

Capítulo 19

Modelagem virtual e processos de fabricação digital como recursos no desenvolvimento de produtos

Luís André Ribas Werlang, Nathalia Alborghetti Carvalho,
Tiago Moreira de Abreu e Underléa Miotto Bruscato

Resumo

Este estudo aborda questões conceituais e técnicas para à modelagem virtual de produtos através dos softwares Rhinoceros e Grasshopper e aos processos de fabricação digital disponíveis atualmente. Foram selecionados os principais processos de fabricação digital, como impressão 3D, corte a laser e CNC para compreender sua influência no desenvolvimento de produtos e na cadeia produtiva, analisando desde os insumos utilizados, o método projetual e os softwares como recursos de apoio. Para permitir a compreensão da complexidade e das possibilidades das técnicas utilizadas na modelagem virtual e o uso da parametrização como instrumento de projeto, este trabalho apresenta um estudo experimental no qual foi desenvolvido por três dos autores um modelo simples de um barco em escala. O foco dessa prática foi analisar e refletir sobre as dificuldades do designer frente a essas tecnologias tão disseminadas e o uso de ferramentas digitais no desenvolvimento do modelo final. Além disso, apresenta um estudo exploratório realizado com profissionais e estudantes de design que objetivou verificar o seu conhecimento sobre tecnologias de fabricação digital. O resultado aponta para a necessidade de conhecimento prévio dos softwares específicos, as limitações projetuais decorrentes da inexperiência com essas ferramentas e a relevância da integração entre a metodologia projetual e processos de fabricação digital como fator crítico de sucesso no desenvolvimento de um projeto de design de produto.

Palavras-chave: modelagem tridimensional, processos de fabricação digital, projeto.

1 Introdução

Atualmente a tecnologia tem conduzido o processo de design muito aquém de nossa capacidade de manufatura e de construção física. Estamos apenas começando a conceber máquinas capazes de tornar o projeto realidade, e tal evolução torna cada vez mais complexas as interações entre o designer ou projetista de ferramentas conceptuais, podendo prejudicar o desenvolvimento da ideia concebida, uma vez que limita o processo criativo.

A etapa de desenho possui um papel inicial no desenvolvimento de produto (ULLMAN, WOOD, CRAIG, 1990). Novas formas de projetar e pensar o produto têm trazido outras possibilidades de transformar ideias complexas em artefatos concretos, como, o desenho paramétrico, que possibilita o uso de padrões e automatiza processos de desenho industrial.

A fim de tornar o projeto virtual realidade, o designer lança mão de diversas ferramentas de produção digital e tecnológica. Como exemplo, é possível citar os processos de fabricação, como a manufatura subtrativa (i.e. corte a laser), que permitem a fabricação de peças com 2.5 dimensões (com relevo), antes produzidas manualmente ou com processos mecânicos demasiadamente demorados. Outro processo bastante conhecido é a manufatura aditiva (i.e. impressão 3D), que permite a criação das mais diversas formas geométricas e possibilita a execução de projetos desafiadores.

Neste universo, este artigo aborda questões conceituais e técnicas para a modelagem virtual de produtos através dos softwares Rhinoceros e Grasshopper e aos processos de fabricação digital disponíveis atualmente. Traz um estudo realizado por três dos autores, a partir da experiência vivenciada em um workshop com abordagem teórico-prático a cerca deste cenário, objetivando o desenvolvimento de um produto a partir de tecnologias digitais, utilizando ferramentas de modelagem digital (Rhinoceros 3D) e o *plug-in* de parametrização (Grasshopper), assim como ferramentas de produção computadorizadas (manufatura aditiva e subtrativa). O estudo preliminar evidencia as dificuldades dos autores no desenvolvimento de um protótipo digital de embarcação à vela, bem como traz uma reflexão sobre a relação entre a formação acadêmica e o conhecimento dessas ferramentas. A seguir é

apresentado um estudo exploratório realizado com profissionais e estudantes de design que objetivou verificar o seu conhecimento sobre tecnologias de fabricação digital.

2 Métodos e técnicas de modelagem virtual e de fabricação digital

2.1 Processos e Materiais

No desenvolvimento do produto, a seleção do material é um dos passos mais importantes. Sua estrutura, processo e propriedades vão determinar o desempenho final (CALLISTER, 2016). No entanto, antes mesmo da definição de produto, os processos produtivos disponíveis limitam sua escolha uma vez que cada equipamento comporta um tipo de característica. Deste modo, a escolha do processo de fabricação irá determinar os materiais possíveis, bem como a escolha do material vai limitar os processos disponíveis. Alguns destes processos apresentam alta capacidade exploratória e versatilidade de fabricação.

Na manufatura aditiva (MA), o material é adicionado, sintetizado ou enrijecido camada-a-camada na seção transversal. A espessura determina a resolução do produto final. Os materiais mais comuns são: polímeros termoplásticos e termofixos, ligas de aço e até metais reativos como o titânio. Também são encontrados de madeira, ceras, papel, argila, concreto, açúcar e chocolate.

