

Técnica de *Kerf Bending* para projeto de mobiliário: a importância da prototipação no processo projetual

Kerf Bending applied to furniture design: the importance of prototyping in design process

Regiane Trevisan Pupo, Dr. – Universidade Federal de Santa Catarina

regipupo@gmail.com

Ana Carolina Gomes, Designer – Universidade Federal de Santa Catarina

anacgdesign@gmail.com

Resumo

A técnica *kerf bending* consiste na realização de cortes padronizados em painéis de madeira compensada para torná-los flexíveis em diversas aplicações. Esta pesquisa direciona a aplicação da técnica utilizando tecnologias de fabricação digital, com objetivo, além estético, de redução de desperdício gerado na preparação de tábuas de madeira maciça. Com característica mono material, ou seja, composto unicamente por madeira, sem adição de outros materiais, a produção de um mobiliário, produto onde a pesquisa foi aplicada, facilita o reaproveitamento da madeira no final do ciclo de vida do produto, diminuindo a geração de lixo em aterros. O projeto pode ser reproduzido pelo próprio consumidor final, diminuindo os impactos causados por grandes indústrias, como o descarte de rejeitos, a poluição ambiental e os diversos ônus de transporte. A fabricação digital se mostra como uma nova forma de produção com impacto ambiental reduzido.

Palavras-chave: *Kerf bending*; Fabricação Digital; impacto ambiental

Abstract

This is a research on kerf bending technique, which consists of making cuts on plywood panels in order to turn them flexible and its application in a furniture project. The project focuses on the application of the technique using digital fabrication technologies, aiming waste reduction generated in the preparation of solid wood boards. The production of this furniture, which is mono material, that is, it is composed only of wood, without adding other materials, facilitates the reuse of the wood at the end of its life cycle. It reduces the amount of waste in landfills. The project can be reproduced by the final consumer, reducing the impacts caused by large industries, such as waste disposal, environmental pollution and various transportation burdens. Digital manufacturing is seen as a new form of production with reduced environmental impact.

Keywords: *Kerf bending*; Digital Fabrication; *Environmental impact*

1. Introdução

Com o avanço das tecnologias de fabricação, é cada dia mais acessível a criação de produtos sem a necessidade de uma grande estrutura de produção. Assim, é possível compartilhar projetos de design virtualmente, para que várias pessoas possam utilizá-los e produzi-los por conta própria. Com o avanço das tecnologias de fabricação digital surge a possibilidade de manipular, por exemplo, painéis de madeira por meio de padrões paramétricos, utilizando corte à laser ou fresamento, transformando chapas de madeira em um material flexível, por meio da técnica denominada *kerf bending*.

A madeira sempre foi um material muito utilizado para confecção de móveis e objetos; algumas das alternativas no uso de madeira maciça em crescimento no mercado são as chapas de aglomerados e compensados. Os painéis de madeira são de fácil produção e transporte, mas seu formato e rigidez dificultam, muitas vezes, que formas orgânicas sejam projetadas e fabricadas com o material.

A técnica de *Kerf Bending* atua nos cortes em madeira de forma estética, além de substituir junções tradicionais da marcenaria. Desta forma promove-se uma diferenciação no design, mantendo a fabricação automatizada, além de facilitar a montagem, economizar material e otimizar o transporte.

A presente pesquisa tem como motivação testar a aplicação dessa técnica no design de um mobiliário, criando possibilidades de inovação e fomentando a utilização de um FabLab – Laboratório de Fabricação Digital, como apoio na fabricação. Para a fabricação do mobiliário, foram utilizadas as tecnologias de corte a laser e fresadora CNC (*Computer Numeric Control*) de grande porte, disponíveis no FabLab PRONTO3D – Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D, da Universidade Federal de Santa Catarina. A utilização da fabricação digital foi imprescindível durante o processo projetual, desde sua criação, durante o desenvolvimento e em sua produção final. Modelos em escala reduzida, testes de fabricação e protótipos em escala real fizeram parte da metodologia, auxiliando na decisão das formas.

2. Metodologia

O *Design Thinking* foi a metodologia utilizada nesta pesquisa. Considerada uma metodologia voltada à inovação (BROWN, 2011), o processo de *Design Thinking* é dividido em três etapas: Imersão, Ideação e Prototipação. Apesar da divisão, a metodologia propõe que o processo pode permear entre as fases, indo e voltando, e dando grande importância à prototipação (VIANNA et al., 2012).

