

A PRÁTICA PROJETUAL ACADÊMICA NA FABRICAÇÃO DE MODELOS DE PRODUTOS IMPRESSOS EM 3D E O DESIGN ERGONÔMICO

THE PROJECT ACADEMIC PRACTICE IN THE MANUFACTURE OF 3D PRINTED PRODUCT MODELS AND ERGONOMIC DESIGN

Paula dos Santos Maia¹

Lívia Flávia de Albuquerque Campos²

Resumo

Este artigo objetiva relatar as experiências vivenciadas por meio do componente curricular Estágio Supervisionado em Design, na disciplina de Ergonomia e projeto de produto, do Curso Superior de Design da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Descrevemos a prática e as opiniões dos alunos, quanto a fabricação de modelos de produtos produzidos através da impressora 3D. O método de pesquisa baseou-se em revisão bibliográfica, entrevistas abertas, observação *in loco*, e após a tabulação e à análise dos dados. Através dessa experiência notamos que o bom acabamento e a precisão do formato final dos modelos impressos são unânimes, porém, há dificuldades na manipulação do *software* e no fechamento do arquivo para posterior impressão. Quanto a Ergonomia, ela se fez presente, mas, não houve nenhuma metodologia do Design Ergonômico como norteadora. Esse cenário mostra que em projetos do Design de natureza acadêmica, impressão 3D e Ergonomia ainda têm potencial a ser desenvolvido.

Palavras-chave: ensino de design; ensino de gonomia; estágio supervisionado; impressora 3D; modelagem; prototipagem.

Abstract

This article aims to relate the experiences lived through the curricular component Supervised Stage in Design, in the discipline of Ergonomics and product design, of the Superior Course of Design of the Federal University of Maranhão - UFMA. We describe the practice and opinions of students as to the making of product models produced through the 3D printer. The research method was based on bibliographic review, open interviews, on-site observation, and after tabulation and data analysis. Through this experience we noticed that the good finish and precision of the final format of the printed models are unanimous, however, there are difficulties in handling the software and in closing the file for later printing. As for Ergonomics, it was present, but there was no methodology of Ergonomic Design as guiding. This scenario shows that in design projects of academic nature, 3D printing and Ergonomics still have potential to be developed.

Keywords: design teaching; ergonomics teaching; supervised internship; 3d printer; modeling; prototyping.

¹ Mestra em Design, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, p.maia_10@hotmail.com

² Professora Doutora, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, liviaflavia@gmail.com

1. Introdução

Atualmente, o conhecimento está sendo compreendido de outras formas. A antiga ideia de linearidade do pensamento, hoje vêm sendo questionada por diversos profissionais da contemporaneidade. Alguns afirmam que não se pode mais seguir rumos lineares; precisamos incorporar distintas áreas do conhecimento para contextualizar a sua atuação, tornando-a mais abrangente. A linearidade do pensamento, cada dia mais, está sendo questionada como forma única de abordagem (SCHROEDER, 2009).

Dado o caráter inter, muti e transdisciplinar da Ergonomia, sua associação com o Design é bastante eficaz. Pereira (2015) diz que a associação entre a Ergonomia e o Design é algo que vem se tornando cada vez mais importante no desenvolvimento de um projeto ou no *marketing* de uma empresa. Devido a busca de um produto de qualidade, concebido com diretrizes voltadas para o usuário, o que confere sustentação no mercado.

Na Ergonomia, a questão da modelagem de produtos é associada em algumas fases do desenvolvimento de um projeto de produto (PASCHOARELLI, 2003). Atualmente, a impressão 3D está sendo utilizada também como ferramenta do processo de desenvolvimento de produtos. No campo do Design essa tecnologia foi primeiramente empregada para confeccionar modelos e protótipos (DIMITROV, SCHREVE e DE BEER, 2006).

2. Objetivo Geral

Este artigo objetiva relatar as experiências vivenciadas por meio do componente curricular Estágio Supervisionado em Design, na disciplina de Ergonomia e projeto de produto, do Curso Superior de Design da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, da cidade de São Luís – MA. Onde descrevemos a prática e as opiniões dos alunos, quanto a fabricação de modelos de produtos produzidos através da impressora 3D.

2.1. Objetivos Específicos

- Averiguar a literatura científica sobre modelagem de produtos no Design Ergonômico;
- Pesquisar sobre a fabricação de modelos pela tecnologia de impressão 3D na atividade projetual do designer;
- Apresentar um breve panorama da disciplina, no qual foi realizado o presente estudo;
- Mostrar o resultado da modelagem de produtos feita pelos grupos de alunos bem como a metodologia projetual adotada pelos mesmos.

3. A Modelagem de Produtos no Design Ergonômico

Hendrick (1993) aproxima o campo da Ergonomia e do Design definindo a Ergonomia como uma ciência que desenvolve conhecimentos sobre as capacidades, limites e outras características do desempenho humano e que se relacionam com o projeto de interfaces entre indivíduos e outros componentes do sistema. Dessa forma, a Ergonomia compreende a aplicação da tecnologia na interface homem-sistema, aos projetos ou modificações de sistemas no intuito de contribuir para uma maior segurança, conforto e eficiência do sistema e da qualidade de vida.

