

Gramado – RS

De 30 de setembro a 2 de outubro de 2014

EXPERIMENTAÇÃO DE UM PRODUTO A PARTIR DE FERRAMENTAS DA FABRICAÇÃO DIGITAL

PIMENTEL, B. G. S.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
bento.pimentel@ufrgs.br

BRUSCATO, U.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
underlea.bruscato@ufrgs.br

SILVA, R. P.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
régio@ufrgs.br

TEIXEIRA, F. S.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
fabio.teixeira@ufrgs.br

Resumo: Este artigo apresenta considerações sobre o desenvolvimento de produtos, focando em etapas de experimentação e fabricação digital. Durante o processo são obtidas formas de representação digital em 3D e suporte físico, como resultados gerados diretamente por modelagem generativa. Outros métodos foram realizados, tal como: criação através do desenho paramétrico; materialização de protótipos com fabricação por corte a laser, e montagem de mock-ups. Foi verificado também um nível complexo nas relações entre forma, conceito e escala, variáveis importantes nesta investigação do processo do desenvolvimento de produto. Os resultados experimentados contribuíram para uma melhor estruturação dos problemas nas etapas de desenvolvimento de produto, ao servirem como critérios de avaliação e tomada de decisão de design.

Palavras-chave: modelagem generativa, fabricação digital, processo de desenvolvimento de produto

EXPERIMENTATION OF A PRODUCT LEAD BY TOOLS ON DIGITAL MANUFACTURING

Abstract: *This article presents considerations for product development activities, focusing on steps of experimentation and digital fabrication. During the process it obtained results on physical and digital 3D representation, as results directly designed by generative modeling. Other methods were performed, such as creating activity through parametric design, realization of prototypes with manufacturing by laser cutting, assembly and mock-ups. It verified a complex relationship between form, concept and scale, important variables for the investigation on the product development process. Experienced results contributed to a better structuring of problems in stages of product development, to serve as evaluation criteria and design decisions.*

keywords: *generative modelling, digital manufacturing, product development*

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é relatar uma experimentação em design considerando os resultados da prática de projeção, a partir de modelagem utilizando desenho paramétrico no processo de desenvolvimento de produtos, destinados à fabricação digital.

Realizar avaliações no método de desenvolvimento de produto a partir de adição de novas ferramentas é considerado procedimento normativo na atividade de projeção na grande área do design e arquitetura (NARDELLI, 2007), mesmo quando as considerações sobre a estruturação no processo de desenvolvimento de soluções é de difícil conceituação e caracterização (GOEL, 1992).

Dado a evolução nos procedimentos de pesquisa científica e criação de novas ferramentas tecnológicas, uma reavaliação de prioridades estratégicas é realizada em instituições do primeiro e segundo setor, tais quais instituições de ensino em design e empresas que praticam a atividade. É portanto, apresentada a fabricação digital como fator de reavaliação e atualização em tais espaços de exercício e ensino do design, mediante uma compreensão de: Guimarães (2014), apresentando a técnica como advento para uma nova revolução industrial, e em Pimentel, *et al.* (2013b), como indício da relação entre hipermodernidade e novas tendências do design, voltadas á uma maior co-participação social no desenvolvimento de novas tecnologias

O produto final gerado durante o processo de pesquisa como resultado da experimentação é um stand de feira de exposições, dentro de um ambiente informacional que conta com dados mercadológicos, produtivos e teóricos. O processo é marcado pela necessidade de confirmar o desenho - tanto o desenho digital, quanto o feito à mão - como real contribuidor para a tomada de decisão em design em atividades de criatividade e avaliação. O presente artigo está dividido nas seguintes seções: 2) Projeto conceitual; 3) Materiais e métodos a serem explorados durante a investigação; 4) Resultados e discussões a respeito do assunto, e, 5) Notas.

Como início das atividades de projeto informacional, e de posse de linhas-guias gerais baseadas na gestão do design (MOZOTA, 2011), é realizada a análise da

demanda em duas empresas pesquisadas – SANREMO¹ e ATLAS (fig 1) - para a delimitação de requisitos reais para o desenvolvimento de novos produtos, a serem utilizados durante a investigação em desenho a ser realizada.