Os processos de produção de ma estão divididos conforme a maneira inicial que a matéria-prima é adicionada, podendo ela estar líquida (resinas); sólida (filamentos); ou em pó (VOLPATO, 2013). É possível encontrar no mercado mais de 40 tecnologias de impressão baseadas em um destes processos, cada um com suas particularidades de materiais, propriedades finais e dimensões. (KAI, FAI, SING, 2010). No quadro 1 é possível encontrar uma relação das técnicas mais comuns.

Quadro 1: técnicas mais utilizadas.

Tecnologia	Formato	Materiais	Técnica	Características
Esterilolitografia (SL)	Baseado em líquido	Resinas de polímeros Fotocurável Exemplo: Acrílica, epóxi	Cura de resina camada-a-camada através de laser ultra-violeta	Primeiro processo. Novas tecnologias permitem mais de uma resina por peça. Requer pós-cura.
Modelagem por fusão e deposição (fdm)	Baseado em sólido	Filamento de polímero Exemplo: ABS, PLA	Extrusão aquecida e deposição de filamento camada-a-camada	As peças possuem até cerca de 85% da resistência das obtidas pelo processo de injeção do mesmo material.
Sinterização seletiva a laser (SLS)	Baseado em pó	Pó de polímeros termoplásticos. Exemplos: náilon e poliamida.	Sinterização ou fusão do pó com laser CO2 de média potência	Possibilita a utilização de diversos materiais poliméricos reforçados
Fabricação de forma final a laser (LENS)	Baseada em pó	Metais. Exemplo: Aço Inox, titânio, super-ligas, alumínio.	Feixe de Laser focalizado em fluxo de pó convergente sobre superfície	5 Eixos que elimina a necessidade de suporte em outras técnicas. Peças metálicas com pouca ou nenhuma necessidade de pós-processamento.

Fonte: os autores, 2017.

Na manufatura subtrativa (MS), o que a caracteriza é a transformação da matéria-prima em produto por meio da remoção de material. Gerando, na maioria dos processos, materiais excedentes. É possível classificar os processos em dois tipos: convencionais – fresamento, furação, torneamento, etc.; e não-convencionais: Laser, jato d’água, Jato abrasivo, feixe de elétrons, etc. (SANTOS, SALLES, 2007). No quadro 2 é possível encontrar uma relação dos tipos mais comuns de equipamento para MS.

Quadro 2: tipos comuns de equipamentos para MS.

Tecnologia	Matéria Prima	Formato	Dimensões das Peças	Características	Técnica
Cnc Milling	Madeira, Metais e Polímeros	Bloco de material rígido	tridimensional	Possibilita produção de matrizes e peças piloto de alto desempenho	Desbaste de material através da rotação da ferramenta
Cnc Router	Madeira, Metais e Polímeros	Chapas e Painéis rígidos	Bidimensional com relevo (2.5D)	Utilização de equipamento de valor acessível	Corte ou desbaste através de fresa
Corte a Laser	Madeira, Metais, Polímeros e cerâmicos	Chapas e Painéis rígidos	Chapas e Painéis rígidos	Não há desgaste da ferramenta elevado calor na gra pode gerar compostos químicos nocivos,	Corte ou gravação através de laser focalizado com radiação ajustável
Corte Jato de Água	Elastômeros, Metais, Polímeros e cerâmicos	Chapas e painéis	Bidimensional	Corte de materiais flexíveis. Não há desgaste da ferramenta	Corte através de jato de água e alta velocidade
Corte de Vinil	Vinil	Lâminas	Bidimensional	Corte preciso de baixo custo	Corte com lamina ou laser de lâminas

Fonte: os autores, 2017.

A partir deste quadro, é possível elencar vantagens entre processos de manufatura subtrativa e manufatura aditiva. Os processos de manufatura aditiva apresentam diversos aspectos que podem ser considerados como vantagens. A independência geométrica permite pensar nos mais diversos formatos, impossíveis de serem fabricados com outras técnicas. Não possuem a necessidade de projeto de ferramenta, pouca ou nenhuma ferramenta de trabalho, e os processos são realizados em uma única etapa, com me-

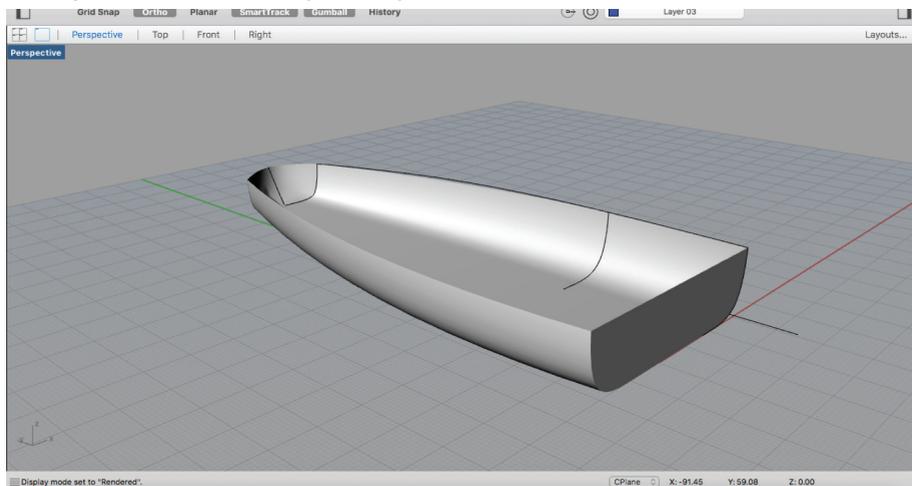
nor custo de obtenção de protótipo, possibilitando a adaptação e alta customização através de técnicas de modelagem paramétrica. No entanto, a produção em escala é comprometida com altos volumes, os materiais são limitados à técnica e, apesar da precisão, as peças podem apresentar distorções e empenamento após seu processamento. Cabe ao designer determinar qual processo é mais adequado ao produto a ser desenvolvido, definindo, então, a ferramenta de modelagem tridimensional a ser utilizada.