Paschoarelli (2003) caracteriza a intervenção ergonômica no âmbito projetual como uma ciência facilitadora que permite a satisfação, o conforto, a segurança e o desempenho proporcionado aos usuários, minimizando problemas de interface. Dessa forma, Lopes e Naveiro (1998) defendem a construção de modelos para comprovar e validar as capacidades dos produtos e responder se atendem ou não as especificidades. Por outro lado, Silva *et al.* (2002) afirmam que o uso de diferentes técnicas e materiais na confecção de protótipos e *mock-ups* possibilitam simular situações de usabilidade com um produto de forma rápida e sem grandes custos, permitindo assim, uma avaliação cognitiva do produto e a realização de análises ergonômicas.

O Design Ergonômico, nesse sentido, trata da relação do homem com os produtos e sistemas, seus métodos preconizam o uso de testes durante o desenvolvimento do produto e para isto, é necessária a utilização de modelos, que podem ainda ser utilizados para verificação, seja ela morfológica, estética, entre outras (PEREIRA, 2015). Assim, observamos que a questão da modelagem é um recurso fundamental no projeto ergonômico.

Logo, sobre esse enfoque no Design as metodologias que possuem uma estrutura metodológica própria e um enfoque ergonômico bem fundamentado são consideradas completas por irem além de meras ferramentas complementares no desenvolvimento do produto. Dentre tais estão: a do *Ergonomi Design Gruppen* (1997), *Product Safety and Testing Group* (metodologia de produtos ergonômicos/seguros) (Norris; Wilson, 1997), Programa Científico para o desenvolvimento de instrumentos manuais (Sandvik, 1997) e Ergodesign (Frisoni e Moraes, 2001) (PASCHOARELLI e SILVA, 2006).

A partir da observação das etapas dessas metodologias, podemos notar que elas apontam a análise ergonômica da atividade como o foco da problematização e a determinação de critérios ergonômicos e de usabilidade como diretrizes para o desenvolvimento do produto. Porém, os aspectos relacionados à avaliação e análise do produto são citados, mas, pouco explorados e/ou discutidos (PASCHOARELLI e SILVA, 2006).

Geralmente, nas fases preliminares de desenvolvimento do produto, durante o Design Ergonômico de instrumentos manuais, por exemplo, os sistemas convencionais de confecção de protótipos e *mock-ups* são os mais empregados (PASCHOARELLI, SILVA e SILVA, 2011).

Sistemas convencionais de confecção de protótipos e *mock-ups* possibilitam simular situações de usabilidade com um produto, e aspectos físicos similares àqueles determinados em projeto, com rapidez e sem grandes custos, permitindo a avaliação cognitiva do produto e a realização de análises ergonômicas. Enquanto que os protótipos de baixa fidelidade (ou *mock-ups*) "... provaram ser uma maneira eficiente de detectar problemas de usabilidade..." (SÄDE *et al.* (1998), p. 59-60 *apud* SILVA *et al.*, 2002).

Existem diferenciações quanto a terminologia e sugestões dos "modelos" a serem utilizados de acordo com o planejamento de uso, área específica ou orientação específica do processo de prototipagem no decorrer do desenvolvimento de um projeto de produto (GEBHARDT, 2003). Segundo Alcoforado (2007) alguns autores se dirigem as etapas de representação de características de um produto ou sistema através do termo prototipagem (*prototyping*). Nesse sentido: *sketches*, *mock-ups*, modelos e protótipos tradicionais são tratados como tipos de protótipos com diferentes níveis de fidelidade, podendo ser de baixa, média e alta fidelidade.

Para Preece *et al.*, (2005) um protótipo de baixa-fidelidade é aquele construído de forma rápida, rudimentar e de baixo custo usando papelão, madeira, reutilização de peças, cola, entre outros e são utilizados como um meio exploratório para comunicar, informar, sensibilizar etc. Não se assemelha muito ao produto final pois, utiliza materiais muito

diferentes da versão final definida. São modelos em que os materiais simulam os reais, por exemplo, uma impressora feita de papelão, um celular de madeira ou poliuretano (PU).

Quanto aos protótipos de média fidelidade, Pazmino *et al.* (2014) dizem que eles demandam maior atenção no acabamento, devido a eliminação de bordas mal-acabadas ou detalhes não resolvidos, levam um tempo razoável de materialização; o material utilizado é de melhor qualidade e similar ao do produto final em cores, texturas, algumas funções e dimensão 1:1, permitindo maior tipo de interação com o usuário; e tem um custo médio de fabricação. Diferente dos protótipos de alta-fidelidade que se utilizam de materiais que estarão no produto final, similar ao produto acabado.

