 3: FEM no processo de desenvolvimento de produtos.

Orientando-se somente pela figura 3, percebe-se que o processo é confuso, por isso, foi necessário a utilização de quadros auxiliares, que permitem à equipe uma classificação

numérica de cada material. A ferramenta abrange seis fatores e cada um foi desdobrado em seis elementos, exceto os fabris, totalizando 35 fatores. Observa-se que algumas questões abordam o mesmo tema, de forma diferenciada.

Por exemplo, *aquisição de máquinas* é tema de questões do item *máquina* e também do item *meio-ambiente*; ambos pertencentes aos *fatores fabris*. Isto demonstra a inter-relação entre os desdobramentos de cada fator. O item *máquina* também é analisado no subitem *investimentos*, pertencente aos *fatores econômicos*, demonstrando a inter-relação também existente entre os grupos de fatores. Assim como o item *máquina* (usado para exemplificação), outros são considerados em diferentes fatores e desdobramentos. A tabela 1 mostra uma das questões abordadas pelo método para exemplificação. Na prática, todas as questões são respondidas para cada material analisado conforme mostra a tabela 2, que apresenta um exemplo prático. As tabelas completas podem ser consultadas em Ferroli (2009).

Tabela 1: Exemplo de questões utilizadas pela FEM. Fonte: Librelotto *et al* (2012).

A empresa possui as máquinas necessárias para a fabricação do produto em seu parque fabril?	
<input type="checkbox"/> 80% a 100% das máquinas necessárias fazem parte do parque fabril da empresa.	3
<input type="checkbox"/> 50% – 79% das máquinas necessárias fazem parte do parque fabril da empresa.	2
<input type="checkbox"/> Menos de 50% das máquinas necessárias fazem parte do parque fabril da empresa.	1
Pontuação:	

Para cada desdobramento, o usuário poderá optar em classificar o peso do critério em muito forte (3), forte (2) ou fraco (1). A colocação dos pesos é de responsabilidade da equipe de projeto, não tendo obrigatoriedade. Na análise comparativa, quanto maior for o valor obtido pelo material analisado, mais adequado este estará.

Observa-se na tabela 2 que cada fator possui um conjunto de questões, variando de 9 a 13. Para cada material é construída uma planilha e nesta são abordados os itens A.E. (alternativa escolhida), P.F. (peso do fator) e P x A, que representa a multiplicação. No final, o material mais adequado será o que tiver o maior valor. Na tabela 2, esse valor é 312, que representa a soma das totalizações dos seis fatores. Esse produto específico foi comparado com outros dois materiais: alumínio, que teve pontuação final de 309 e madeira transformada do tipo MDF, que teve pontuação final de 278. A ferramenta demonstrou, portanto, que o plástico era o material mais adequado para o projeto.

Tabela 2: Exemplo de aplicação do quadro completo da FEM. Fonte: Librelotto *et al* (2012).

FEM: Ferramenta para Escolha de Materiais. Planilha de análise de materiais.																			
Material analisado:				Grupo: Polímero						Sub-grupo: plástico industrial família das poliolefinas									
FATORES	Fatores fabris			Fatores sociais			Fatores econômicos			Fatores estéticos			Fatores ergonômicos			Fatores ambientais			
	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	
1	1	1	1	2	1	2	3	3	9	2	2	4	2	2	4	3	3	9	
2	3	1	3	2	1	2	2	3	6	2	2	4	2	2	4	2	3	6	
3	1	1	1	3	1	3	2	3	6	2	2	4	3	2	6	3	3	9	
4	2	1	2	1	1	1	2	3	6	2	2	4	3	2	6	3	3	9	
5	1	1	1	2	1	2	3	3	9	2	2	4	3	2	6	3	3	9	
6	2	1	2	3	1	3	2	3	6	2	2	4	3	2	6	3	3	9	
7	1	1	1	2	1	2	2	3	6	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
8	2	1	2	3	1	3	2	3	6	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
9	3	1	3	2	1	2	3	3	9	3	2	6	3	2	6	2	3	6	
10	1	1	1				2	3	6				3	2	6	2	3	6	
11	2	1	2				2	3	6				3	2	6	2	3	6	
12	2	1	2				1	3	3										
13	2	1	2																
TOTALIZAÇÃO			23			20			78			42			62			87	312

De acordo com o observado na tabela 2 (usada aqui apenas como exemplificação) e nos resultados obtidos até o momento pela aplicação da ferramenta em vários projetos,

pode-se afirmar que a FEM caracteriza-se por uma estrutura de aplicação sistemática, quantitativa em essência, mas que engloba, também, questões qualitativas, proporcionando aos

designers um importante subsídio para tomada de decisão.

2.3 Ferramenta de auxílio ao processo projetual com ênfase na sustentabilidade (FEAP-SUS)

Desde o início do uso da expressão “desenvolvimento ecologicamente correto”, a partir de 1986, academia, sociedade, governos e empresas tem se esforçado no aprimoramento conceitual, objetivando a correta inclusão do fator ambiental no projeto de produtos. A evolução disso foi à necessidade da promoção da sustentabilidade como um todo, alicerçada pelo inter-relacionamento dos fatores econômicos, sociais e ambientais, considerado na tríade da sustentabilidade definida como ESA (Sustentabilidade Econômica, Social e Ambiental) encontrada em Librelotto (2009). Esta, ao ser incorporada ao projeto, objetiva a manutenção do meio-ambiente sem prejuízo do incremento produtivo necessário ao atendimento das necessidades humanas.