Figura 1: Organizador SANREMO
Fonte: Sítio da SANREMO (2013)

Junto à análise dos produtos investigados das empresas já enunciadas, e para a delimitação do problema de design, foi analisado o aspecto da comunicação mercadológica impressa das mesmas, com foco na abordagem da cultura organizacional na apresentação do produto denominado Organizador. Dado o aspecto multidimensional do desenvolvimento de produtos conforme descrito por Mozota (2011), a análise mercadológica da comunicação empresarial é considerada elemento de importância crucial no âmbito da venda do produto, mas que não será investigado com detalhes, dado o enfoque experimental em fabricação digital a ser apresentado neste paper.

2. PROJETO CONCEITUAL

Tratando de decisões de projeto em sua fase conceitual, em Haymaker e Welle (2008) são apresentadas considerações sobre a análise de alternativas no processo de design – voltado à investigação em avaliação de etapas conceituais no desenvolvimento de construções. É utilizada a quantidade de tempo, entre o início e final da etapa de projeto informacional, como critério de avaliação em comparação a parâmetros tais quais: i) energia, ii) conforto térmico, e iii) irradiação de luz natural, na tentativa de aumentar o aproveitamento em uma relação inversamente proporcional de *energia versus tempo*.

Sendo *tempo* a unidade métrica para medir a avaliação do processo, é verificado que arquitetos e engenheiros gastam 58% do tempo total no processo de design conceitual, gerindo dados a serem avaliados nesta fase projetual; aplicando práticas de melhorias contínuas na logística de produção (6%); e utilizando 36% do tempo restante aplicando e executando informações desenvolvidas na forma de produto final. Isto acarreta na utilização de um (1) mês de atividades, entre fases de geração e avaliação de uma opção em design, utilizando os métodos típicos disponíveis (HAYMAKER; WELLE., 2008).

A contribuição deste estudo de caso no recorte pretendido aqui, se destina ao aumento da compreensão acerca das variáveis de controle na atividade de projeção dentro do ambiente produtivo, tais quais, *tempo, qualidade e custo* - e sua relação com a construção conceitual do projeto.

Fatores TQC – Tempo, Qualidade e Custo, apresentados por Back e colegas (2000), podem ser entendidos como variáveis de controle dentro de uma prática

¹ www.sanremo.com.br/

reflexiva no desenvolvimento de projetos, portanto, gerindo variáveis de modo a construir um ambiente linear nas organizações, apto a aumentar a produtividade com custo reduzido, e em curto prazo.

Porém, tais variáveis quando maximizadas ao aspecto multidimensional do ambiente informacional, podem adquirir conteúdo de complexidade (MORIN, 2001), conferida ao ambiente dos projetos, em uma compreensão dada a partir da interação entre os fatores, e estâncias para avaliação.

É verificado, portanto, a necessidade em realizar outras formas de manuseio das informações de projeto, tal como a modelagem digital e o desenho paramétrico, de forma a aperfeiçoar a atividade de projeção (NARDELLI, 2007, CELANI, *et al.*, 2008), e até mesmo oferecer material para avaliação do discurso criativo, em seu nível abstrato (HENNESSEY; AMABILE, 2010, BRATTSTRÖM, *et al.*, 2011). Este trabalho pretende apresentar considerações em uma investigação no interstício complementar entre projeção e criatividade, como atividade característica do design, podendo ser explorada através do desenho paramétrico.

2.1 Design paramétrico

A parametrização como método de projeto em meio digital habilitada pelo design e arquitetura, advém de uma transferência iniciada a partir de experiências no meio artístico (Formalismo) e explorada no sentido linguístico (CHOMSKY, 1957), que contribuiu para a expansão das possibilidades na geração de formas, a partir de uma habilitação de seus recursos por meio do design computacional (CELANI, *et al.*, 2006).

Percebe-se sua contribuição para o desenvolvimento de processos construtivos incluindo a utilização da possibilidade de exploração do conteúdo formal complexo e automatizado, a partir de uma base sofisticada de cálculos, como verificado no desenho paramétrico (CELANI, *et al.*, 2006, PIMENTEL e BUENO, 2013), associado ao desenvolvimento de correntes do design contemporâneo (SACHS, 2007).