Assim, através da construção de modelos para testes e a participação dos usuários é possível desenvolver e projetar um produto ou sistema que satisfaça as necessidades do usuário. Esses protótipos e *mock-ups* estão presentes em diferentes etapas das metodologias de Design Ergonômico, ressaltando assim sua importância e relevância para o sucesso de um produto ergonômico (PEREIRA, 2015).

3.1. A Modelagem Manual e Digital no Processo de Desenvolvimento do Produto

No projeto de produto a confecção de modelos volumétricos em diferentes materiais é correspondente as etapas projetuais. Os modelos podem ser confeccionados com diversas técnicas de modelagem física. Porém, atualmente, a execução digital faz uso das tecnologias de impressoras tridimensionais e dos *softwares*, estando em voga (HARDAGH e PENNA, 2017).

A técnica da modelagem manual requer habilidade e destreza do modelador, podendo apresentar certa dificuldade no rigor geométrico e dimensional da peça (RELVAS, 2002). Para Hardagh e Penna (2017) esse tipo de modelagem valoriza o processo projetual e não um resultado certo e errado; permite a realização de ajustes finos sem perder a essência do projeto, eximindo a necessidade de fazer alterações drásticas da forma por não conseguir expressar-se com outros meios de representação.

A técnica da modelagem digital está associada aos termos “prototipagem rápida” ou “fabricação indireta” e ou de um produto finalizado como “fabricação direta” através de técnicas como fabricação por adição de material – impressão tridimensional – ou subtração de material – corte e gravação por laser ou jato d’água e usinagem (SCAGLIUSI, 2015). Esta técnica de modelagem pode ser definida como um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (GORNI, 2001).

Dessa forma, as técnicas de modelagem podem ir desde os esboços rápidos até aos protótipos funcionais. A escolha de cada uma depende principalmente dos objetivos de cada fase do projeto, das verbas, dos tempos disponíveis e dos usuários para fazer os testes. Cada uma delas tem as suas vantagens e desvantagens, assim como o seu momento apropriado de uso (PAZMINO *et al.*, 2014).

3.1.1. A Tecnologia de Impressão 3D

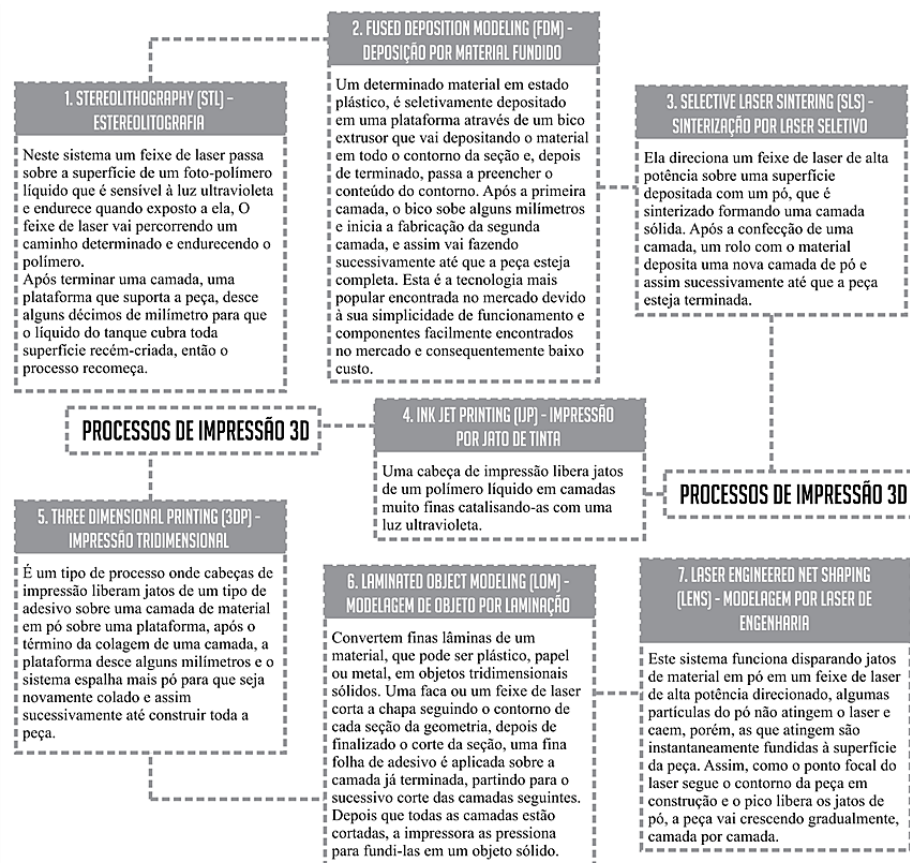
Para confeccionar modelos e protótipos, a impressão 3D está sendo utilizada como ferramenta do processo de desenvolvimento de produtos devido ao ganho de tempo e velocidade na construção de modelos funcionais em relação aos tradicionalmente feitos à mão (DIMITROV, SCHREVE e DE BEER, 2006).