De acordo com Manzini e Vezzoli (2008), o design para sustentabilidade somente será verdadeiramente reconhecido se houver uma constante avaliação das implicações ambientais que são relacionadas com as possibilidades projetadas de ordem técnica, econômica e social, além de levar em consideração todos os condicionantes que determinam o ciclo de vida do produto. A maior parte dos métodos disponíveis na bibliografia (BACK *et al*, 2008; ROZENFELD *et al*, 2006, dentre outros) costuma abordar todo o processo de desenvolvimento de produtos, ou seja, basicamente projeto conceitual, preliminar e detalhado, inseridos dentro do ciclo de vida do produto. Neste contexto, a questão da sustentabilidade, embora citada e definida sempre com algo importante, tende a passar quase que despercebida no intrincado volume de fatores relevantes a serem considerados. A gestão destes fatores (processo de design) deverá buscar a harmonia entre a satisfação das necessidades dos clientes e a preservação do planeta.

Kano (FERROLI, 2009) estabelece um modelo no qual divide os chamados desejos dos clientes em três categorias de qualidade abrangidas (figura 4). Os níveis de desejos dos clientes são proporcionais à qualidade final do produto,

estabelecendo-se: qualidade obrigatória, de desempenho e de excitação.



Figura 4: Modelo Kano (FERROLI, 2009).

Para o desenvolvimento da ferramenta fez-se uma correlação do proposto por Kano com o Método Paramétrico de Design (MENEZES, 2001), que separa basicamente as necessidades dos clientes em deveres e desejos. Desse modo, a qualidade obrigatória foi considerada como dever. Para essa, o não estabelecimento de algum de seus critérios leva a eliminação da alternativa (na ferramenta: dever de grau 1). A qualidade de desempenho também é considerada como dever; no entanto, o não atendimento de algum de seus critérios não é, neste instante, motivo de eliminação da alternativa (na ferramenta: dever de grau 2). Os itens “desejos” são os últimos a serem considerados.

Para mostrar a viabilidade da ferramenta, esse item apresenta um estudo de caso, realizado em uma máquina utilizada em um frigorífico. Inicialmente foram levantadas todas as necessidades do público-alvo, em um total de 56 itens. Essas necessidades foram classificadas em dever de grau 1, dever de grau 2 e desejos.

De posse desta classificação e de 12 alternativas geradas, foram eliminadas 4 alternativas que não atendiam a algum requisito classificado como dever de grau 1. As 8 restantes foram então analisadas pelos critérios deveres de grau 2. A tabela 3 mostra parte da aplicação em 3 alternativas e com algumas das necessidades classificadas como grau 2.

Tabela 3: Exemplo de planilha dos itens deveres de grau 2 segundo a FEAP-SUS.

Objetivo: Redesign de máquina para frigorífico											ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 3			ALTERNATIVA 7		
Critérios de avaliação	GUT	Resultado GUT	Sustentabilidade	GUT x SUS	Peso critério (1 a 10)	GUTxSUS	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 3			ALTERNATIVA 7						
							Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final				
Consumo de vapor reduzido	5	45	26	1170	6	7020	8	-3	-21060	10	-1	-7020	9	-2	-14040				
Durabilidade dos componentes	5	125	25	3125	8	25000	8	-3	-75000	8	-3	-75000	9	-2	-50000				
Integridade física da matéria-prima	1	9	17	153	9	1377	8	-3	-4131	4	-7	-9639	9	-2	-2754				
Rapidez de processamento	3	27	21	567	5	2835	8	-3	-8505	7	-4	-11340	6	-5	-14175				
Evitar queima da farinha	5	75	25	1875	3	5625	5	-6	-33750	7	-4	-22500	6	-5	-26125				
Higienização entre as cargas	5	45	21	945	4	3780	8	-3	-11340	9	-2	-7560	9	-2	-7560				
Materiais resistentes a corrosão	5	75	24	1800	9	16200	9	-2	-32400	5	-6	-97200	9	-2	-32400				
TOTALIZAÇÃO:									-202216			-253054			-172141				

Observa-se na referida tabela que alguns critérios e algumas alternativas foram “escondidos” para melhor visualização. Um aspecto relevante a ser observado é o fator

FC que aparece logo após a nota que cada alternativa obteve em um critério específico. Esse fator serve para que a alternativa obtenha um resultado final negativo, que será

subtraído do resultado positivo obtido na tabela dos desejos. Desse modo, o resultado final (da aplicação da ferramenta, e não da tabela) será positivo e seqüencial, ou seja, quanto maior o resultado obtido melhor. Outro aspecto de destaque é a aplicação da ferramenta GUT, cujos critérios de aplicação são mostrados na tabela 4. Essa ferramenta foi incorporada a FEAP-SUS para que se possam priorizar os critérios conforme necessário. O GUT foi adaptado de diversas versões disponíveis na bibliografia.

Tabela 4: GUT usado na FEAP-SUS.

G – Gravidade	U – Urgência	T – Tendência
5 Falta é considerada muito grave	Após o lançamento do produto será urgente um redesign	Tendência do mercado é de praticamente todos os modelos atenderem ao quesito (+ de 90%)
3 A falta é considerada de média gravidade	Estima-se um redesign após um prazo de 3 a 6 meses do lançamento do produto	A tendência do mercado é de que em torno de 50% dos modelos existentes atendam ao quesito
1 A falta é considerada de pouca gravidade	Não há uma estimativa à médio ou curto prazo da necessidade de um redesign	Poucos modelos (até 20%) disponíveis no mercado atendem ao quesito

Os critérios da sustentabilidade são analisados com

base na tabela 5. De acordo com o projeto, cada variável da sustentabilidade terá peso forte (7 a 10), médio (3 a 6) ou fraco (0 a 2). Os critérios são somados e após multiplicados pelo valor obtido no GUT.

Tabela 5: Inclusão da sustentabilidade na FEAP-SUS.

Quesito considerado	Sustentabilidade			Soma
	Econômica	Social	Ambiental	

A tabela 6 mostra a aplicação da FEAP-SUS em alguns itens desejos.