2.2. Recursos – Design paramétrico e Softwares de modelagem tridimensional

Hoje é inerente pensarmos em computadores e softwares gráficos e visuais quando falamos de desenvolvimento de produtos. O computador foi inserido no processo de design a fim de facilitar a resolução de tarefas manuais, dando início a informatização das práticas de projeto. De acordo com Khabazi (2012), a introdução de softwares CAD (*computer-aided design*) permitiu o desenvolvimento de modelagens e produtos mais elaborados e complexos, transformando ideias em produtos passíveis de serem produzidos em escala.

O autor ressalta que o uso desses softwares possibilitou desenhar, modificar e editar vários tipos de objetos, tendo maior controle das formas, tamanhos e volumes, bem como desempenhar operações complexas como a simulação de materiais, cores e luzes através da renderização, como mostra a imagem a figura 1.

Figura 1: render de protótipo utilizando o software Rhinoceros.



Fonte: os autores, 2016.

A partir do desenvolvimento desses programas, ferramentas algorítmicas (*plug-ins*) foram inseridas tornando possível codificar a geometria do produto. “Todas as operações e comandos possíveis no CAD se tornam parte de um código que pode ser aplicado a um grande número de objetos no campo de projeto. O design de produto, assistido por computador, evolui então para o design Paramétrico ou *Generative design*” (tradução livre de KHABAZI, 2012, p. 8).

Lagios et al. (2010) comenta que o design paramétrico é uma realidade do design e da arquitetura contemporânea. O termo se refere à prática de projetar com pensamento algorítmico (matemático), que permite expressar parâmetros e regras distintas que, em conjunto, definem geometrias e estruturas complexas.

Khabazi (2012) define um algoritmo como um conjunto de regras e instruções usadas para calcular, processar dados e fazer uma tarefa definida. Para qualquer parâmetro inserido, o algoritmo executará suas operações pré-definidas e irá calcular o resultado. Nesse sentido, um algoritmo também fornecerá uma saída de projeto se for alimentado por parâmetros de entrada relevantes.

Para tal, existem diversos softwares de modelagem tridimensional baseados na tecnologia NURBS⁸ (*Non Uniform Rational Basis Spline*) disponíveis no mercado, como Solidworks, Studio 3DMax e Rhinoceros, com extensões ou *plug-in* que possibilitam o desenvolvimento do pensamento paramétrico. A maioria desses *plug-ins* permite que o designer ou projetista altere diretamente as dimensões do modelo desenhado, de modo que todas superfícies relacionadas sejam recalculadas automaticamente. Este sistema simplifica a construção do modelo e representa graficamente modelos baseados em dimensionamentos relativos (HERREMA et al., 2016).

Entretanto, os autores ressaltam que, isoladamente, esses sistemas de modelagem livre, como o Rhinoceros, exigem do designer ou projetista o cálculo minucioso das dimensões e da posição absoluta do modelo, dificultando o desenvolvimento do projeto. Os ajustes subsequentes são feitos nas superfícies do modelo separadamente, levando a um protótipo inconsistente e demasia-

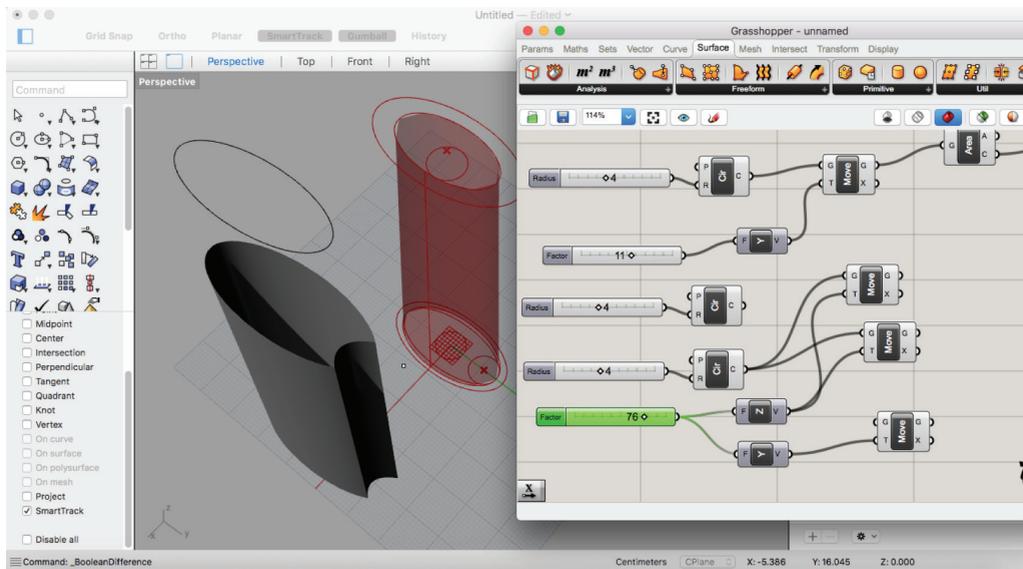
8 Permite a modelagem de curvas e superfícies.