Ela é um tipo de tecnologia que permite obter um objeto final através do fatiamento de uma figura, geralmente na horizontal, por uma fina camada que vai se sobrepondo em diversas outras camadas, uma sobre as outras. O material a ser depositado pode ser um plástico, metal, chocolate, entre outros. Contudo, o mais comum é o uso de plásticos de engenharia como ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), PLA (ácido polilático) entre outros (TAKAGAKI, 2012).

Para obter tal produto, primeiramente é necessário um arquivo técnico de medidas do desenho auxiliado por computador (CAD) através de algum *software*. O arquivo digital do projeto de produto será finalizado em um tipo de formato denominado “arquivo *STL*” (COSTA *et al.*, 2016).

O arquivo *STL* possui representações numéricas para os pontos de suas coordenadas cartesianas o que possibilita que qualquer sistema de prototipagem rápida interprete seus comandos e imprima a camada de desenho formando um objeto real. Então, a impressora 3D fará a leitura de tal arquivo compatível e começará a imprimi-lo (COSTA *et al.*, 2016). A Figura 1 abaixo, mostra os principais processos de impressão tridimensional por manufatura aditiva.

Figura 1: Principais processos de impressão tridimensional por manufatura aditiva



Fonte: Maia, Campos e Obregon (2017).

A maioria das impressoras 3D atuais, não é usada para criar produtos de consumo. Geralmente são utilizadas para criar protótipos ou para produzir moldes, que por sua vez permite a produção de artigos finais. Contudo, já está ocorrendo o uso da impressão 3D para a fabricação de peças definitivas denominando-se de Manufatura Digital Direta (*Direct Digital*

Manufacturing - DDM).

Dentre as quais peças de iluminação, móveis, produtos de tecnologia assistiva, bandejas, bolsas, joias, sapatos etc. estão sendo impressos (TAKAGAKI, 2012). Porém, existem diferentes métodos, conforme visto na figura acima, que podem ser usados para imprimir em três dimensões e estes dependem de variáveis como: o material que se quer usar e o quanto se pode gastar (FREITAS, 2016).

4. Breve Panorama da Disciplina Ergonomia e Projeto de Produto em um Curso Superior de Design

O presente estudo foi efetivado por meio do componente curricular Estágio Supervisionado em Design, na disciplina de Ergonomia e projeto de produto, do Curso Superior de Design da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, na cidade de São Luís - MA. De caráter obrigatório e proveniente do 3º (terceiro) período, esta disciplina possui uma carga horária de 90h distribuídas entre 30h de créditos teóricos e 60h de créditos práticos.

A maioria dos alunos aptos a participar dessa disciplina, geralmente, passaram também pelas disciplinas de representação e percepção visual, metodologia visual, metodologia do projeto, princípios ergonômicos e materiais e processos I que são disciplinas fundamentais a prática projetual.

Um fator de destaque na disciplina Ergonomia e projeto de produto é a forma integrada com que interage, junto à de projeto de produto. Há um professor para ministrar o conteúdo sobre Ergonomia e outro professor para ministrar o conteúdo de projeto de produto. Alguns alunos, por exemplo, foram participantes das duas disciplinas correntes no mesmo semestre, outros não. Cada semestre há a construção de projetos oriundos das demandas de mercado.

Ainda nessa disciplina, ao longo das atividades, os professores dispõem o conhecimento ergonômico e de projeto aos alunos de forma modular teórico/prática, proporcionando aos mesmos que cumpram suas tarefas de maneira equivalente, através da formação de equipes de trabalho. Porém, não há uma metodologia projetual sugerida pelo professor de projeto de produto a ser adotada nos projetos dos alunos, sendo as equipes responsáveis por colocar em prática a metodologia em Design de sua escolha.

5. Materiais e Métodos

O problema delimitado é de ordem qualitativa e trata-se de experiências vivenciadas pelos alunos quanto à fabricação de modelos de produtos produzidos pela impressora 3D, a aplicação do conhecimento ergonômico na produção dos modelos bem como as metodologias utilizadas. A pesquisa é de natureza qualitativa e evidencia a abordagem fenomenológica.

O método de pesquisa buscou o referencial teórico por meio de uma revisão bibliográfica em obras de referência sobre os temas pesquisados. Posteriormente aplicaram-se entrevistas abertas com 09 (nove) alunos participantes da disciplina de Ergonomia e projeto de produto distribuídos em duas equipes.

O preenchimento das entrevistas deu-se através de formulário *online* e os dados foram tabulados e analisados com auxílio do programa *Excel*® da *Microsoft Corporation* e da ferramenta *Word Cloud* para gerar nuvens de palavras a partir das respostas. Para a observação *in loco* utilizou-se uma câmera digital de aparelho celular modelo Samsung J1 2016, conforme Figura 2, abaixo.

Figura 2: Modelo idêntico ao original utilizado na pesquisa.