Nota-se, portanto, que pela aplicação da ferramenta, a alternativa escolhida é a de número 3, pois apresenta o maior valor final: 461946 (715000 – 253054). Sucintamente, pode-se afirmar que a FEAP-SUS objetiva a redução dos riscos do processo de projeto, contribuindo para a diminuição dos recursos empregados.

Tabela 6: Exemplo de planilha dos itens desejos segundo a FEAP-SUS.

Objetivo: Redesign de máquina para frigorífico												
Critérios de avaliação	Peso critério (1 a 10)	Susten- tabilidade	Peso x Sust.	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 3			ALTERNATIVA 7		
				Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final
Cor adequada	7	4	28	8	100	22400	7	100	19600	7	100	19600
Forma e estilo	6	26	156	6	100	93600	8	100	124800	7	100	109200
Regulagem automática	10	18	180	6	100	108000	8	100	144000	9	100	162000
Auxílio para retirada farinha	9	23	207	2	100	41400	5	100	103500	4	100	82800
Material auto lubrificante	6	27	162	5	100	81000	8	100	129600	7	100	113400
TOTALIZAÇÃO:						443900			715000			631000

2.4 ESA-MOD – Modelo ESA para análise da sustentabilidade Econômica, Social e Ambiental em Modelos e Protótipos.

Originalmente, o modelo ESA (LIBRELOTTO, 2009) foi aplicado para avaliar o desempenho sustentável de empresas da construção civil. Além da aplicação original realizada pela autora, alguns outros pesquisadores também se utilizaram do modelo ESA, sempre com a temática da construção civil. Librelotto e Ferrolli (2011) testaram o modelo ESA em protótipos e modelos funcionais de produtos, obtendo resultados satisfatórios.

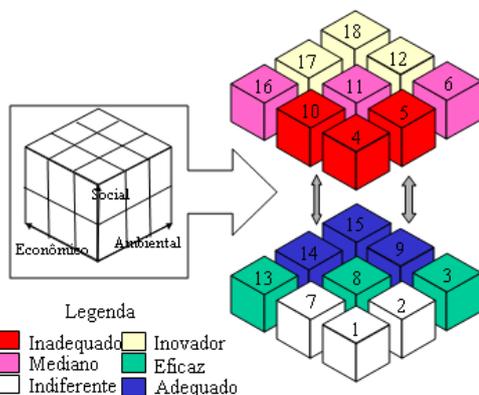


Figura 5: ESA adaptado para análise de modelos e/ou protótipos no design. Fonte: Librelotto et al (2012).

No que se refere à adaptação do modelo ESA para o caso específico de modelos e protótipos, o eixo de desempenho avaliou o critério econômico da sustentabilidade; o eixo da conduta avaliou o critério ambiental da sustentabilidade e o eixo referente as pressões avaliou o critério social da sustentabilidade, conforme ilustra a figura 5. A posição no cubo determina o grau de “sustentabilidade” do modelo segundo uma abordagem ampla, contemplando as três variáveis: econômica, social e ambiental.

Para o caso específico de análise de projetos de produtos foi necessário uma adaptação das nomenclaturas utilizadas no modelo ESA original:

- O termo “pioneira” foi substituído por “adequado”, representando um protótipo construído dentro de princípios modernos de sustentabilidade, considerando-se os critérios econômico e ambiental, já que a questão social não é forte.
- O termo “oportunista” foi substituído por “eficaz”, representando um protótipo construído dentro do esperado do ponto de vista econômico e ambiental, em um ambiente social que não apresenta pressões demasiadas.
- O termo “indiferente” será mantido e representa um protótipo construído em um ambiente com pouca ou nenhuma pressão do ponto de vista social, sendo nele usados materiais comuns, sem a ocorrência de preocupação demasiada dos aspectos ambiental ou

econômico, considerando os materiais utilizados. No entanto, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, não são usados materiais muito caros ou comprovadamente nocivos, por exemplo, ou seja, o produto não inova, mas também não compromete.

Onde as pressões de mercado são maiores, e por isso, as conseqüências equivocadas da escolha dos materiais dos produtos serão mais graves, têm-se as seguintes alterações:

- O termo “derrotada” foi substituído por “inadequado”, representando um protótipo projetado e executado de forma incorreta, com custo muito elevado e utilização de materiais nocivos ao meio ambiente.
- O termo “sofrível” foi substituído por “mediano”, e representa um protótipo que atende parcialmente a questão ambiental e econômica, em um ambiente onde as pressões sociais são elevadas, ou seja, é um produto construído com materiais de preço elevado e de difícil reciclagem e/ou reaproveitamento, por exemplo.
- O termo “responsável” foi substituído por “inovador”, representando um conceito oposto ao inadequado. É um protótipo construído com materiais pré-selecionados, representando uma boa inovação, atendendo aos requisitos de projeto de forma responsável.

Para a classificação dos modelos construídos, os itens considerados para posicionamento no cubo do ESA foram definidos conforme listagem abaixo. Foram então padronizados dois critérios para cada fator: material de confecção do modelo e processo de fabricação e para estes, os valores colocados nas planilhas classificatórias foram relacionados com os seguintes fatores:

- Econômicos:
 1. Material de confecção: preço de aquisição do material (R\$), quantidade de material utilizado (kg), porcentagem de aproveitamento do material considerando dimensões comerciais disponíveis no mercado (%);
 2. Processo de fabricação: quantidade de ferramentas necessárias (unidades); custo de energia elétrica (kwh x custo do kwh, em R\$), tempo de fabricação (minutos);
- Sociais:
 1. Material de confecção: quantidade de fornecedores na região (unidade); disponibilidade do material – tempo de espera para efetivar a compra (dias); existência na região de materiais alternativos (de mesmo custo) na impossibilidade de uso do material de primeira escolha (sim ou não).
 2. Processo de fabricação: geração de renda para a região, ou seja, se a matéria-prima empregada no modelo e/ou protótipo é fabricada na região (sim ou não); quantidade de empresas capazes de fabricar a matéria-prima empregada no modelo e/ou protótipo na região (quantidade); capacitação da mão-de-obra na região especializada na produção da matéria-prima empregada na fabricação (medida de observação qualitativa).
- Ambientais:
 1. Material de confecção: possibilidade de reciclagem do material usado (% de material que pode ser

reciclado); possibilidade de reaproveitamento do material (% de material que pode ser reaproveitado); origem da matéria-prima (virgem, reciclada ou mista).