As fases de imersão e ideação serão suprimidas deste artigo visto que seu escopo se concentra no uso da técnica *Kerf Bending* e a importância da prototipação digital no processo projetual. É importante salientar que para a conclusão do trabalho, todas as etapas da

metodologia, a Imersão Preliminar, a Imersão em Profundidade, a Ideação e a Prototipação, foram cumpridas.

Na prototipação, as ideias foram selecionadas e materializadas de diferentes formas e escalas para proporcionar uma melhor visualização da ideia em prática, além da confirmação de sua exequibilidade. Essa fase é a responsável pela validação das boas ideias e descarte daquelas inadequadas. Para Vianna et al. (2012) essa fase é muito importante no processo e deve ser realizada diversas vezes durante o desenvolvimento. E foi o que o decorrer do trabalho proporcionou.

Para uma compreensão global do que será abordado neste artigo, a fase de Imersão no tema de estudo é ilustrada na figura 1, com a elaboração de um mapa mental como forma de mapear os dados e adicionar perspectivas. Brown (2010) aponta que o mapa mental pode ser uma excelente maneira de obter informações visuais sobre ideias abstratas.

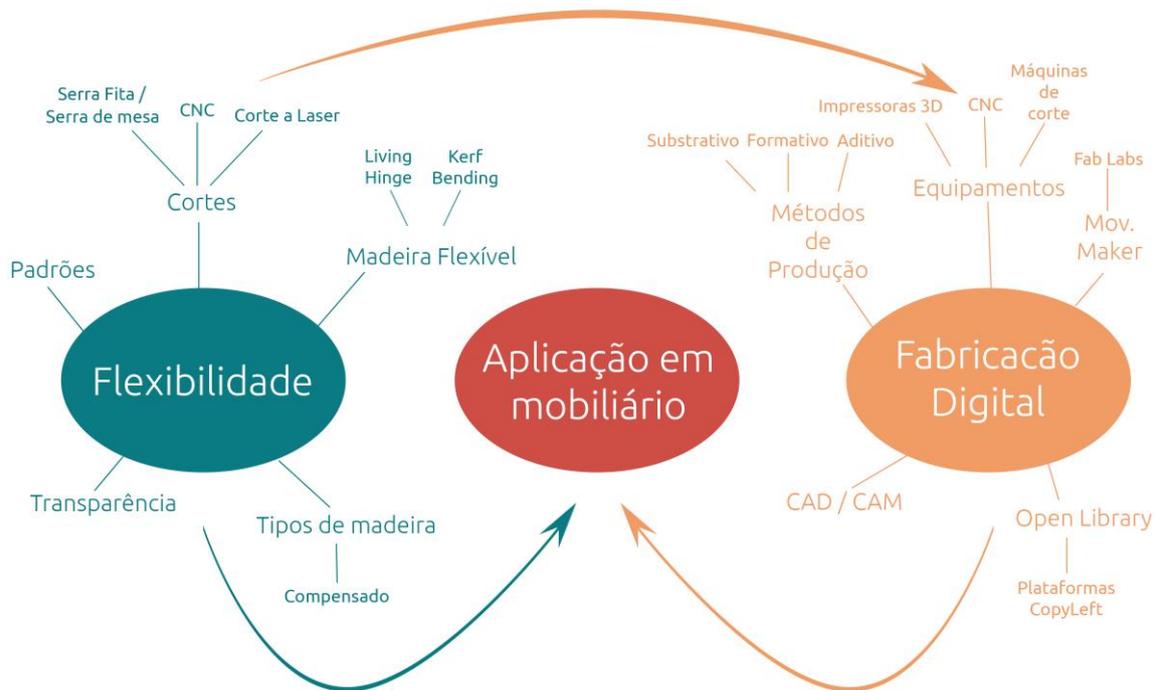


Figura 1: Mapa mental. Fonte: elaborado pelos autores.