Acerca deste desenvolvimento, verifica-se uma observação realizada em Nardelli (2007), acerca da necessidade de um afinamento mais aproximado à viabilidade – em termos antropométricos – nos critérios de projeto, e, portanto, plausível de investigação, como necessidade de correlação na forma de parâmetros:

De fato, segundo Oxman (2005), a busca obsessiva por um padrão (modulor) e uma normativa capaz de embasar processos de repetição e reprodução que fundamentaram a Era Mecânica da Industrialização, tem sido substituída na Primeira Era Digital, pela capacidade das novas tecnologias de proporem alternativas significativas ao processo criativo e não apenas por incrementarem processos anteriores, fundamentados sobre uma outra lógica (NARDELLI, 2007, p.30).

A parametria também acompanhou as tendências contemporâneas do design, que em meados do século passou a apresentar emergencialmente uma necessidade de incremento de sua robustez informacional, de forma a lidar com uma grande quantidade de variáveis nos programas de projeto com multidimensionalidade, integrando áreas de pesquisa tal como: i) a investigação das contribuições dos sistemas naturais para o desenvolvimento de artefatos, ii) engenharia genética, e, iii) investigação de práticas ecológicas (SACHS, 2007), de forma simbiótica, coevolutiva (NARDELLI, 2007).

Segundo Lupton e Phillips (2008) o desenho paramétrico é mencionado em

uma relação digital entre bi e o tridimensional, não somente a partir da esfera na aplicação industrial utilizando ambas formas de representação espacial, mas também ao mesclar ambos na forma de tendência ao cambismo no campo do design gráfico, e no desenvolvimento de interfaces e ferramentas em softwares produzidos para a realização das tarefas de design.

O desenho paramétrico pode ser vislumbrado entre os novos fundamentos do design a partir de critérios elaborados por Modulação e Padronagem, dado ocasiões de projeto tais quais: *'Algumas vezes, o processo de decisão pode ser tão desgastante que fica difícil saber por onde começar e quando parar... Uma restrição bem definida pode liberar o processo criativo, ao descartar outras possibilidades'* (LUPTON; PHILLIPS, 2008, p.159).

Sendo assim, o desenho paramétrico é apontado como ferramenta entre os novos fundamentos do design, de modo a apontar a importância da necessidade de relacionar na forma de restrições os critérios de decisão de design com a necessidade de otimização nas operações da atividade projetual. Tal fundamento contribui no campo da arquitetura da informação visual, de forma a propiciar sinergia suficiente às possibilidades na projeção (LUPTON; PHILLIPS, 2008).

O aporte teórico para o desenvolvimento da parametria é apontado entre aspas de Nardelli (2007) em Oxman (2005), em:

- i) Sistemas CAD, um primeiro passo para o rompimento com desenho convencional sobre papel, porém com pouco efeito inicial sobre o processo de projeto;
- ii) “ Formation”, um conceito estabelecido a partir da teoria emergente de projeto que transformou o conceito de forma em conceito de composição associado à topologia (que explora conceitos formais topológicos e a geometria não-Euclidiana), parametrização e animação (transformações morfológicas e de outra natureza, que se multiplicam descontinuamente num contínuo dinâmico);
- iii) Geração: caracterizados pela provisão de mecanismos computacionais por processos gerativos, onde as formas se definem a partir de fórmulas gerativas pré-definidas. Aqui podem ser definidos dois sub-grupos, shape grammars (gramática formal) e modelos evolutivos;
- iv) Performance, determinado pelo desempenho e potencialidade integrados com processos “formation” e de geração a partir de determinantes externas, como questões ambientais, características do sítio, programa, etc. (NARDELLI, 2007, p.7).

Infere-se, portanto, que: a partir desta revisão de literatura e das correntes importantes em desenho digital paramétrico, notam-se duas formas de aplicação – parametrização generativa, e parametrização associativa – caracterizam-se por dedicar-se ao desenvolvimento de rotinas geradas por mecanismos computacionais, possibilitando o alargamento da utilização da gramática da forma, requisito basilar da formação em design de sistemas visuais e produtos. É também conferida à suas funções, a elaboração de novas sintaxes na linguagem computacional, direcionadas à realização nos métodos de fabricação e síntese produtiva.