2. Processo de fabricação: gasto energético total na fabricação (R\$); quantidade de subprodutos sem utilidade gerados no processo fabril (kg); quantidade de subprodutos que podem ser vendidos para reciclagem ou reaproveitamento gerados no processo fabril (kg).

Na aplicação do ESA, as notas foram atribuídas mediante comparações quantitativas e qualitativas com outros possíveis materiais que poderiam ter sido utilizados para a construção do modelo e/ou protótipo, respeitando-se aos requisitos técnicos e estéticos. Para o preenchimento das planilhas utiliza-se a classificação mostrada na tabela 7.

Tabela 7: Classificação dos critérios segundo o ESA para análise dos modelos e/ou protótipos

Critérios econômicos Critério	Critérios sociais		Critérios ambientais		
	ESA	ESA	ESA	ESA	
Preço de aquisição do material	E1	Quantidade de fornecedores na região	S1	Possibilidade de reciclagem do material usado	A1
Quantidade de material utilizado	E2	Disponibilidade do material – tempo de espera para efetivar compra	S2	Possibilidade de reaproveitamento do material usado	A2
% de aproveitamento do material considerando dimensões comerciais	E3	Existência, na região, de materiais alternativos na impossibilidade de uso do material de primeira escolha	S3	Origem da matéria-prima	A3
Quantidade de ferramentas necessárias	E4	Geração de renda para a região	S4	Gasto energético total na fabricação	A4
Custo de energia elétrica	E5	Quantidade de empresas capazes de fabricar a matéria-prima empregada no modelo (na região)	S5	Quantidade de subprodutos inúteis no processo fabril	A5
Tempo de fabricação	E6	Capacitação da mão-de-obra na região especializada na produção da matéria-prima empregada na fabricação	S6	Quantidade de subprodutos que podem ser vendidos para reciclagem/ reaproveitamento	A6

3. O MODELO USADO PARA ANÁLISE

3.1 Contextualização

Atividade de modelagem, proposta neste artigo, foi utilizada como um auxílio nas tentativas de solucionar um problema maior vinculado ao projeto Tecnologias, sistemas construtivos e Tipologias para Habitações de Interesse Social (HIS) em Reassentamentos. Tal projeto parte do pressuposto de que a problemática da habitação social brasileira agrava-se ao ser considerada a ocorrência de fenômenos climáticos intensos: vendavais, enchentes e deslizamentos. O homem de forma incauta cria problemas a ele mesmo e inverte a responsabilidade culpando a natureza pela destruição de seus bens (ROCHA; LIBRELOTTO, 2010).

Atrelada as questões relativas à ocupação do solo, ou seja, planejar o espaço urbano e eliminar desigualdades sociais surge a questão de propor possíveis soluções emergenciais a fim de minimizar o sofrimento humano, preservando, sobretudo, a vida, e posteriormente, os bens na ocorrência das catástrofes. Assim assumiu-se como foco principal da pesquisa a reconstrução da casa e também a possibilidade de sua execução antes da catástrofe acontecer, a partir do mapeamento de áreas de risco.

Parte-se do contexto das catástrofes para tentar responder as seguintes perguntas: é possível criar um protótipo de residência que atenda critérios, 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 possa ser ampliada e que seja sustentável sem ser onerosa?

De forma geral, resume-se que os critérios e requisitos básicos que um projeto de habitação social para áreas de risco deve atender, são: (ABNT, 2010; KLEIN e LIMA, 2004; KRÜGER, 1998): satisfação dos requisitos de desempenho previstos em normas técnicas: térmico, acústico, estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade à água e durabilidade;

baixo custo; baixo impacto ambiental; baixo nível de energia incorporada; previsão de flexibilidade para adequação ao ciclo de vida familiar; utilização de recursos regionais, 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 empregada (emergencial ou permanente); facilidade de construir ou montar; que tenha pouca manutenção; rapidez na execução; e que possa ser financiada por programas públicos.

Seguindo esta linha, antes de chegar-se a proposição de uma alternativa, foram analisados alguns projetos, protótipos, tipologias e construções existentes como soluções para a HIS. Cada alternativa apresenta vantagens e desvantagens.

A pesquisa catalogou vinte sistemas construtivos de uso permanente e outras possibilidades de abrigo provisórios utilizados ao redor do mundo, que podem ser encontradas em Librelotto *et al* (2012).

3.2 O projeto escolhido para confecção do modelo

3.2.1 Projeto

Em princípio, dois projetos habitacionais, desenvolvidos pelos arquitetos Bruna Batista e Charles Pasinato foram selecionados para confecção dos primeiros modelos. Ambas as propostas, a primeira no contexto de habitações permanentes e a segunda no contexto de abrigos provisórios, evidenciaram o uso de contêineres. Para a construção do modelo funcional em escala reduzida foi escolhido o projeto da arquiteta Bruna Batista, incorporando o uso de contêineres que podem ser transportados, prevendo o uso de tubo de luz, reaproveitamento da água da chuva, sistema de fundação flutuante e um projeto que contempla ampliações futuras. A figura 6 ilustra o projeto.