damente lento de se desenvolver.

Assim, torna-se vantajoso valer-se de extensões paramétricas como o Grasshopper (extensão do Rhinoceros), a fim de tornar o processo de modelagem mais dinâmico e verossímil com a intenção do projeto. A geração do modelo nessa interface dá ao designer o controle paramétrico sobre o protótipo sem desenvolver explicitamente um sistema de modelagem complexo, baseado apenas nos algoritmos.

Anton et al. (2016) define o Grasshopper como um editor de algoritmo visual que constrói modelos paramétricos na plataforma de modelagem livre Rhinoceros. Como vantagem no uso do plug-in, Stouffs et al. (2013) aponta a interface (figura 2), visto que lógicas algorítmicas podem ser implementadas de forma visual, conectando componentes, sendo assim acessível a não-programadores, não exigindo do designer a descrição do código.

Figura 2: interface do Grasshopper.



Fonte: os autores, 2016.

3 Experimento de uso ferramentas de design paramétrico

A fim de experienciar as ferramentas citadas anteriormente, desenvolveu-se um modelo tridimensional de um barco a vela. O exercício foi executado ao longo de um *workshop* interdisciplinar proposto em um curso de pós-graduação. O grupo de trabalho foi composto por três dos autores (dois designers e um engenhei-

ro de materiais) e o experimento se deu da seguinte forma:

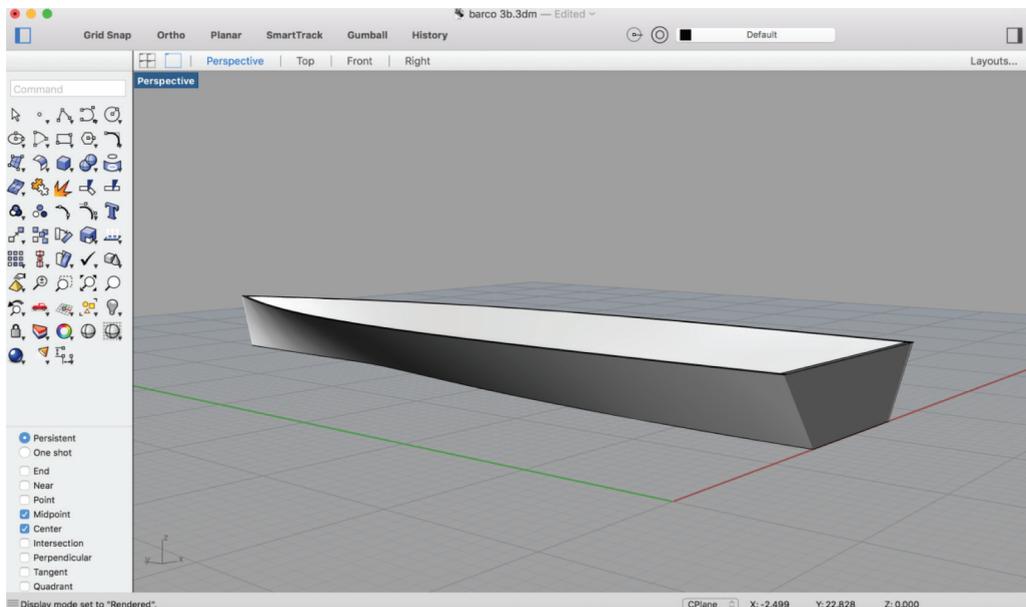
Brainstorm: etapa em que as ideias de que produto desenvolver foram explicitadas. A escolha se deu à experiência de velejador de um dos componentes do grupo.

Desenhos iniciais: esta etapa consistiu no desenvolvimento de desenhos manuais, a fim de determinar proporções e a estética do objeto.

Desenho final: etapa em que o desenho final do barco foi desenvolvido. A etapa também foi importante para que fosse delimitado em quantas etapas o protótipo seria construído digitalmente.

Modelagem Rhinoceros e Grasshopper: etapa de desenvolvimento do protótipo tridimensional do barco. O protótipo foi dividido em três partes – casco como mostra a figura 3, mastro e quilha – com o objetivo de otimizar a execução da tarefa.

Figura 3: modelo final de barco.



Fonte: os autores, 2016.