Esta investigação utilizará tanto a parametrização em ambiente de desenho digital, quanto desenho feito á mão-livre, de maneira a investigar problemas e decisões de projeto, bem como acerca da própria natureza da atividade, dispondo de materiais e métodos de ambos os tipos para a elaboração das reflexões posteriores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando-se que a atividade projetual em design é gerada por processos dinâmicos de ideação (STEINBECK, 2011) - ou seja, pela integração entre processos de geração subjetiva (idéia) e avaliação cunhada por critérios de decisão baseados em necessidades produtivas (ação) - é justificada a aplicação do jogo '*Creative Sketch*' (CARDOZO, 2012). A aplicação de tal ferramenta na geração de ideias tem como objetivo oferecer à atividade criativa um momento de iniciação das atividades, interagindo em grupo conforme apresentado na figura 2.



Figura 2: Foto da aplicação do '*Creative Sketch*'.

Fonte: elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada (2013)

Para a modelagem do projeto, foi utilizado o software Grasshopper, plugin do modelador Rhinoceros, da Robert McNeel and Associates. O software Grasshopper atua como meio pelo qual é possível desenvolver o algoritmo de modelagem explorando as duas hipóteses fortes de parametrização: generativa, pelo desenvolvimento automatizado de geometria e transformações a partir de regras, e, associativa, pela vinculação explícita dos parâmetros de projeto numa rede de conexões, vinculando tais regras (figura 3).

O software Rhinoceros funciona nesta interação como interface, entre desenho digital (solução virtual de projeto), e possíveis modificações paramétricas a serem realizadas na própria ferramenta de desenho (intervenções nos comandos do programa de modelagem), ou seja: possibilita interferir na própria linguagem que o programa dispõe ao designer na etapa de projeção.

Desta forma, abrem-se novas possibilidades de modelagem e interação com o desenho digital, constantemente investigadas e atualizadas no estado da técnica na arquitetura, design e programação, conforme é possível visualizar-se na figura 4, e conforme apontado em Bueno (2008), e em Bruscato *et al.* (2013).

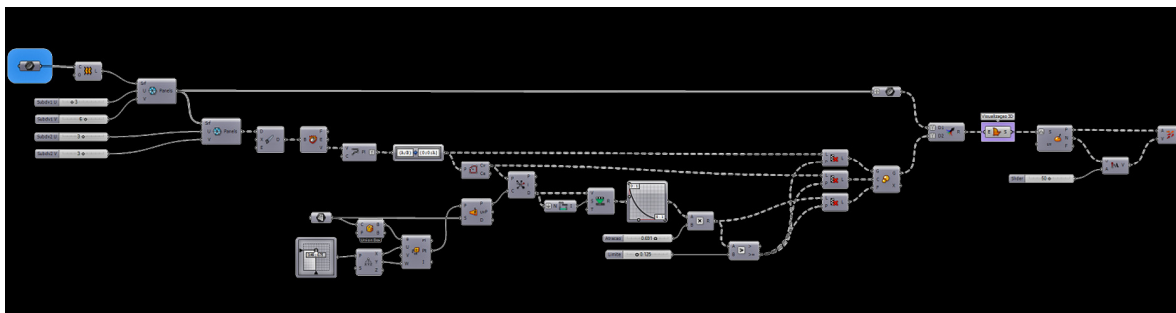


Figura 3: Algoritmo do primeiro modelo gerado parametricamente.
Fonte: elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada (2013)

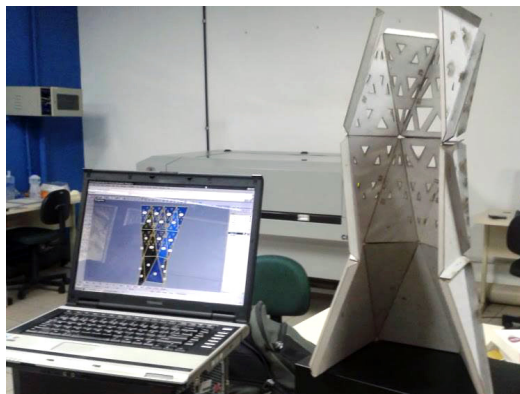


Figura 4: Primeiros modelos gerados em meio digital e impresso
Fonte: elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada (2014)

A etapa de condução do processo iniciou com a relação das restrições paramétricas (figura 5) para compreensão das regras de geração na criação do desenho do modelo de teste, no qual se definiu: i) comportamento da estrutura triangulada (superfície); ii) padrão de furação dos painéis triangulares; iii) ajustes segundo a espessura do material, e iv) estratégias de preparação para fabricação.