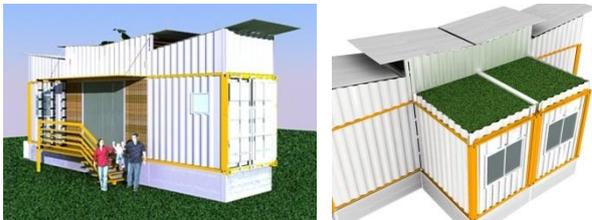


Figura 6: Projeto escolhido para construção do modelo funcional em escala reduzida. Fonte: Librelotto *et al* (2011).

3.2.2 Construção do modelo funcional em escala reduzida

Em razão da complexidade que se teria caso a opção fosse pela construção de um protótipo 1:1, optou-se pela construção de um modelo parcialmente funcional, na escala 1:8, que fosse capaz de fornecer resposta a três quesitos fundamentais do projeto: (a) adequação ergonômica, considerando aspectos físicos (medidas antropométricas, alcances e usabilidade), de conforto de uso (temperatura interna, umidade, insalubridade, dentre outros) e cognitivas (cores, informações, usabilidade após montagem); (b) teste funcional da questão técnica mais relevante, que no caso seria a flutuação do produto; e (c) questões formais, de arquitetura, engenharia e design (envolvendo materiais a serem utilizados, formas, segurança, dentre outros). A figura 7 permite contemplar a estrutura básica do modelo praticamente concluído. No canto direito inferior da figura pode-se ver as sapatas confeccionadas em concreto, que

servirão de guia para testar o funcionamento de flutuação do modelo.

A figura 8 mostra o modelo já finalizado, em exposição na 10ª SEPEX – Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão, que aconteceu na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), em outubro de 2011. Na imagem pode-se notar que o modelo foi posicionado em uma caixa de madeira compensada, com chapas de plástico PMMA de 12 cm de espessura. O fundo foi preenchido com PU expandido simulando o terreno. A escolha foi realizada tendo em vista o peso final que o modelo teria.



Figura 7: Estrutura praticamente concluída do modelo.



Figura 8: Modelo final em exposição na 10ª SEPEX – Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão - UFSC - 2011.

4. FERRAMENTAS APLICADAS AO MODELO

4.1 Aplicação da FEM

A FEM foi aplicada inicialmente para verificar a escolha de possíveis materiais para a construção do modelo. Aplicou-se a ferramenta em quatro pontos fundamentais: no material que seria utilizado para simular a parte metálica do container; no material usado para confecção da estrutura de contenção para simulação da flutuação; no material usado para simulação do terreno; e no material usado para simulação das telhas do container. Esse artigo apresentará a aplicação realizada no material usado para simulação da flutuação.

Em virtude da pressão a que o material seria submetido quando se completasse com água o modelo, os materiais inicialmente escolhidos para a parte de contenção foram o acrílico do tipo PMMA, o policarbonato do tipo Lexan e o

vidro alcalino temperado. Esses três materiais foram testados pelo FEM, cujos resultados são apresentados nas tabelas 6, 7 e 8. Pela análise das planilhas aplicadas na FEM, o material escolhido foi o acrílico PMMA. Nota-se, no entanto, que a diferença foi pequena especialmente na comparação com outro polímero, o PC, que poderia ser utilizado sem

problema. Nas outras aplicações, houve diferenças mais significativas, especialmente quando os materiais escolhidos para análise pertenciam a grupos diferentes. Isso pode ser observado também no caso mostrado neste artigo: o valor alcançado pelo vidro tem uma variação maior.

Tabela 6: FEM aplicada no plástico industrial PC - Lexan

FEM: Ferramenta para Escolha de Materiais. Planilha de análise de materiais.																			
Material analisado:			Grupo: Polímero						Sub-grupo: plástico industrial do tipo policarbonato - Lexan										
FATORES	Fatores fabris			Fatores sociais			Fatores econômicos			Fatores estéticos			Fatores ergonômicos			Fatores ambientais			
QUESTÕES	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	
1	1	1	1	2	1	2	3	3	9	2	2	4	2	2	4	3	3	9	
2	3	1	3	2	1	2	2	3	6	2	2	4	2	2	4	3	3	9	
3	1	1	1	3	1	3	2	3	6	2	2	4	3	2	6	3	3	9	
4	2	1	2	3	1	3	2	3	6	2	2	4	3	2	6	3	3	9	
5	1	1	1	2	1	2	3	3	9	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
6	2	1	2	3	1	3	2	3	6	2	2	4	3	2	6	3	3	9	
7	1	1	1	2	1	2	2	3	6	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
8	2	1	2	3	1	3	2	3	6	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
9	3	1	3	2	1	2	3	3	9	3	2	6	3	2	6	2	3	6	
10	1	1	1				2	3	6				3	2	6	2	3	6	
11	2	1	2				2	3	6				3	2	6	2	3	6	
12	2	1	2				1	3	3				3	2	6	2	3	6	
13	2	1	2										3	2	6	2	3	6	
TOTALIZAÇÃO	23			22			78			44			62			90			319

OBS: A.E. = alternativa escolhida
P.F. = peso do fator
P x A = peso da alternativa