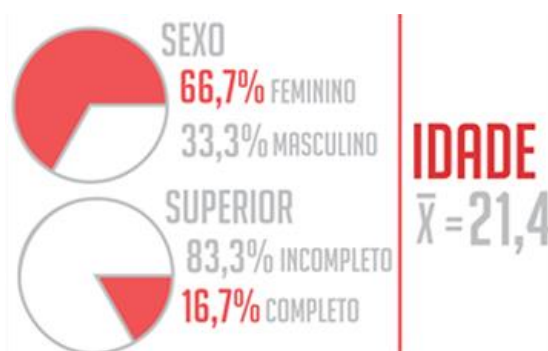


Fonte: pontofrio.com

6. Resultados

Com relação ao perfil dos alunos têm-se, a Figura 3, abaixo:

Figura 3: Perfil dos alunos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação aos modelos de produtos fabricados pelas equipes em impressora 3D, são produtos para o lar, como: o garfo infantil e o protetor de tomadas, de acordo com as Figuras 4 e 5, a seguir.

Figura 4: Modelo impresso 3D do projeto de produto: Garfo Infantil.



Fonte: Equipe autora do projeto.

Figura 5: Modelo impresso 3D (peça na cor vermelha) do projeto de produto: Protetor de tomadas.



Fonte: Elaborado pela equipe autora do projeto.

Quando indagados sobre o motivo de terem escolhido utilizar determinado procedimento metodológico em seu projeto, o termo mais frequente citado pelos alunos foi porque eles já conheciam. Figura 6, a seguir.

Figura 6: Resultado em *Word Cloud* sobre fatores que influenciaram na escolha do procedimento metodológico em seu projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação aos livros ou nomes de autores utilizados na busca da literatura científica para o projeto, Baxter, foi o mais citado, seguido de lida e Munari. Como na Figura 7, abaixo:

Figura 7: Resultado em *Word Cloud* sobre os livros ou nomes de autores utilizados na busca da literatura científica para o projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando inquiridos sobre em que fase do projeto a Ergonomia foi inserida. Os resultados apontaram em todas as etapas, seguido da análise do problema. Conforme Figura 8, abaixo.

Figura 8: Resultado em *Word Cloud* sobre a fase em que a ergonomia foi trabalhada e inserida no projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre qual tipo de modelagem: virtual ou tradicional garantiu vantagem para o projeto da equipe. Os resultados indicaram uma equivalência entre virtual e tradicional. De acordo com Figura 9.

Figura 9: Resultado em *Word Cloud* sobre qual tipo de modelagem: virtual ou tradicional garantiu vantagem para o projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Perguntados sobre as vantagens e desvantagens do uso da impressão 3D na disciplina. Os resultados apontaram que a questão do acabamento e da precisão do formato final foi um ponto vantajoso. Conforme a Figura 10.

Figura 10: Resultado em *Word Cloud* sobre qual tipo de modelagem: virtual ou tradicional garantiu vantagem para o projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7. Discussão

No modelo produzido pela equipe do garfo infantil, conforme Figura 4, um produto novo, para crianças com faixa etária de 12 a 34 meses. Os alunos conseguiram aplicar os dados antropométricos e biomecânicos com facilidade no modelo. Porém, o conceito aditivo do modelo precisou ser revisto, segundo a equipe, alguns requisitos do projeto, como por exemplo, “cantos vivos”. A questão da aplicação do conceito estético como cor e materialização da textura pretendidas não puderam ser concretizados pela impressora. Foi possível com esse modelo, fazer alguns testes simples de uso. No entanto, esse modelo ainda precisa de ajustes e adequações de segurança.

No modelo produzido pela equipe do protetor de tomadas, Figura 5. Foi desenvolvida uma proposta de *redesign* sobre os já disponíveis no mercado. Nesse trabalho, os alunos conseguiram aplicar os dados antropométricos e biomecânicos com facilidade no modelo. Porém, os aspectos informacionais oriundos dos requisitos de projeto não puderam ser atendidos devido à falta de funcionalidade no modelo. Pois, isso dependeria da aplicação de uma outra tecnologia. Em relação a estética, como cor e materialização da textura pretendidas não puderam ser concretizados pela impressora. Contudo, foi possível fazer alguns testes de uso com o modelo. No entanto, esse modelo também precisa de ajustes.

Silva *et al.* (2002) dizem que o uso de diferentes técnicas e materiais na confecção de protótipos e *mock-ups* possibilitam simular situações de usabilidade com um produto, aspectos físicos similares àqueles determinados no seu projeto, com rapidez e sem grandes custos, permitindo a avaliação cognitiva do produto e a realização de análises ergonômicas. Entretanto, não foi possível testar a usabilidade dos modelos de produtos impressos pelos alunos de maneira eficaz.

Comparando, os dois tipos de modelo, o garfo infantil e o protetor de tomadas observamos de acordo com as respostas que a Ergonomia foi abordada em todas etapas do desenvolvimento, mas, ainda sim, percebeu-se que a questão da “funcionalidade” estava vinculada apenas aos aspectos técnicos. Relvas (2002) aponta que muitas vezes os critérios ergonômicos são apenas levados em consideração pelas medidas antropométricas do usuário. Em muitos casos só após a produção do produto é que o mesmo passa por testes de medição e validação para verificar se satisfazem os critérios ergonômicos.