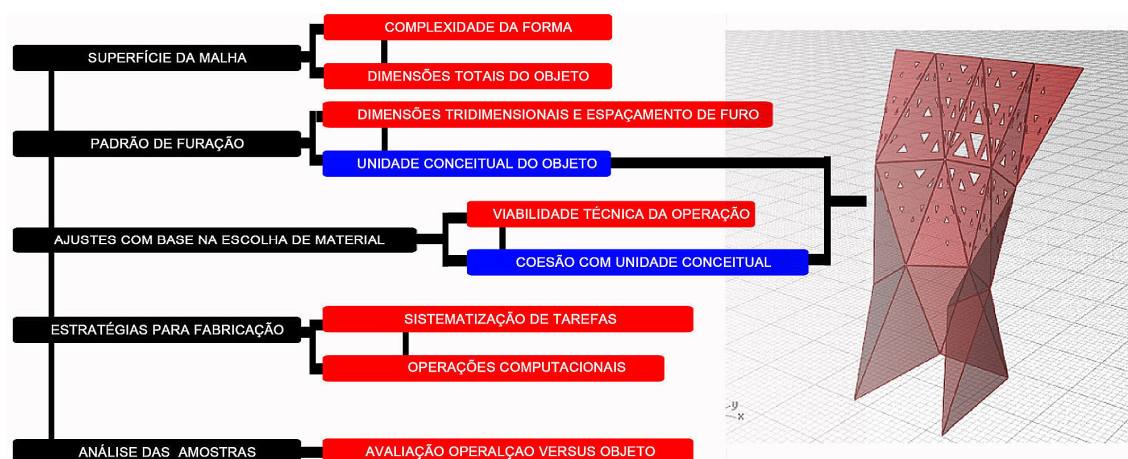


Figura 5: Sistematização informacional para modelo primário gerado parametricamente
Fonte: elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada (2013)

Frente à avaliação deste primeiro modelo exploratório gerado, e mediante uma quantidade verificável de soluções geradas com o '*Creative Sketch*' (CARDOZO, 2012), foi constatado tanto na estruturação primária do problema, quanto no

desenvolvimento da primeira solução durante o projeto, um critério de decisão em design diretamente atrelado ao parâmetro de modelagem, liderado por um problema na escala humana de artefatos.

Percebe-se em acordo com a sistematização de informação acima apresentada na figura 5, que tal constatação se dá em coesão com a complexidade na superfície geométrica desenhada, dado seu âmbito conceitual.

Sendo assim, constatou-se a necessidade de investigar através do desenho à mão-livre, a natureza da relação pictórica entre a geometria gerada pelo primeiro modelo de teste (figura 5), e a escala humana deste artefato, possibilitando desta forma, também contribuir para decisões de design a partir do uso de uma ferramenta mais orgânica, livre e intuitiva (figura 6).

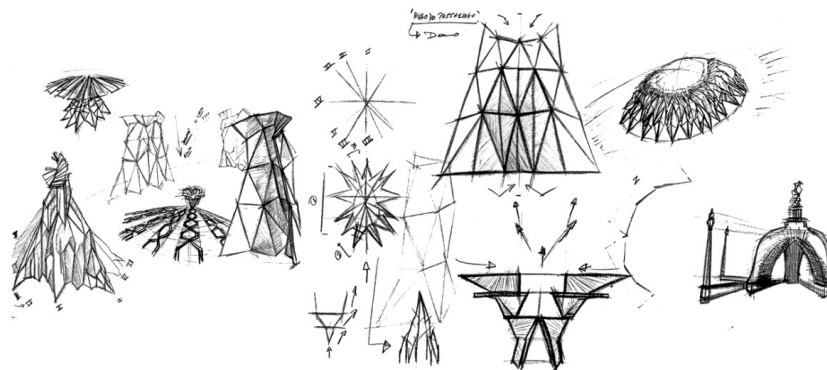


Figura 6 – Investigação da geometria utilizando desenho à mão livre
Fonte: elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada (2013)

A investigação à mão livre trouxe indícios das possibilidades de comportamento modular para a geometria experimental gerada, e possíveis resultados de sua aplicação em escala arquitetônica, confirmando o antagonismo anteriormente verificado na demanda requisitada para a projeção na escala dos artefatos domésticos humanos (figura 7).