Tabela 7: FEM aplicada no plástico industrial acrílico – PMMA

FEM: Ferramenta para Escolha de Materiais. Planilha de análise de materiais.																			
Material analisado:			Grupo: Polímero						Sub-grupo: plástico industrial do tipo acrílico (PMMA)										
FATORES	Fatores fabris			Fatores sociais			Fatores econômicos			Fatores estéticos			Fatores ergonômicos			Fatores ambientais			
QUESTÕES	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	
1	3	1	3	2	1	2	3	3	9	3	2	6	1	2	2	2	3	6	
2	3	1	3	2	1	2	3	3	9	3	2	6	2	2	4	2	3	6	
3	3	1	3	3	1	3	3	3	9	3	2	6	3	2	6	2	3	6	
4	2	1	2	1	1	1	3	3	9	3	2	6	2	2	4	3	3	9	
5	2	1	2	2	1	2	3	3	9	2	2	4	2	2	4	3	3	9	
6	2	1	2	3	1	3	3	3	9	3	2	6	3	2	6	2	3	6	
7	3	1	3	3	1	3	1	3	3	3	2	6	3	2	6	2	3	6	
8	2	1	2	3	1	3	2	3	6	3	2	6	3	2	6	2	3	6	
9	3	1	3	2	1	2	3	3	9	3	2	6	2	2	4	2	3	6	
10	3	1	3				3	3	9				2	2	4	2	3	6	
11	3	1	3				2	3	6				2	2	4	2	3	6	
12	3	1	3				3	3	9				2	2	4	2	3	6	
13	3	1	3										2	2	4	2	3	6	
TOTALIZAÇÃO	35			21			96			52			50			72			326

OBS: A.E. = alternativa escolhida
P.F. = peso do fator
P x A = peso da alternativa

Tabela 8: FEM aplicada no vidro alcalino temperado

FEM: Ferramenta para Escolha de Materiais. Planilha de análise de materiais.																			
Material analisado:			Grupo: Vidros						Sub-grupo: vidro alcalino submetido ao processo de tempera termica										
FATORES	Fatores fabris			Fatores sociais			Fatores econômicos			Fatores estéticos			Fatores ergonômicos			Fatores ambientais			
QUESTÕES	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	A. E.	P. F.	P x A	
1	2	1	2	2	1	2	2	3	6	2	2	4	2	2	4	2	3	6	
2	3	1	3	2	1	2	1	3	3	3	2	6	3	2	6	2	3	6	
3	2	1	2	1	1	1	2	3	6	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
4	2	1	2	1	1	1	1	3	3	3	2	6	1	2	2	3	3	9	
5	2	1	2	2	1	2	2	3	6	2	2	4	3	2	6	2	3	6	
6	2	1	2	3	1	3	3	3	9	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
7	2	1	2	3	1	3	2	3	6	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
8	2	1	2	3	1	3	2	3	6	3	2	6	3	2	6	3	3	9	
9	3	1	3	2	1	2	2	3	6	3	2	6	2	2	4	2	3	6	
10	3	1	3				1	3	3				3	2	6	2	3	6	
11	3	1	3				2	3	6				3	2	6	2	3	6	
12	3	1	3				2	3	6				3	2	6	2	3	6	
13	3	1	3										3	2	6	2	3	6	
TOTALIZAÇÃO	32			19			66			50			58			81			306

OBS: A.E. = alternativa escolhida
P.F. = peso do fator
P x A = peso da alternativa

4.2 Aplicação da FEAP-SUS

A ferramenta FEAP-SUS foi usada em outra fase do projeto, no objetivo de determinação de características essenciais vinculadas ao projeto, considerando as alternativas geradas. Embora o projeto estivesse com várias características já desenvolvidas, a construção do modelo funcional proporcionou a oportunidade de testar alguns fundamentos extremamente necessários ao produto final. Para a referida construção, foram geradas seis alternativas que permitiam visualizar e testar os problemas propostos. As análises necessárias foram classificadas conforme a ferramenta em deveres de grau 1, deveres de grau 2 e desejos, na configuração mostrada na tabela 9.

Tabela 9: análise primária para aplicação da FEAP-SUS

Requisito	Classificação FEAP-SUS	Requisito	Classificação FEAP-SUS
Permitir o estudo antropométrico	Dever de grau 1	Permitir o estudo de biomecânica	Dever de grau 1
Permitir o estudo de usabilidade aplicada	Dever de grau 2	Permitir medição de conforto térmico	Desejo
Permitir medição de usabilidade relativa	Desejo	Permitir medição de insalubridade	Desejo
Permitir estudo de cores e possíveis aplicações	Dever de grau 2	Permitir estudo de usabilidade após montagem	Dever de grau 2
Permitir o teste funcional de flutuação	Dever de grau 1	Permitir o uso de materiais o mais próximo possível do real	Dever de grau 2
Permitir interferências na forma após montagem	Dever de grau 2	Permitir variações de funcionalidade	Dever de grau 2
Permitir análise da segurança	Dever de grau 2		

Das seis alternativas inicialmente sugeridas, duas foram refutadas por não permitirem a análise de um ou mais itens classificadas como dever de grau 1. As quatro restantes foram submetidas as etapas posteriores de aplicação da ferramenta, conforme demonstra a tabela 10.

De posse dos dados, o próximo passo é mostrado na tabela 11 (análise dos quesitos classificados como deveres de grau 2), onde se procedeu inicialmente a análise global utilizando-se o GUT e posteriormente a análise individual de cada alternativa. Terminada essa etapa, realizou-se a análise final dos critérios classificados como desejos, mostrados na tabela 12.

Tabela 10: Determinação da sustentabilidade relativa de cada quesito.

Quesito considerado	Sustentabilidade			Soma
	Econômica	Social	Ambiental	
Permitir o estudo da usabilidade aplicada	8	5	8	21
Permitir medição do conforto térmico	7	9	8	24
Permitir medição de umidade relativa	7	8	7	22
Permitir medição de insalubridade	9	6	6	21
Permitir estudo de cores e possíveis aplicações	5	7	8	20
Permitir o estudo da usabilidade após montagem	8	7	8	23
Permitir o uso de materiais o mais próximo possível do real	8	8	8	24
Permitir interferências na forma após montagem	9	8	7	24
Permitir variações de funcionalidade	7	9	9	25
Permitir análise da segurança	9	9	9	27

Subtraindo-se dos valores encontrados na tabela 12, os valores encontrados na tabela 11, tem-se que a melhor alternativa projetual para o modelo foi a de número 4.