Contudo, Overbeeke e Wensveen (2003) afirmam que só a funcionalidade do produto como tal não basta. Para eles, o usuário está em busca de uma experiência positiva ao invés de meramente um produto. Desse modo, Pereira (2015) evidencia que a associação da Ergonomia no desenvolvimento de novos produtos, os estudos ergonômicos e a confecção de modelos para testes não podem ser dissociados do Design, do *marketing*, da análise funcional, da seleção de materiais, dos processos e tecnologias de fabricação e de métodos de embalagem, armazenamento e transporte.

Quanto ao método/metodologia de projeto que os alunos utilizaram no processo do desenvolvimento de produto, o mais citado foi o de Löbach, e Munari foi o mais citado por ser o mais conhecido entre eles. Schroeder (2009) aponta que o ensino de metodologia projetual costuma figurar no imaginário estudantil como uma disciplina árida e distanciada da prática. Para Portinari (2006) *apud* Schroeder (2009) nos estudantes de Design predomina um perfil pragmático e pouco afeito às elaborações teóricas. No caso, do grupo de alunos que fazem parte desse universo, esse fator pode tê-los influenciado.

Um fato interessante e de se esperar é de que por ser uma disciplina de Ergonomia e projeto de produto, os alunos não buscaram uma metodologia apenas ergonômica ou que têm por base o Design Ergonômico. Paschoarelli (1997) define que a Ergonomia, junto ao Design, trabalha no desenvolvimento e melhoria de produtos a fim de estabelecer segurança e

conforto. O Design e a Ergonomia podem ser considerados disciplinas científicas responsáveis pela compreensão da relação entre homem e tecnologia, em que a primeira determina métodos para desenvolvimento de produtos e a segunda ajusta estes produtos às necessidades e às capacidades humanas. Porém, a falta de não terem citado uma metodologia que une Design e Ergonomia, pode ser tanto por nunca terem tido esse conhecimento ou porque ainda têm em mente que a Ergonomia só trabalha pontualmente.

Alvares e Gontijo (2006) comentam que o ensino de Design, bem como de outras áreas, pautado em disciplinas que fragmentam o saber, tem como uma de suas características o isolamento do fenômeno estudado em relação ao contexto do qual faz parte. Tal característica, aliada a linearidade do processo educacional clássico, dificulta a visão sistêmica do objeto em estudo. E essa dificuldade impacta especialmente na atividade de Design, pois essa requer uma visão abrangente do problema para propor soluções.

Ainda sobre a inserção da Ergonomia no projeto, os alunos citaram que ela está em todas as etapas. Porém, pudemos detectar algumas falhas nos modelos que resultam de aspectos ergonômicos que foram negligenciados durante o desenvolvimento. Como os “cantos vivos”, principalmente no modelo do garfo infantil, o que pode causar acidentes. Isso vai de encontro ao que Relvas (2002) destaca como os benefícios em incorporar os aspectos ergonômicos logo na fase inicial do processo de desenvolvimento do produto.

Com relação aos livros ou nomes de autores mais utilizados pelos alunos na busca da literatura científica para o projeto, Baxter, foi o mais citado, seguido de Lida e Munari. Esse fato dos autores mais citados, tanto no âmbito da busca metodológica, passando pelo mais popular na área, dentro dessa amostra pode estar relacionado a formação dos autores, baseada em métodos estáticos, com diretrizes claras que não permitam o foco no processo criativo e sim no técnico, ou seja, privilegiando a linearidade do processo (GOMEZ, 2003).

Sobre a modelagem virtual e tradicional houve uma equivalência entre ambas. Hardagh e Penna (2017) dizem que muitos estudantes têm capacidade de se expressar através de desenhos, com maior ou menor grau de elaboração – do esboço, esquema, passando pelo técnico e chegando ao ilustrativo. Outros procuram mostrar as ideias mediante modelos físicos. O fato é que ambas as formas de expressão fazem parte dos diversos momentos do pensamento projetual. Contudo, Silva *et al.*, (2002) defende a modelagem virtual, devido a precisão dimensional e possibilidade de avaliar diversos aspectos.

Volpato *et al.* (2007) mencionam que podem-se fazer análises com sistemas de equações e uma planilha de cálculo, análise de montagem (verificação e interferência) com modelos computacionais tridimensionais em um sistema CAD e análise numérica com sistema CAE (análise de tensões, deformações, injeção, etc.). Mas, para Hardagh e Penna (2017) ao modelar manualmente, os erros de projeto são corrigidos em tempo real, pois a verificação vai acontecendo simultaneamente ao ato - modelar é sentir e perceber a forma diminuindo as chances de precisar refazer o modelo no caso de o resultado não atender as expectativas. Além disso, enquanto se modela, surgem novas ideias, adaptações da forma ou simplesmente argumentos necessários para realimentar o projeto.