Figura 7 – Resultado conceitual final da investigação experimental do projeto
Fonte: elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada (2013)

Acerca da contribuição do desenho para a investigação da resolução de problemas em design, verifica-se que em Goel (1992), a possibilidade em adquirir informações acerca do tipo de estruturação verificada neste ponto do desenvolvimento do projeto, concomitante ao levantamento de um programa de necessidades para o direcionamento das diretrizes a serem perseguidas. Durante as

dinâmicas de resolução de problemas, diferentes diretrizes são confrontadas com as soluções geradas pelos participantes, de forma a demarcar limites progressivamente definidos de realização conceitual, e avaliação de alternativas.

Em diferentes estágios do desenvolvimento do projeto, foi necessário tomar decisões baseadas em critérios de fabricação e materiais, tanto para o produto final como para viabilizar a elaboração do protótipo em escala 1: 10.

Propõe-se que o produto final seja feito de chapas de compensado de madeira naval, de espessura de 23 mm cortadas por usinagem em fresa CNC, segundo instruções provenientes do desenho paramétrico. Com esta metodologia visa-se, em primeiro lugar, garantir a precisão e rapidez de corte de todas as peças, considerando que a proposta consta de 23 peças de tamanhos e proporções diferentes.

Em segundo lugar, e ainda mais importante, se visa incluir as decisões de materiais e métodos de fabricação dentro do sistema paramétrico de projeto (conforme apresentado na figura 5), com o qual os parâmetros de fabricação têm a capacidade de re-informar o modelo, e modificá-lo automaticamente quando for necessário.

No Grasshopper, a partir do modelo gerado, se desenvolveu um algoritmo posterior que descreve a estratégia CAD/CAM (HENRIQUES; BUENO, 2010) de extração de contornos de peças, planificação e numeração das mesmas. Para construção do protótipo em escala 1: 10 do stand, as peças foram reduzidas à escala, posicionadas dentro dos limites dimensionais de corte e com os desenhos organizados em camadas segundo o tipo de fabricação: i) marcação de rótulos; ii) cortes internos (furos), e iii) cortes externos (contornos). Este desenho foi exportado a formato CAD, o qual foi inserido no software da máquina de corte a laser.

As peças foram fabricadas a partir do corte de chapas de acrílico translúcido de 0,5 mm de espessura (figura 8), cola para conexão das seções, tinta base PVA branca na primeira aplicação de superfície, e tinta acrílica com brilho para finalização (figura 9). Foi também utilizado para as atividades de montagem: pincel, flanela, marcador, papel, solvente, madeira, e papelão.

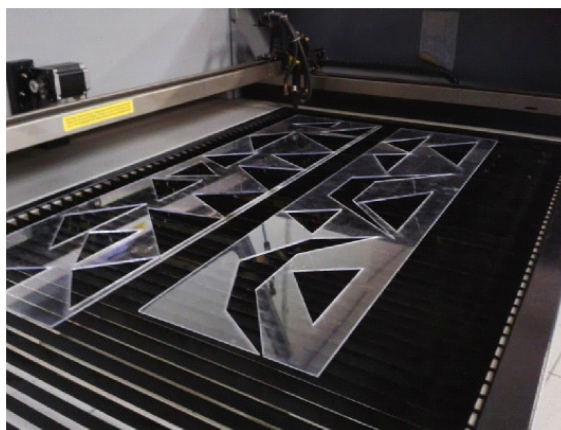


Figura 8: Corte a laser das chapas de acrílico

Fonte: elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada (2013)

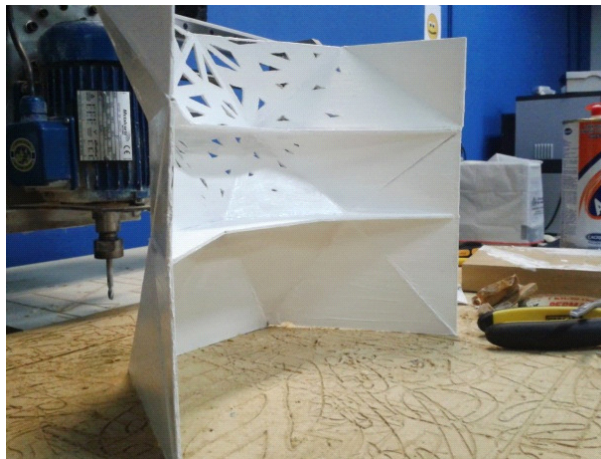


Figura 9: Modelo preliminar em escala

Fonte: elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada (2013)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