Tabela 11: Análise dos quesitos deveres de grau 2.

Objetivo: Modelo funcional																		
Critérios de avaliação	GUT	Resultado GUT	Sustentabilidade	GUT x SUS	Peso critério (1 a 10)	GUT x SUS	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3			ALTERNATIVA 4		
							Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final
Permitir o estudo da usabilidade	3	45	21	945	7	6615	7	-4	-26460	9	-2	-13230	6	-5	-33075	8	-2	-13230
Estudo de cores e aplicações	1	3	20	60	3	180	6	-5	-900	8	-3	-540	7	-4	-720	7	-4	-720
Estudo da usabilidade após Montag.	5	45	23	1035	9	9315	8	-3	-27945	8	-3	-27945	7	-4	-37260	10	-1	-9315
Uso de materiais pr. ao real	5	75	24	1800	10	18000	7	-4	-72000	7	-4	-72000	6	-5	-90000	7	-4	-72000
Interferências na forma após Montag.	5	75	24	1800	8	14400	8	-3	-43200	9	-2	-28800	8	-2	-28800	9	-2	-28800
Permitir variações de funcionalidade	1	9	25	225	6	1350	9	-2	-2700	10	-1	-1350	8	-3	-4050	10	-1	-1350
Permitir análise de segurança	5	45	27	1215	8	9720	8	-3	-29160	9	-2	-19440	10	-1	-9720	7	-4	-38880
TOTALIZAÇÃO:									-202365			-163305			-203625			-164295

Tabela 12: Análise dos quesitos desejos.

Objetivo: Projeto de modelo funcional															
Critérios de avaliação	Peso critério (1 a 10)	Sustentabilidade	Peso x Sust.	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3			ALTERNATIVA 4		
				Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final	Nota (1-10)	Fator (FC)	Valor final
Medição conf. térmico	9	24	216	5	100	108000	4	100	86400	8	100	172800	7	100	151200
Medição umid. relativa	7	22	154	5	100	77000	6	100	92400	6	100	92400	7	100	107800
Medição de insalubridade	8	21	168	4	100	67200	7	100	117600	6	100	100800	9	100	151200
TOTALIZAÇÃO:						252200			296400			366000			410200

4.3 Aplicação do ESA-MOD

A última etapa consistiu na aplicação do ESA-MOD. Neste momento, já se tinha definido pela FEM os principais

materiais que seriam usados no modelo, bem como a forma final do modelo definido pela aplicação do FEAP-SUS. Restava agora uma análise da sustentabilidade final do modelo após

construído, ou seja, testar os materiais escolhidos neste quesito. Dos materiais escolhidos pela FEM, esse artigo apresenta a análise realizada na construção das sapatatas. Para isso, foi necessário separar-se em duas análises, a primeira referindo-se ao material de construção das formas, onde as opções eram madeira de compensado, papelão do tipo couro e madeira natural do tipo Pinus.

Na segunda análise, considerou-se o material para preenchimento das sapatatas, testando-se concreto, gesso e resina de poliéster com opções. A figura 9 mostra uma etapa da construção desta parte do modelo. O ESA-MOD foi usado em dois momentos: na escolha do material de confecção das formas e na escolha do material que preencheu as formas. As tabelas 13 e 14 mostram a aplicação do ESA-MOD. Os dados foram coletados durante o mês de Outubro de 2011.



Figura 9: Construção das sapatatas.

Tabela 13: Aplicação do ESA-MOD adaptado para determinação da sustentabilidade do material das formas.

APLICAÇÃO DO MODELO ESA - MODELO FUNCIONAL EM ESCALA REDUZIDA - Testando sustentabilidade madeira de compensado														
	CRITÉRIOS ECONÔMICOS				CRITÉRIOS SOCIAIS				CRITÉRIOS AMBIENTAIS					
	Papelão couro	Madeira compensado	Madeira Pinus	Nota	Papelão couro	Madeira compenado	Madeira Pinus	Nota	Papelão couro	Madeira compensado	Madeira Pinus	Nota		
E1	R\$ 25,00	R\$ 12,00	R\$ 14,00	5,00	S1	3	6	15	9,00	A1	100%	80%	100%	9,00
E2	180 g	335 g	322 g	7,00	S2	1	1	1	8,00	A2	0%	0%	30%	3,00
E3	66%	75%	89%	9,00	S3	vários	vários	vários	8,00	A3	reciclada	mista	virgem	2,00
E4	6	5	5	8,00	S4	não	sim	sim	8,00	A4	R\$ 4,46	R\$ 4,39	R\$ 3,82	8,00
E5	R\$ 0,35	R\$ 0,44	R\$ 0,23	4,00	S5	0	3	8	8,00	A5	10%	20%	10%	8,00
E6	56 min	46 min	37 min	8,00	S6	não há	pouco	pouco	6,00	A6	0%	0%	20%	4,00
Média				6,83					7,83					5,67

Tabela 14: Aplicação do ESA-MOD para determinação da sustentabilidade do material de preenchimento.