Para iniciar o mapa mental, a palavra flexibilidade foi colocada em evidência, e ligada aos tópicos associados a ela. Como os cortes que geram flexibilidade podem ser obtidos utilizando maquinário de Fabricação Digital, esse tema também foi colocado em evidência, e da mesma forma os assuntos vinculados ao tema foram conectados a ele. A união dos dois temas culmina na aplicação da técnica em uma peça de mobiliário.

3. Os FabLabs

Criados em 2009 pelo professor Neil Gershenfeld, do *Center for Bits and Atoms*, no *Massachusetts Institute of Technology*, nos Estados Unidos, os FabLabs – Laboratórios de Fabricação Digital, são espaços que disponibilizam os equipamentos necessários para produção e proporcionam um ambiente criativo para estimular a criação de novos projetos. Segundo a Fabfoundation (2017), os laboratórios oferecem as ferramentas de fabricação digital, tecnologia e o conhecimento de como utilizá-las, com o objetivo de permitir que as pessoas criem e inovem, melhorando suas vidas e a vida de outras pessoas. Os FabLabs conectam a comunidade global a educadores, pesquisadores, tecnólogos, inovadores e criadores.

Esses espaços possibilitam o acesso a equipamentos de alta tecnologia que necessitam de um grande investimento para serem adquiridos. Dessa forma, pessoas que gostariam de produzir algo em baixa escala possuem um ambiente propício para a produção sem custos muito elevados. Entre os equipamentos disponíveis nos FabLabs atualmente estão máquinas de corte a laser, impressão 3D, cortador de vinil, fresadora CNC (*Computer Numeric Control*) e um conjunto de componentes eletrônicos e ferramentas de programação.

Segundo a Fabfoundation (2017) existem aproximadamente 1000 FabLabs em todo o mundo, localizados em 78 países. Esses locais devem ser abertos ao público gratuitamente pelo menos uma vez por semana e além de oferecerem a estrutura também devem promover o compartilhamento de conhecimento através de *workshops* e disponibilizando *online* tudo o que for produzido no laboratório. Existem hoje três categorias de FabLabs: Os acadêmicos, geralmente sustentados por universidades ou escolas; os públicos sustentados por organizações governamentais ou não; e os profissionais, que geralmente cobram taxas de uso por hora, dias ou meses.

Todos os testes de corte desta pesquisa foram executados no PRONTO3D, da Universidade Federal de Santa Catarina, homologado pelo MIT como FABLAB desde 2016. O laboratório conta com impressoras 3D, um equipamento CNC (*Computer Numeric Control*) de grande porte e cortadora a laser.

4. Madeira flexível (*kerf bending*)

O uso de painéis de madeira para fabricação de móveis está em crescimento há anos. Segundo relatório 2016 do IBA - Indústria Brasileira de Árvores (<http://iba.org/pt/>), o consumo de painéis de madeira no mercado nacional foi de 6,4 milhões de m³ e o crescimento nas exportações foi de 52,3% em relação a 2014. Como alternativa no uso de madeira maciça, os painéis facilitam a produção automatizada com móveis retilíneos, porém a diferenciação do design através de formas orgânicas é perdida. A utilização das novas tecnologias de fabricação digital pode mudar esse cenário com os cortes padronizados em madeira, que tornam as chapas em estruturas articuláveis.

4.1 O que é *kerf bending*

A madeira flexível consiste em uma série de cortes padronizados em uma chapa de madeira os quais permitem a movimentação dessa chapa gerando variadas curvaturas. O tipo de madeira escolhida, a profundidade dos cortes e a distância entre eles determinam quanto essa chapa pode ser curvada, por isso cada padrão reage de uma forma diferente. Esta técnica não possui uma nomenclatura específica no Brasil, mas é encontrada em inglês como *kerf bending* ou *living hinges*. De acordo com Fenner (2012), as dobras da estrutura são formadas quando um conjunto de cortes paralelos e sobrepostos dividem um material plano em seções mais finas e ligadas, que podem se curvar do longo do próprio comprimento e permite a torção do material. Os cortes podem ser feitos manualmente utilizando uma serra de mesa, de mão, ou uma serra fita, ou por meio das tecnologias de fabricação digital como por exemplo uma fresadora CNC ou uma cortadora a laser.