É verificado que a interação em fases de projeto entre os sketches feitos à mão e a modelagem digital de 5 modelos (o modelo final é apresentado na figura 9), proporcionou uma melhor estruturação dos problemas a serem perseguidos nas etapas de desenvolvimento de produto. Foram verificados outros critérios de decisão em design utilizados com mais efemeridade, tais quais: i) organização; ii) modulação; iii) material; iv) cor e conceito; e, v) coesão com o critério global de decisão em design.

Verifica-se, portanto, que experimentações como esta oferecem a oportunidade de proposição de novas metodologias, a partir do desenvolvimento de novas formas de conceber soluções projetuais, a partir de uma interação maior com o campo da experimentação e uso da criatividade, que por sua vez são responsáveis por expandir os limites das ferramentas de projeção, tal qual um constante processo na agenda de pesquisa.

Há coesão da atividade realizada para o campo da arquitetura e fabricação digital, ao utilizar-se de simulações físicas, engenharias de algoritmos evolucionários, e código de linguagem (VARELA, 2009), tornando-se assim exequíveis as idéias geradas pelas abstrações no desenvolvimento de projetos na arquitetura digital (NARDELLI, 2007).

O resultado das novas interações com as ferramentas utilizadas em projeto é um aumento direto na quantidade de modificações possíveis, tanto no escopo de projeto, como na forma de processos paramétricos, modificações estruturais na forma de realizar tais projetos (VARELA, 2009), possibilitando um aumento na diversidade de respostas concretas à problemas projetuais, e portanto, melhores soluções.

5. NOTAS ÚTEIS EM PROJETOS DE STAND

Segundo informação obtida em Gallardo (2013), é verificada a importância em criar ambiências reduzidas, envolventes, com artefatos correlacionados, de forma a apresentar certa narrativa na composição de *stands*.

Devido a esta importância, a temática que guia as diretrizes do projeto conceitual do *stand* devem ser geradas de forma a apresentar um contexto linear e de fácil entendimento, de forma a transmitir os valores da empresa, missão, imagem corporativa, para então apresentar o novo produto, alinhado estrategicamente com a

imagem do empreendimento.

O branding da empresa protagoniza nesse recorte uma função capaz de correlacionar os *plots* à estratégia, gerando a comunicação a ser transmitida. É recomendando branco e cores neutras, como opção permanente na paleta de cores na relação do *empreendimento* × *branding* × *stand* × *produto*. Para a finalização da superfície do piso, considera-se importante a aplicação de resinas, aonde texturas geométricas demarcam áreas de interesse do desenho do stand.

O desenvolvimento de produto aqui apresentado faz parte da pesquisa e aprendizado dos autores sobre o papel do design e fabricação digital no projeto, não apenas como ferramentas avançadas de desenho e produção, mas também – ao estar parametricamente associadas – como parte integral do processo de projeto. Este processo é regido mais pelas relações entre parâmetros que pelos valores estabelecidos, contam com a capacidade de definir passos seguintes ou redefinir anteriores, e estabelecendo um sistema bidirecional: um sistema de design e fabricação digital integral.