Porém, para os alunos, a vantagem de utilizar a impressão 3D para produzir os modelos, estava no bom acabamento e precisão do formato final. Como desvantagem, citaram as dificuldades na manipulação do *software* e no fechamento do arquivo para impressão. Hardagh e Penna (2017) apontam que a impressão 3D, no processo de aprendizagem, é adequada para ser utilizada em situações específicas quando, por exemplo, o desenho do projeto é rigorosamente correto e mais rápido de ser executado sem erros ou modificado pelo usuário. Pois, no curso de Design, os alunos necessitam de alfabetização digital mais

aprofundada, visando o uso de programas específicos.

8. Considerações Finais

Nesse artigo, apresentamos alguns conceitos sobre a modelagem de produtos no Design Ergonômico e o uso da impressão 3D no projeto de Design tanto na produção de modelos quanto na confecção de produtos finais. Buscando correlacionar o conhecimento entre ambos os conceitos, procuramos demonstrá-los a partir da experiência de alunos no desenvolvimento de modelos pela impressora 3D, durante a disciplina de ergonomia e projeto de produto.

O conhecimento ergonômico se fez presente durante o desenvolvimento dos modelos, conquanto, apesar dos alunos buscarem o “ponto focal” da Ergonomia, que é a segurança e satisfação do usuário na confecção dos modelos, percebeu-se que ela não pôde ser contemplada de maneira efetiva, principalmente por conta de os modelos não apresentarem características fundamentais para serem utilizados em um teste de usabilidade com usuários, por exemplo.

No entanto, podemos considerar que isso depende do tipo de impressora 3D e do domínio na manipulação do *software* pelos alunos, bem como o conhecimento da máquina em si. Nesse caso, observamos que a impressão 3D no processo de projeto dos alunos ainda não é uma tecnologia dominada pelos mesmos, apesar desta não ser uma tecnologia nova.

Dessa forma, é interessante considerarmos se o ensino dessa tecnologia está em consonância com o projeto de Design e como os alunos estão lidando com a mesma nas universidades. Um possível déficit nessa didática pode acarretar em um atraso na produção e também na propagação desse conhecimento, fazendo com que o designer em formação tenha poucas ou nenhuma experiência com a impressão 3D.

As dificuldades relatadas pelos alunos fizeram com que, por exemplo, uma das equipes tomasse a atitude de procurar contratar uma prestadora do serviço fora da universidade, aumentando o custo do projeto. Dessa forma, tal atitude encaminha-nos a refletir sobre a qualidade das oficinas e laboratórios do curso de Design no que tange o acompanhamento tecnológico academia-indústria-mercado.

Finalmente, notamos a partir dessa experiência que a tecnologia de impressão 3D apesar de antiga, ainda não é debruçada pelos alunos e que a prática da aplicação da Ergonomia no Design ainda possui tímidas repercussões.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e a Universidade Federal do Maranhão - UFMA pelo apoio e auxílio financeiro concedido ao bolsista de tal instituição.

Referências

- ALCOFORADO N., M. G. **Comunicação intermediada por protótipos**. [Dissertação de mestrado] Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife, 210 p. 2007
- ALVARES, M. R.; GONTIJO, L. A interdisciplinaridade no Ensino do Design. In: **Revista Design em Foco**, v. III n.2, jul/dez 2006. Salvador: EDUNEB, 2006, p. 49-66.
- COSTA, M. **Tecnologia | Consumo: Impressão 3D para as massas**. [Editorial] Revista Exame.

Disponível em: <http://exame.abril.com.br/revista-exame/impressao-3d-para-as-massas/>
Acesso em 09/07/17.

DIMITROV, D.; SCHREVE, K.; DE BEER, N. Advances in three dimensional printing – state of the art and future perspectives. **Rapid Prototyping Journal**, Stellenbosch, v. 12, n. 3, p. 12, 2006. ISSN 1355-2546.

ERGONOMI DESIGN GRUPPEN. Shaping success (catalogue). **Bromma: Ergonomi Design Grupper**, 20p, 1997.

FRISONI, B. C.; MORAES, A. de. Ergodesign: uma associação. In: **MORAES, A.; FRISONI, B. C. Ergodesign: produtos e processos**. Rio de Janeiro: 2AB, p. 195-206, 2001.

FREITAS, B. C. de. **Imprimindo a lei: como a impressão 3d afeta a propriedade intelectual**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito, Relações Internacionais e Desenvolvimento da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PUC-Goiás, 212 f., 2016.

GEBHARDT, Andreas. Rapid Prototyping. Ohio: Hanser, 2003.

GORNI, A. A. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos**. 2001. Disponível em: <https://xa.yimg.com/kq/groups/24707830/288918588/name/Prototipagem.pdf> Acesso em: 21/08/17.

GOMEZ, L. S. R. **Os 4P's do Design: uma proposta metodológica não-linear de projeto**. Tese de doutorado ao PPGEP/UFSC, 2003.