Os cortes mais simples, e que podem ser feitos manualmente, são cortes retilíneos na espessura da tábua, deixando uma fina camada de madeira unindo as incisões. Essa camada fina é mais maleável e pode ser curvada enquanto os sulcos na parte mais espessa abrem ou fecham, permitindo a mudança de angulação. Quanto mais perto os sulcos estiverem, maior é o ângulo de curvatura e menor o raio da curva. As figuras 2 e 3 ilustram as diferenças na flexibilidade de cada placa. Da esquerda para direita, o primeiro padrão é o menos flexível, devido a maior distância entre os sulcos e o último é o com maior ângulo de curvatura, devido à proximidade dos cortes.



Figura 2: Padrões com diferentes flexibilidades.
Fonte: Youtube (2012)



Figura 3: Comparação da flexibilidade de cada padrão. Fonte: Youtube (2012)

Outra possibilidade são os cortes padronizados, que seguem padrões bidimensionais computadorizados e podem ter diversos formatos. Cortados em maquinários específicos para fabricação digital, permitem a obtenção de formas orgânicas e espessuras mínimas de cortes. Os padrões são variados e geram diferentes formas de flexibilidade. A empresa suíça Dukta (dukta.com), que começou suas pesquisas no tema em 2007, é uma das pioneiras em comercializar os painéis já cortados e possui seis opções de padrões de corte em seu portfólio, com diferentes flexibilidades e resistências (Figura 4).

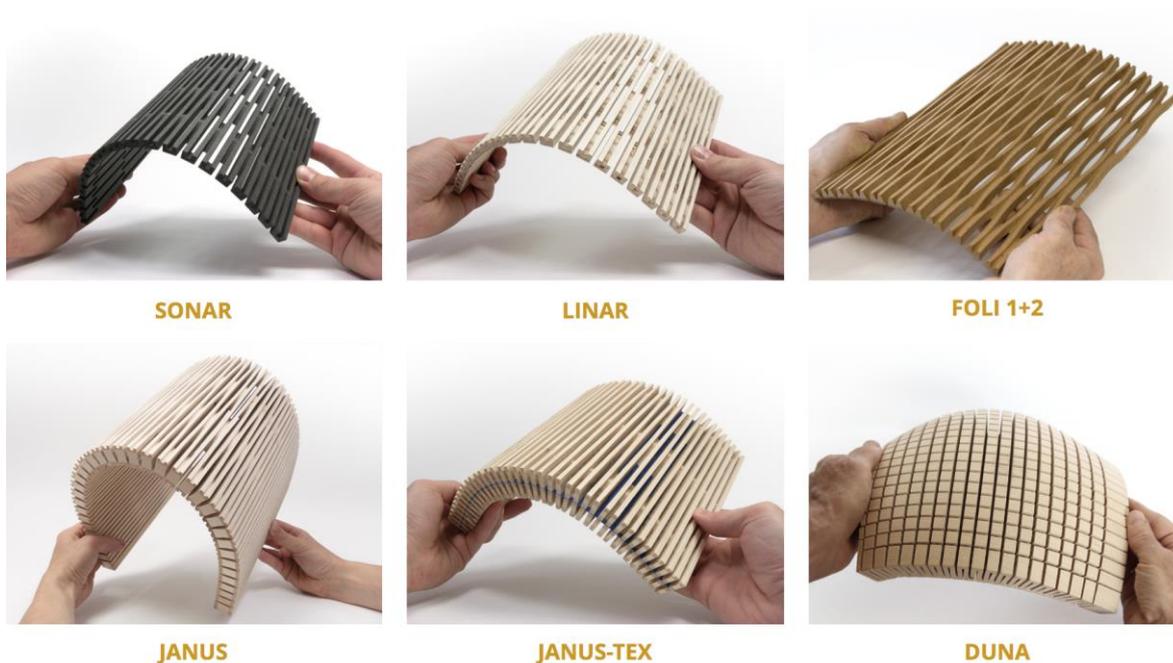


Figura 4: Padrões de cortes. Fonte: Dukta.com (s.a)

A espessura do material, o tamanho e o tipo do padrão mudam a forma como a madeira se comporta quando tensionada.

4.2 Tipos de madeira para este fim

Pela facilidade de trabalhar com lâminas de espessura reduzida e pela escassez e encarecimento da madeira maciça, a utilização da madeira compensada é uma boa solução para as peças curvadas. Os compensados são formados por várias lâminas de madeira coladas com resinas fenólicas ou ureia/formaldeído. As fibras de uma lâmina são perpendiculares às fibras da lâmina consecutiva e, por essa característica, as lâminas ganham mais força quando sobrepostas e o painel compensado apresenta uma elevada resistência mecânica.