É no contexto de aplicação deste sistema que foi desenvolvido este projeto, no qual se pode constatar a agilidade nas tomadas de decisões, atendendo diferentes critérios em um curto período de tempo.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem sido apoiado por bolsas de mestrado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS; e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Ministério da Educação. Os autores agradecem a ajuda recebida de Vanessa Baldin Gallardo e Rogélio Carpes Pinheiro.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, D. C., et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- BRATTSTRÖM, A., LÖFSTEN, H., RICHTNÉR, A., **Creativity, trust and systematic processes in product development**. Science. Science Direct, 2011.
- BRUSCATO, U. ; BRENDLER, C. F. ; VIARO, F. S. ; TEIXEIRA, F. G. ; SILVA, R. P. Uso da Fabricação Digital e Prototipagem no desenvolvimento do Projeto de Produto: Análises do produto através de simulações digitais. In: **Sigradi 2013, 2013, Valparaiso**. Sigradi 2013. Valparaíso: Editorial Universidad Técnica Federico Santa María, 2013. v. 1. p. 459-463.
- BUENO, E. **Consideraciones y recursos para la concepción de la forma en la arquitectura de la era digital**. PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 1, n. 3, 2008.
- CARDOZO, A, **Gissele**. Proposta de Jogo para a Solução de Problemas Não Estruturados com a Utilização de Técnicas Criativas. 2012. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Fábio Gonçalves Teixeira.
- CELANI., G. CYPRIANO., D. DE GODOI., G. V. VAZ., C. E. **A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura**. **Conexão-Comunicação e Cultura**, UCS, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, jul/dez, 2006. p. 183-197.

- CHOMSKY, N. **Three models for the description of language**. Information Theory, IRE Transactions on, Vol. 2, No. 3. (06 September 1956), pp. 113-124.
- GALLARDO, V. **Avaliação Stand** [mensagem pessoal] Mensagem recebida por <bbugapimentel.designer@yahoo.com.br> em 26 jun. 2013.
- GUIMARÃES, C. **Fabrique você mesmo**, São Paulo, n. 6, edição 828. P. 22, 48. 14 de Abril de 2014.
- GOEL, V. **IN: Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society**. A Comparison of Well-structured and Ill-structured Task Environments and Problem Spaces. United States: Hillsdale, 1992.
- HAYMAKE R, J. WELLE, B. **An integrated conceptual design process for energy, thermal comfort, and daylighting**. CIFE Precourt Proposal, Stanford University, Stanford, 2008.
- HENNESSEY, B. A. AMABILE, T. M. **Creativity**. Annual Review of Psychology. v. 61, 2010. pp. 569-598.
- HENRIQUES, G.; BUENO, E. **Geometrias Complexas e Desenho Paramétrico**. Drops, São Paulo, v. 10, n. 30, 08 fev. 2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/10.030/2109>> Acesso em: 15 mai. 2013.
- LUPTON, E, PHILLIPS, J. C. **Novos fundamentos do design**. Tradução: Cristian Borges. São Paulo: Cosac Naify, 2008, 248p.
- MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução: Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, Terceira Edição, 2007.
- MOZOTA., B. B. **Gestão do design: usando o design para construir valor de marca e inovação corporativa**. Porto Alegre: Artmed editora/Bookman editora, 2011.
- NARDELLI., E. S. **Arquitetura e projeto na era digital**. Arquitetura revista, Porto Alegre, v. 3, n. 1, janeiro-junho, 2007. pp. 28-36.
- OXMAN, R. 2005. **Theory and design in the first digital age**. Design Studies, 27(2006):229-265.
- PIMENTEL, B. G. S, BUENO, E, SILVA, R. P. Rumos da Pesquisa no Design Contemporâneo: Materialidade, Gestão e Serviço (ebook). **Simulação do processo de compostagem utilizando o desenho paramétrico**. Organização: Marzilda dos Santos Menezes, Mônica Moura., 322 p.. 1. ed. Perdizes: Estação das Letras e Cores, 2013. v. 5. Pp. 288-310.
- PIMENTEL, B. G. S, DEMARCHI, G. S, SILVA, R. P, SILVA, T. L. K. Contexto e tendências para o design da hipermodernidade. In: Colóquio Internacional de Design, 2013, Belo Horizonte. **Anais do colóquio Internacional de Design - Edição 2013 Design para os povos**, 2013.
- SACHS, A. **Paradise lost? Contemporary strategies of nature design. Nature design: From Inspiration to Innovation**. Zurique: Museum für, Gestaltung Zürich. Zürcher Hochschule der Künste ZHdK, Zürcher Fachhochschule and Lars Müller Publishers, 2007. p. 262-274.
- STEINBECK, Reinhold. **Building Creative Competence in Globally Distributed Courses through Design Thinking**. Revista Comunicar, 2011, vol. XIX, n. 37, pp. 27-34.
- VARELA, Hélder Cardoso Pais, **Nuno**. Arquitecturas experimentais: práticas criativas contemporâneas. 2009.