Durante o desenvolvimento do protótipo tridimensional, o grupo de trabalho apresentou diversas dificuldades quanto a manipulação do software, sendo necessário a busca por bibliografia especializada, auxílio dos ministrantes do *workshop* e a simplificação do protótipo inicial. As dificuldades mais latentes foram a linguagem dos *softwares* e a necessidade do pensamento matemático

(algorítmico) pouco usual.

Frente a falta de autonomia do grupo no uso do Rhinoceros e do Grasshopper, levantou-se, então, o questionamento quanto a necessidade do ensino do pensamento matemático e dessas ferramentas na graduação, visto que a falta de conhecimento nessas áreas limitou o desenvolvimento do modelo. A partir da experiência com a atividade, foi desenvolvida uma pesquisa para compreender a relação do universo da fabricação digital com profissionais e acadêmicos oriundos de cursos da área criativa, tais como Arquitetura, Design e também as engenharias, especialmente pela relação destas áreas com o desenvolvimento de produtos, apresentada no próximo item.

4 Pesquisa com designers

A pesquisa teve como objetivos a compreensão da relação entre a formação enquanto acadêmico ou egresso com tecnologias de fabricação que fazem parte das atribuições profissionais e o grau de conhecimento destas pelos profissionais. A hipótese inicial a ser verificada é que os designers possuem um ótimo conhecimento no método projetual, mas que ainda há distanciamentos no que diz respeito aos processos de fabricação digital. Para tal, fez-se um formulário digital, via *googlesuits*, para que fosse possível a obtenção de vários respondentes.

A pesquisa foi delimitada em profissionais e acadêmicos atuantes na região metropolitana de Porto Alegre. Foram 29 respondentes com formação em cursos de Design, dos respondentes, 14 são egressos há mais de 2 anos em seus respectivos cursos, 6 são egressos há menos de 2 anos e outros 9 são acadêmicos. A idade predominante dos entrevistados é entre 24 e 29 anos (mais de 50%) e mais de 30% tem idade acima de 29 anos, indicando que são profissionais já com alguma experiência no mercado do design.

Os processos de fabricação consolidados e acessíveis despontaram na pesquisa, pois são mais difundidos em ambientes industriais, comerciais e também acadêmicos. Destaca-se a popularização das impressoras 3D, máquinas de corte a laser e também as máquinas CNC em geral, conforme observado no gráfico 1.

(algorítmico) pouco usual.

Frente a falta de autonomia do grupo no uso do Rhinoceros e do Grasshopper, levantou-se, então, o questionamento quanto a necessidade do ensino do pensamento matemático e dessas ferramentas na graduação, visto que a falta de conhecimento nessas áreas limitou o desenvolvimento do modelo. A partir da experiência com a atividade, foi desenvolvida uma pesquisa para compreender a relação do universo da fabricação digital com profissionais e acadêmicos oriundos de cursos da área criativa, tais como Arquitetura, Design e também as engenharias, especialmente pela relação destas áreas com o desenvolvimento de produtos, apresentada no próximo item.

4 Pesquisa com designers

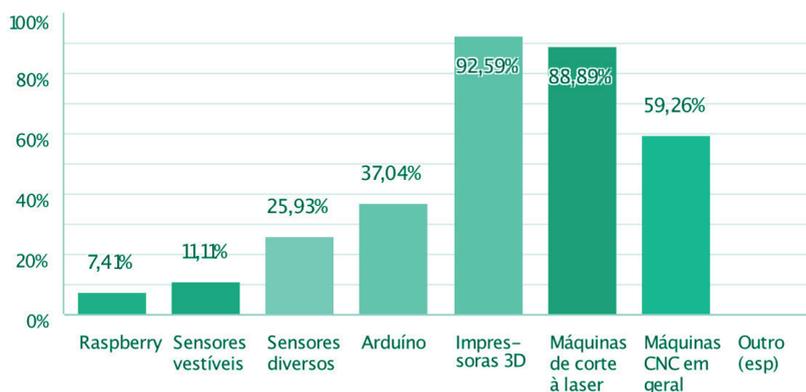
A pesquisa teve como objetivos a compreensão da relação entre a formação enquanto acadêmico ou egresso com tecnologias de fabricação que fazem parte das atribuições profissionais e o grau de conhecimento destas pelos profissionais. A hipótese inicial a ser verificada é que os designers possuem um ótimo conhecimento no método projetual, mas que ainda há distanciamentos no que diz respeito aos processos de fabricação digital. Para tal, fez-se um formulário digital, via *googlesuits*, para que fosse possível a obtenção de vários respondentes.

A pesquisa foi delimitada em profissionais e acadêmicos atuantes na região metropolitana de Porto Alegre. Foram 29 respondentes com formação em cursos de Design, dos respondentes, 14 são egressos há mais de 2 anos em seus respectivos cursos, 6 são egressos há menos de 2 anos e outros 9 são acadêmicos. A idade predominante dos entrevistados é entre 24 e 29 anos (mais de 50%) e mais de 30% tem idade acima de 29 anos, indicando que são profissionais já com alguma experiência no mercado do design.