Na comercialização, segundo o BNDES (2008), o painel compensado pode ser encontrado em três formas: 1) Multilaminado - lâminas de madeira sobrepostas em número ímpar de camadas coladas transversalmente; 2) Sarrafeado ou *blockboard* - o miolo é composto por sarrafos e as capas com lâminas de madeira e tem camadas de transição compostas por lâminas coladas perpendicularmente aos sarrafos e às capas; e 3) compensado de madeira maciça ou *Three-ply* - três camadas cruzadas de sarrafos colados lateralmente.

No Brasil, os compensados são provenientes principalmente de pinus ou florestas nativas folhosas. Segundo relatório do IBA (2016),

O setor brasileiro de florestas tornou-se, nos últimos anos, um dos mais relevantes no cenário global. Com uma área de 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas, é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país e um dos que apresenta maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde (IBA, 2016).

Ainda segundo o IBA (2016), 29% do total de hectares de árvores plantadas no Brasil em 2015 são áreas de plantios florestais destinados à comercialização da madeira in natura. A produção de painéis compensados aumentou 8,3% em 2015 e 41% dela é destinado ao mercado doméstico. Segundo Rosa et al. (2007) no Brasil os móveis de madeira (incluindo vime e junco) constituem 72% do setor mobiliário. A primeira madeira empregada em móveis foi a madeira nativa, que tem alta resistência física e mecânica, durabilidade e usinabilidade. Mas com o avanço das tecnologias as madeiras passaram a ser utilizadas em forma de lâminas, o que otimiza a utilização da matéria-prima e garante maior sustentabilidade na produção.

4.3 Testes em madeira

Para validar a técnica de flexão da madeira e examinar os diferentes padrões, foram realizados testes em equipamento CNC de grande porte, disponível no laboratório PRONTO3D. Os testes foram divididos em duas etapas. Na primeira, num total de dez diferentes padrões de corte, foram executados os exemplos disponibilizados *online* e sugeridos pela plataforma de Design Obrary (Figura 5). A produção foi típica de uma usinagem em CNC, ou seja, 1) os desenhos foram reproduzidos em software CAD Rhinoceros; 2) transferidos para o software de planejamento de usinagem RhinoCAM e 3) enviados para o software de geração do g-code da fresadora. Com fresa de 4 milímetros de diâmetro, os padrões foram cortados em placas de 250x200mm cada uma, em chapas de compensado com 15 mm de espessura. Nestes primeiros testes, os resultados foram analisados pela qualidade dos cortes, como se comportam quando torcionados e a resistência da madeira conforme o padrão cortado.

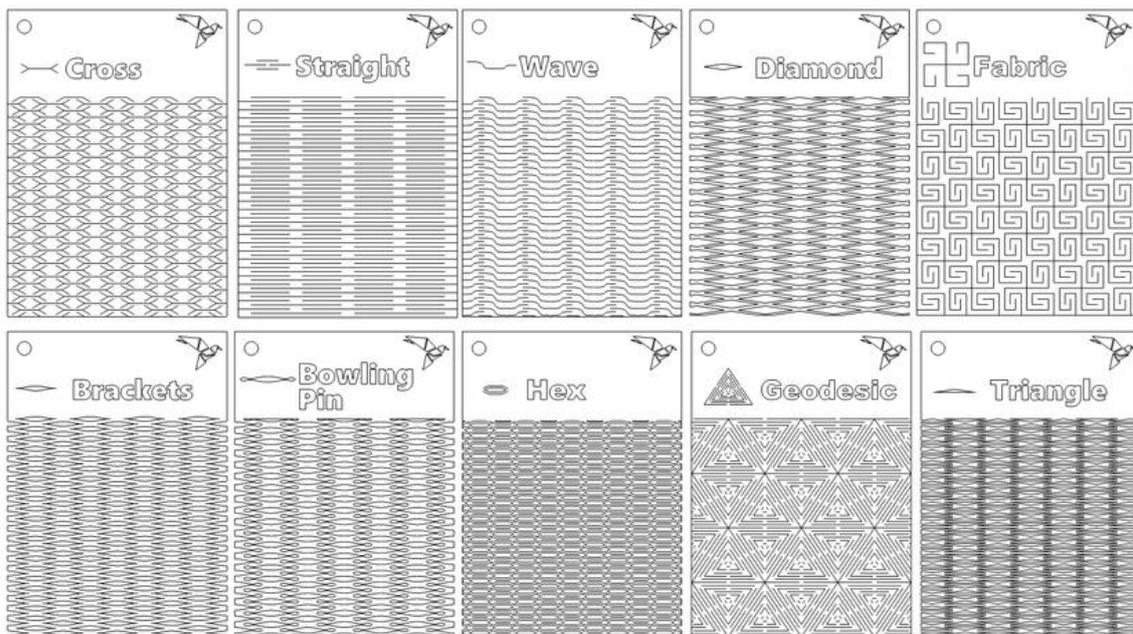
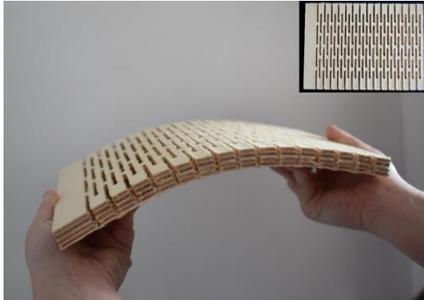