APLICAÇÃO DO MODELO ESA - MODELO FUNCIONAL EM ESCALA REDUZIDA - Testando sustentabilidade material de preenchimento - concreto														
	CRITÉRIOS ECONÔMICOS				CRITÉRIOS SOCIAIS				CRITÉRIOS AMBIENTAIS					
	Concreto	Gesso	Resina Poliéster	Nota	Concreto	Gesso	Resina Poliéster	Nota	Concreto	Gesso	Resina Poliéster	Nota		
E1	R\$ 17,00	R\$ 15,00	R\$ 45,00	7,00	S1	28	26	2	10,00	A1	100%	100%	0%	9,00
E2	560g	430 g	280 g	5,00	S2	1	1	4	8,00	A2	100%	100%	0%	9,00
E3	100%	100%	67%	9,00	S3	vários	vários	nenhum	9,00	A3	virgem	virgem	virgem	5,00
E4	3	3	8	8,00	S4	não há	não	não	8,00	A4	R\$ 2,46	R\$ 3,45	R\$ 18,33	10,00
E5	R\$ 0,23	R\$ 0,65	R\$ 1,25	8,00	S5	0	0	0	8,00	A5	0%	0%	100%	8,00
E6	32 min	34 min	456 min	10,00	S6	não há	não	não	6,00	A6	100%	80%	0%	9,00
Média				7,83					8,17					8,33

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante a aplicação das ferramentas FEM, FEAP-SUS e ESA-MOD em um modelo funcional de escala reduzida, pode-se enumerar as seguintes conclusões.

Com relação a aplicação da FEAP-SUS, são pontos fundamentais: estabelecimento confiável das necessidades dos clientes; entendimento e correta classificação das NCS em deveres de grau 1, deveres de grau 2 e desejos (segundo-se para isso o modelo Kano); pesquisa junto ao mercado para correta aplicação da ferramenta GUT; determinação dos aspectos de sustentabilidade nas dimensões econômica, social e ambiental; e atribuição das notas de cada alternativa e pesos dos critérios por uma equipe multidisciplinar.

Com relação a aplicação da FEM, comprovou-se que a escolha dos materiais utilizados na confecção de modelos

físicos e/ou protótipos utilizados em design de produtos é mais do que a consideração de atributos técnicos e produtivos. Um bom produto precisa atender necessidades de todos os grupos de usuários, envolvendo aspectos produtivos, econômicos, ergonômicos, sociais, ambientais e estéticos, e os materiais adequados a esse modelo devem estar em conformidade com estes aspectos.

As ferramentas FEAP-SUS e FEM mostraram-se confiáveis para ajudar a selecionar os materiais e as alternativas projetuais, fornecendo informações relevantes a tomada de decisão. Já com relação ao modelo ESA-MOD, originalmente concebido para aplicação na construção civil, mostrou-se capaz de ser adaptado a contento no intuito de fornecer aos projetistas um modo quantitativo / qualitativo de avaliar a sustentabilidade nas dimensões econômica,

social e ambiental. Pela aplicação vista, pode-se enumerar as seguintes considerações:

- a adaptação do modelo ESA desenvolvido por Librelotto (2009) mostrou-se satisfatório para análise dos modelos físicos e/ou protótipos, permitindo uma abordagem global da sustentabilidade;
- o preenchimento correto das planilhas originadas é muito importante. Devido a natureza das variáveis, pequenas oscilações podem alterar o posicionamento do modelo/ protótipo no cubo de classificação, podendo ocasionar conclusões precipitadas e incorretas;
- é necessário um novo estudo propondo ponderação das variáveis sob a forma de pesos, testando-se a ferramenta GUT (Gravidade – Urgência – Tendência) para que se possa analisar caso a caso as particularidades de cada modelo/ protótipo.

As ferramentas aplicadas demonstraram ser úteis aos objetivos propostos. O próximo passo é aplicá-las em novos projetos, em conjunto ou separadamente, em número suficiente para permitir uma análise estatística.

REFERÊNCIAS

- [1]. ABNT. NBR 15575. Avaliação do desempenho de edificações de até cinco pavimentos. Partes 1 a 6. ABNT. Rio de Janeiro, 2010.
- [2]. BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. Projeto Integrado de Produtos – Planejamento, Concepção e Modelagem. Barueri: São Paulo, 2008.
- [3]. BATISTA, Bruna. Tecnologia, Sistemas Construtivos e Tipologias para Habitação de Interesse Social em Reassentamentos. Pôster apresentado na XX SEPEX, Florianópolis, SC, 2011.
- [4]. FERROLI, Paulo Cesar Machado. MAEM-6F (Método Auxiliar para Escolha de Materiais em Seis Fatores): suporte ao design de produtos industriais. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2009.
- [5]. FERROLI, Paulo Cesar Machado e LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Modelagem Física com Instrumento de Análise da Sustentabilidade no Design de Produtos. EGR-CCE-UFSC, 2011 (relatório de pesquisa).
- [6]. KLEIN, D. L., LIMA, R. C. Sistemas Construtivos Inovadores: procedimentos de avaliação. II Seminário de Patologia das Edificações - Novos Materiais e tecnologias Emergentes. 18 a 19 de novembro de 2004 - Salão de Atos II - UFRGS - Porto Alegre – RS.
- [7]. KRÜGER, Eduardo L. Avaliação de Sistemas Construtivos para a Habitação Social no Brasil. Anais VII ENTAC, volume I, pág. 629-636, Florianópolis-SC, 1998.
- [8]. LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; FERROLI, Paulo Cesar Machado; MUTTI, Cristine do Nascimento; ARRIGONE, Geovani. A Teoria do Equilíbrio – alternativas para a sustentabilidade na construção civil. Florianópolis: FAPESC/DIOESC, 2012.(no prelo).
- [9]. LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Modelo para Avaliação de Sustentabilidade na Construção Civil nas Dimensões Econômica, Social e Ambiental (ESA): Aplicação no setor de edificações. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2009.
- [10]. MANZINI, Ezio e VEZZOLI, Carlo. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis – Os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: EdUSP, 2008.
- [11]. MENEZES, L. C. de M. Gestão de Projetos. São Paulo: Atlas, 2001.
- [12]. ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos de; SILVA, Sérgio Luis da; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. Gestão de Desenvolvimento de Produtos – Uma Referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.