HARDAGH, C. C.; PENNA, E. C. Processos pedagógicos manuais ou tecnológicos: desenvolvimento de habilidades fundamentais na formação inicial do Designer. **Revista Linhas**. Florianópolis, v. 18, n. 36, p. 285-304, jan./abr. 2017.

HENDRICK, H. W. **Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety, and quality of work life**. Palestra realizada na COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1993.

LOPES, J.; NAVIRO, R. M. O Uso de Modelos Tridimensionais no Desenvolvimento de Projetos. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, 3, 1998. Anais do 3º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Rio de Janeiro, 1998.

MAIA, P. dos S. M.; CAMPOS, L. F. de A.; OBREGON, Rosane de Fatima Antunes. **A impressão 3d e a ergonomia: um estudo exploratório sobre a ótica do design**. In: Perspectivas de pesquisa em design: estudos com base na Revisão Sistemática de Literatura. Erechim: Deviant, 2017. 195 p. 23 cm. ISBN: 978-85-69114-97-0.

NORRIS, B. & WILSON, J. R. **Designing safety into products – making ergonomics evaluation a part of the design process**. Nottingham: Institute for Occupational Ergonomics/University of Nottingham, 30 p., 1997

OVERBEEKE, K. C. J., & WENSVEEN, S. A. G. (2003) From perception to experience, from affordances to irresistibles. In B. Hannington & J. Forlizzi (Eds.), **Proceedings of International Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces** (pp. 92-97). New York: ACM Press.

PASCHOARELLI, L. C. **O Posto de Trabalho carteira escolar como objeto de desenvolvimento da educação infantil: uma contribuição da ergonomia e do design** [Dissertação de Mestrado]. Bauru: UNESP, 1997, 121p.

PASCHOARELLI, L. C. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultrasonografia: uma proposta metodológica para avaliação e análise do produto** [Tese de Doutorado]. São Carlos: UFSCar, 2003, 143p.

PASCHOARELLI, L. C.; SILVA, J. C. P. Design ergonômico: uma revisão dos seus aspectos metodológicos. **Conexão**. 05 (10): 198-213, 2006.

PASCHOARELLI, L. C.; SILVA, D. C. S.; SILVA, J. C. da S. **Metodologia de Design de Instrumentos Manuais: Mock-ups e Protótipos na Avaliação Ergonômica**. In: Metodologia em design: inter-relações / orgs. Marizilda dos Santos Menezes, Luis Carlos Paschoarelli, Mônica Moura. - São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2011.

PAZMINO, A. V.; PUPO, R.; MEDEIROS, I. Modelos de diversas fidelidades no processo de design interativo. In: Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. **Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 4, p. 1136-1143. São Paulo: Blucher, 2014.

PEREIRA, D. D. **O uso da modelagem aplicada à ergonomia no desenvolvimento de produtos**. [Dissertação] 176f. Bauru-SP. Universidade Estadual Paulista – UNESP. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Bauru, 2015.

PORTINARI, D. B. Capítulo. Design Método. In: **COELHO, Luiz Antonio (Org.)**. Rio de Janeiro: PUC-RIO, 2006. p. 162-168.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de interação: além da interação homem computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

RELVAS, C. A. M.; **Processos de prototipagem rápida no fabrico de modelos de geometria complexa: Estudo realizado sobre modelo anatômico da mão** [Dissertação de Mestrado]. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002, 121p.

SÄDE, S., NIEMINEN, M. e RIIHIAHO, S. Testing usability with 3D paper prototypes. Case Halton System. **Applied Ergonomics**. 29 (01): 67-73, 1998.

SANDVIK. Sandvik's 11-point programme. **The scientific way to develop better hand tools** [catalogue]. West Midlands: Sandvik, 1997.

SCAGLIUSI, N. **Do cinzel ao bit: a revolução das tecnologias digitais no design de joias** / Natascha Scagliusi; orientador: Jorge Roberto Lopes dos Santos. – 2015. 117 f.: il.(color.); 30 cm.

SILVA, E. A.; HEIDRICH, R.; JÚNIOR, W. K. Reflexões sobre técnicas e materiais para agilizar a representação de design de produto: Concepção x Exequibilidade. In: **Anais do I Congresso Internacional de Pesquisa em Design – Brasil** / V Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Brasília, AEnD-Br, 2002.

SCHROEDER, M. A. **Análise da percepção de uma metodologia não linear em design gráfico**. [Dissertação] 166f.:il Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2009.

TAKAGAKI, L. K. Capítulo 3. Tecnologia De Impressão 3d. **Revista Inovação Tecnológica**, São Paulo, v.2, n.2, p.2840, jul./dez. 2012 ISSN 21792895.

VOLPATO, N.; FERREIRA, C. V.; SANTOS, J. **Desenvolvimento de produto**. In: Prototipagem Rápida: Tecnologias e aplicações, São Paulo: Edgar Blücher, 2007.

WOLDSTAD, J. C. **Digital human models for ergonomics**. **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**, Second Edition. Volume 1-3. USA. Taylor & Francis, 2006.