Figura 5: Padrões de cortes. Fonte: Obrary (s.a)

Os dez testes e suas respectivas observações quanto a questões de flexibilidade, dificuldades no corte, resistência, pontos de tensão e curvaturas máximas, são lustrados nas figuras 6 a 15.



Corte Padrão *Straight*:

O mais comum nos objetos encontrados na internet, é composto por linhas retas intercaladas que, nesse caso, foram afastadas a uma distância 1x1mm. Cada milímetro de espessura dos cortes corresponde a um milímetro de distância entre eles. Esse padrão apresentou um corte sem falhas, e bastante rigidez, o que diminuiu a curvatura quando torcionado.

Figura 6: Corte padrão *Straight*. Fonte: elaborado pelos autores.

Corte Padrão *Cross*:

Composto por linhas retas em formato de “Y”, intercaladas que unidas formam uma espécie de colmeia. Esse padrão possui mais área rígida (sem cortes) e por isso não é muito flexível, porém apresenta uma resistência grande à força aplicada.

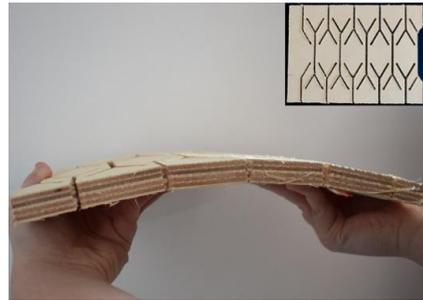
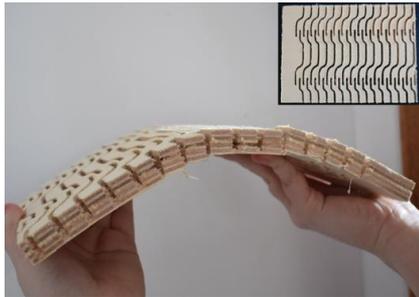


Figura 7: Corte padrão *Cross*. Fonte: elaborado pelos autores.



Corte Padrão *Wave*:

O padrão em formato de onda também intercala os cortes. Apesar de ser bastante rígida, essa forma permite uma grande flexão da chapa, possibilitando a criação de um ângulo maior do que 90° até o início do rompimento.

Figura 8: Corte padrão *Wave*. Fonte: elaborado pelos autores.

Corte Padrão *Diamond*:

É formado por losangos intercalados. Também é um formato muito flexível, mas devido sua grande área de corte não possui tanta resistência às forças exercidas sobre ele.



Figura 9: Corte padrão *Diamond*. Fonte: elaborado pelos autores.

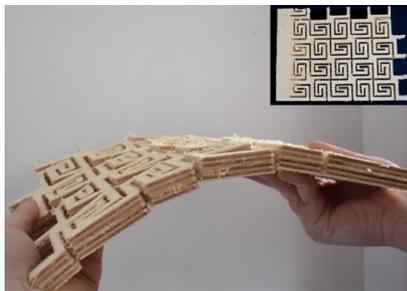


Figura 10: Corte padrão *Fabric*. Fonte: elaborado pelos autores.