Os processos de fabricação consolidados e acessíveis despontaram na pesquisa, pois são mais difundidos em ambientes industriais, comerciais e também acadêmicos. Destaca-se a popularização das impressoras 3D, máquinas de corte a laser e também as máquinas CNC em geral, conforme observado no gráfico 1.

Entende-se, a partir da pesquisa, que os designers sejam recém-formados ou não possuem contato sistemático e diário com tais tecnologias, mesmo que não sejam usuários efetivos e finais do processo de fabricação digital.

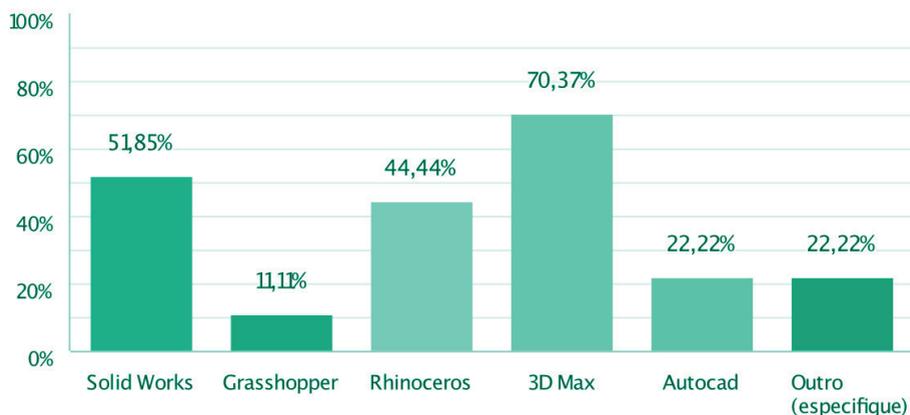
Gráfico 1: Processos de fabricação mais usuais.



Fonte: os autores, 2017.

Percebe-se também que os programas de modelagem virtual são mais abrangentes e difundidos quanto ao uso. Podemos destacar os programas SolidWorks, Rhinoceros e o 3D Max como amplamente utilizados entre os 27 respondentes do questionário, de um universo de 29 pessoas (Gráfico 2).

Gráfico 2: Familiaridade com softwares tridimensionais.

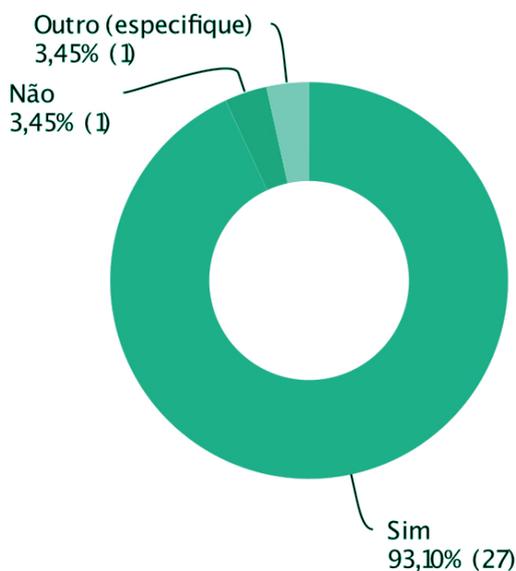


Fonte: os autores, 2017.

Quando questionados sobre o desenvolvimento de produtos utilizando tecnologias de modelagem e fabricação virtual ou tridi-

mensional, 90% dos 29 respondentes apontaram dificuldades em função de limitações pessoais (conhecimento técnico ou de software, por exemplo), como é possível verificar no gráfico 3

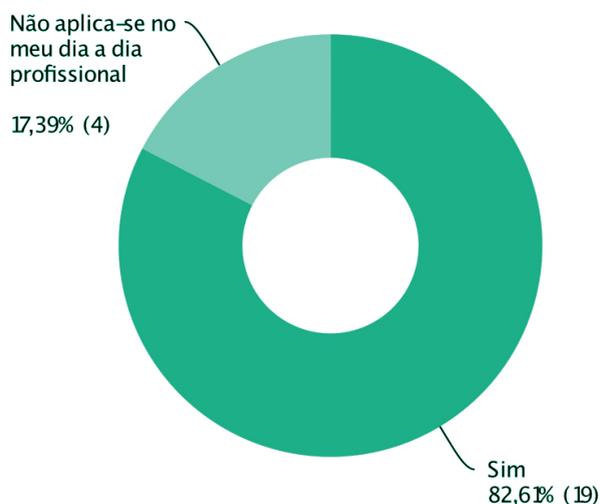
Gráfico 3: Dificuldade no desenvolvimento de produtos utilizando técnicas tridimensionais



Fonte: os autores, 2017.

Em contrapartida, a pesquisa aponta um grande interesse entre os respondentes que não tiveram contato com tecnologias de modelagem e fabricação digital em conhecer e ter mais contato com estes avanços tecnológicos – cerca de 80% como mostra o gráfico 4.