Corte Padrão *Fabric*:

Constituído por linhas retas que formam uma espécie de labirinto, apresentou dificuldades na realização dos cortes. Para solucionar isso em um projeto deve ser observado onde o corte externo será feito, o que dificulta no momento de dimensionar o produto. Quando torcido esse padrão reage formando uma curva fragmentada e bastante frágil à rompimentos.

Corte Padrão *Brackets*:

Constituído por linhas curvas que formam uma folha, essa forma é disposta intercaladamente na placa e é removida após o corte. Esse padrão apresentou grande flexibilidade e resistência à torção apesar de possuir pouca área rígida.

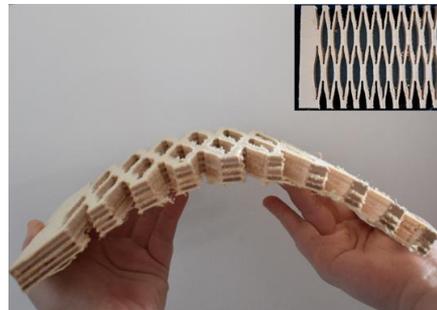


Figura 11: Corte padrão *Brackets*. Fonte: elaborado pelos autores.

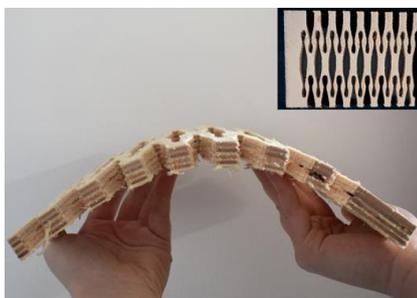


Figura 12: Corte padrão *Bowling Pin*. Fonte: elaborado pelos autores.

Corte Padrão *Bowling Pin*:

O padrão com formato de pinos de boliche intercalados apesar de possuir bastante área livre mostrou uma alta resistência às forças aplicadas sobre ele e um grau de torção razoável.

Corte Padrão *Hexagon*:

Formado por hexágonos alinhados, esse padrão se tornou muito delicado devido à proximidade de alguns cortes. A madeira rompeu no momento da retirada da placa e outros pontos de tensão ficaram muito frágeis, impossibilitando a torção da placa.

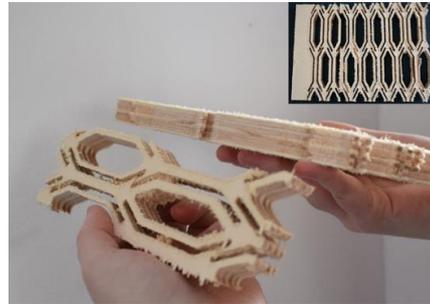


Figura 13: Corte padrão *Hexagon*. Fonte: elaborado pelos autores.



Corte Padrão *Geodesic*:

Mostrou-se o mais frágil de todos. Constituído por linhas que formam triângulos circunscritos, ele se rompeu durante o corte devido à proximidade das linhas. O padrão possui muitas linhas de cortes em diferentes direções, ficando quebradiço à menor força aplicada.

Figura 14: Corte padrão *Geodesic*. Fonte: elaborado pelos autores.

Corte Padrão *Triangle*:

O padrão em formato de triângulos também proporcionou um corte sem falhas e com um formato diferenciado. Mas apesar de possuir bastante área de corte seu raio de curvatura foi pequeno e a propensão ao rompimento foi alta.

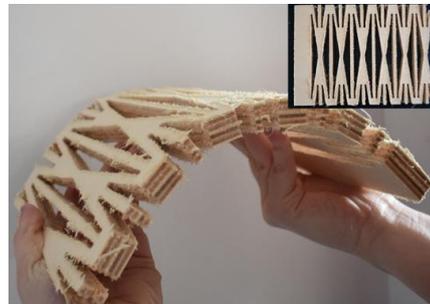


Figura 15: Corte padrão *Triangle*. Fonte: elaborado pelos autores.