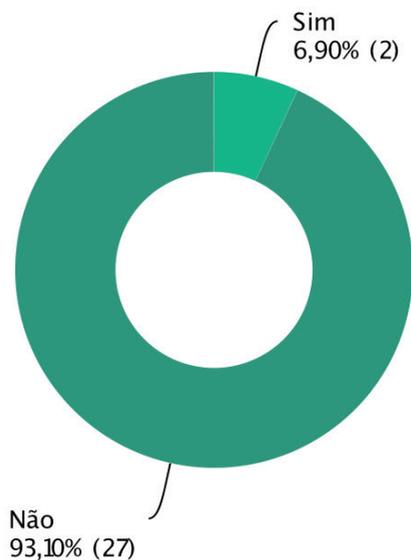
Gráfico 4: caso não tenhas tido contato com as tecnologias citadas anteriormente, tens interesse em conhecer?



Fonte: os autores, 2017.

Quando questionados sobre disciplinas de lógica e programação, 93,55% dos 29 respondentes apontaram que não tiveram contato, como mostra o gráfico 5. Isto é compreensível quando analisados os currículos dos cursos de Design, porém, de certa forma, um contrassenso aos modelos atuais de negócio e do espírito da geração *maker*. Trata-se de uma lacuna que poderia ser suprida dentro de disciplinas de modelagem de produtos e softwares dentro dos cursos de Design, não apenas como cursos de extensão, caso não seja possível alteração curricular, mas também na criação de disciplinas eletivas ou optativas.

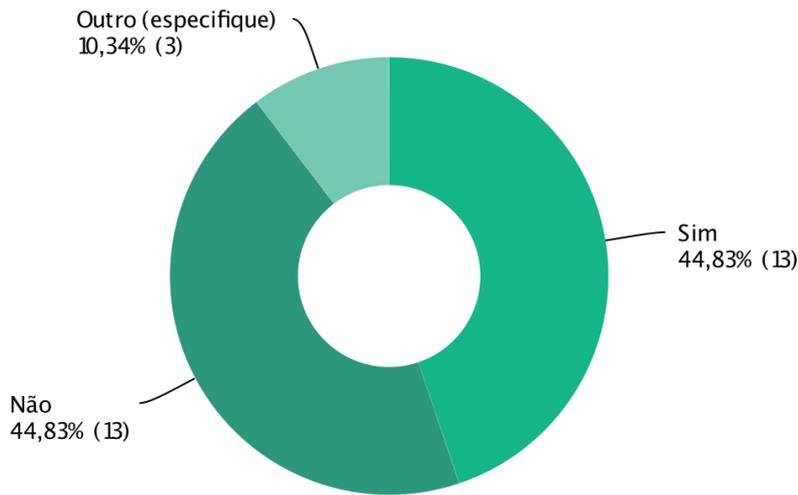
Gráfico 5: Contato com disciplinas de lógica e programação durante o curso acadêmico.



Fonte: os autores, 2017.

Na questão “Durante a graduação, tivestes disciplinas ou contato com processos de fabricação digital, tais como CNC, impressão 3D, corte a laser, entre outros?”. (gráfico 6), percebe-se uma divisão entre as respostas, mostrando possíveis lacunas na formação dos designers. O equilíbrio das respostas sobre ter ou não contato com tais tecnologias, indica um caminho que os cursos de Design poderiam suprir como complemento à carga horária do curso, ou em revisões curriculares ou nos programas de aprendizagem nas disciplinas.

Gráfico 6: Contato com processos de fabricação digital durante a graduação



Fonte: os autores, 2017.

Sobre a questão final da pesquisa “A respeito das tecnologias atualmente disponíveis de modelagem, fabricação digital e softwares, qual a tua opinião sobre o impacto para a formação acadêmica e a relação destas com o mercado de trabalho?” foi possível perceber algumas questões muito próximas do que os autores puderam constatar por experiência pessoal ao longo deste trabalho. O fato de ainda se ter pouco contato com processos de prototipação digital durante a graduação é um limitador em situações reais de mercado. Ao mesmo tempo, percebeu-se uma unanimidade quando as respostas também apontaram que somente dominar as técnicas e processos de fabricação digital tornam o designer completo. Ainda é preciso aliar as tecnologias com um embasamento teórico e projetual. Outro ponto que se pode destacar, é que a abordagem multidisciplinar das novas tecnologias também é fundamental para os designers dominarem mais ainda as técnicas de prototipagem, dialogando de forma mais próxima com outras áreas de conhecimento.

A partir das respostas obtidas na pesquisa, foi possível perceber o quanto importante é o conhecimento de tecnologias digitais quando se almeja formar profissionais com base sólida de conhecimentos. Nos dias atuais, conhecimentos aprofundados apenas nas áreas projetuais não é o suficiente para que designers consigam traduzir as suas ideias em produtos competitivos.

Por conseguinte, foi possível observar que as tecnologias e processos foram se popularizando ao longo do tempo e alguns cursos de Design não conseguiram atualizar seus currículos, deixando de abordar estes assuntos ou apenas tratando em disciplinas optativas.

Outra conclusão possível de se tomar a partir da pesquisa é que os designers, no geral, possuem excelente bagagem no método projetual, mas, quando confrontados com possibilidades de fabricação digital no desenvolvimento de produtos, normalmente sentem dificuldades técnicas, conforme o grande número de respostas descritivas fornecidas para esta pesquisa.

Se faz necessário dentro dos cursos relacionados com a área da indústria criativa uma abordagem mais sistemática e permanente de processos de fabricação digital, sejam os tradicionais ou os emergentes, com foco na atividade prática de desenvolvimento de projetos. Assim, uma formação sólida em métodos de projeto com o conhecimento sistematizado e praticado nos processos de fabricação digital, contribuirá para o designer ter um diferencial considerável no mercado de trabalho.

5 Considerações finais

O processo de desenvolvimento do projeto de um produto relaciona tecnologias, métodos e conhecimento técnico. Os processos de fabricação digital e uso de softwares implicam neste desenvolvimento, ocasionando alguns limitantes e dificuldades para profissionais da área do Design que não tenham tido acesso a esse tipo de conhecimento já na sua graduação. O processo pode interferir no desenvolvimento de um projeto, onde as pessoas com menos habilidades e entendimento em relação aos programas limitam seu potencial criativo e desenvolvem apenas o que for possível com o seu conhecimento.

O uso de softwares como Rhinoceros e Grasshopper no desenvolvimento de projetos exige, além do conhecimento projetual em Design, habilidades específicas como lógica de programação (e.g. o uso do Grasshopper). O processo de fabricação em si também é essencial para o conhecimento do designer, para que este entenda como funcionam os diversos tipos de processos e compreenda os limites do que é possível ou não desenvolver, a otimização de matéria-prima, etc.

O distanciamento entre os processos de fabricação digital e formação do profissional do design precisa ser encurtado. É necessário que as matrizes curriculares dos cursos de Design insiram mais carga horária prática em disciplinas que abordam ou tangenciam a temática, a fim de inserir no mercado profissionais com capacidade para desempenhar suas funções de forma plena. A pesquisa aplicada mostrou que a formação acadêmica pode se tornar insuficiente quando o designer se depara com problemas complexos de modelagem tridimensional, visto que tal conteúdo não é densamente estudado durante a graduação.

Este estudo abre precedentes para que os currículos dos cursos de Design brasileiros sejam avaliados a fim de alinhar as exigências tecnológicas relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos com as necessidades do mercado atual.

Referências

- ANTON, Ionuț; TĂNASE, Daniela, Informed Geometries. Parametric Modelling and Energy Analysis in Early Stages of Design, **Energy Procedia**, Volume 85, 2016, Pages 9-16, ISSN 1876-6102, <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.269>.
- BARRAGÁN, H. Wiring: Prototyping physical interaction design. **Interaction Design Institute**, Ivrea, Italy, 2004.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto** - Guia Prático para o Desenvolvimento de Novos Produtos. São Paulo, Editora Edgar Blücher, 1998.
- BOMFIM, G. A. **Metodologia para o Desenvolvimento de Projetos**. João Pessoa, Editora Universitária/UFPB, 1995.
- BONSIEPE, C. **Metodologia Experimental: Desenho Industrial**. Brasília, CNPq / Coordenação Editorial, 1984.
- BÜRDEK, B. **História, teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Edgar Blücher, 2006.
- CALLISTER, W. (2016). **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. LTC.
- HERREMA, Austin J. et al. A framework for parametric design optimization using isogeometric analysis. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2016.
- KAI, C., FAI, L., & SING, L. (2010). *Rapid Prototyping: Principles and Applications*. World Scientific.
- KHABAZI, Zubin. Generative algorithms using grasshopper. *Morphogenesis*, 2012.
- LAGIOS, Kera; NIEMASZ, Jeff; REINHART, Christoph F. Animated building performance simulation (ABPS) – linking Rhinoceros/Grasshopper with Radiance/Daysim. **IBPSA-USA Journal**, v. 4, n. 1, p. 321-327, 2010.
- SANTOS, S. C., & SALES, W. F. (2007). *Aspectos Tribológicos da Usinagem de Materiais*. São Paulo, SP: Artliber

STOUFFS, R. et al. A software environment for designing through robotic fabrication. In: Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2013). 2013. p. 54.

VOLPATO, N. (2013). **Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações**. Editora Blücher.

Como citar este capítulo (ABNT):

WERLANG, Luís André Ribas et al. Modelagem virtual e processos de fabricação digital como recursos no desenvolvimento de produtos. In: VAN DER LINDEN, Júlio Carlos de Souza; BRUSCATO, Underléa Miotto; BERNARDES, Maurício Moreira e Silva (Orgs.). **Design em Pesquisa – Vol. II**. Porto Alegre: Marcavisual, 2018. p 379-411

Como citar este capítulo (Chicago):

Werlang, Luís André Ribas, Nathalia Alborghetti Carvalho, Tiago Moreira de Abreu and Underléa Miotto Bruscatto. 2018. "Modelagem virtual e processos de fabricação digital como recursos no desenvolvimento de produtos". In *Design em Pesquisa*, 1st ed., 2: 379-411. Porto Alegre: Marcavisual.