A segunda etapa envolveu três testes, de padrões escolhidos pela resistência e elasticidade quando retorcidos, *Straight*, *Wave* e *Bowling Pin*, em tamanho que pudesse simular um mobiliário em escala real: placas de 700 x 300mm, com o padrão centralizado em tamanho 300 x 300mm. As figuras 16, 17 e 18 ilustram as escolhas e suas torções aplicadas.

O Padrão *Straight* foi o corte que apresentou maior resistência, mas pouca maleabilidade, o que torna possível utilizá-lo apenas em grandes escalas ou curvas com maior ângulo.

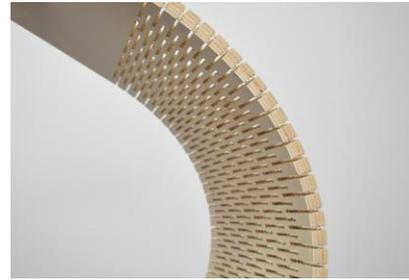


Figura 16: Corte padrão *Straight* em tamanho maior. Fonte: elaborado pelos autores.

O Padrão *Wave* apresentou média resistência e média maleabilidade, com um corte de 30 cm de comprimento foi possível realizar uma curvatura de 90°.

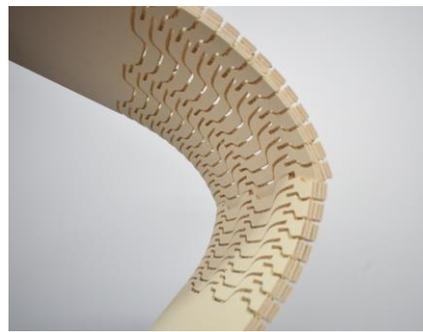


Figura 17: Corte padrão *Wave* em tamanho maior. Fonte: elaborado pelos autores.

O Padrão *Bowling Pin* mostrou-se o mais maleável. No corte de 30 cm foi possível curvá-lo em um ângulo de aproximadamente 270°, porém sua resistência é a mais baixa entre os três padrões testados. Nesse caso há a necessidade de utilizar outras formas de garantir a resistência da superfície conforme a aplicação do corte.

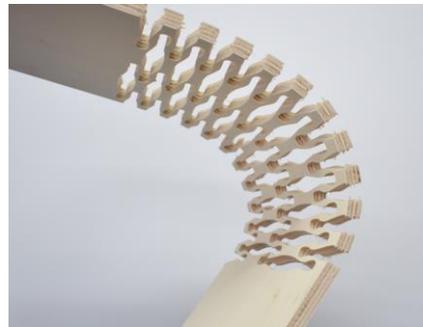


Figura 18: Corte padrão *Bowling Pin* em tamanho maior. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir dessa prototipação digital foi possível analisar as possibilidades de utilização de cada padrão, em tamanho real, e como seria aplicado nas alternativas de projeto para a escolha final.

5. Aplicação no mobiliário

Após os testes dos três tipos de aplicação do *Kerf Bending*, foram criadas 6 alternativas de mobiliário a partir da etapa de ideação da metodologia empegada, objetivando serem testadas e analisadas com a técnica *Kerf Bending*. Para o presente artigo, como destacado anteriormente, somente serão apresentados os testes virtuais e físicos da alternativa escolhida. O padrão de corte escolhido para o projeto foi o *Bowling Pin* devido à sua elevada

possibilidade de curvatura, necessária nesse projeto. A fragilidade do modelo foi suprida pelas divisórias que também auxiliam na sustentação do tampo, removendo grande parte da carga aplicada sobre as laterais. Os pés são encaixados no tampo e possuem uma “saia” com encaixe *intelocking* que auxilia na estabilidade do tampo.

5.1 Testes na alternativa final

A figura 19 ilustra a alternativa final com seu respectivo teste de resistência no software SolidWorks 2015. Nesta simulação foi aplicada uma força de 15 quilos (kg), que corresponde a uma média do peso suportado por mesas de escritório no mercado. As áreas em tons de azul são as áreas mais resistentes, onde praticamente não ocorrem deformações; áreas em tons de verde, amarelo e vermelho há a diminuição da resistência, nessa ordem, sendo vermelha a indicação de maior propensão a deformações. O material utilizado foi o compensado 15mm e as forças agem perpendicularmente ao tampo da mesa.

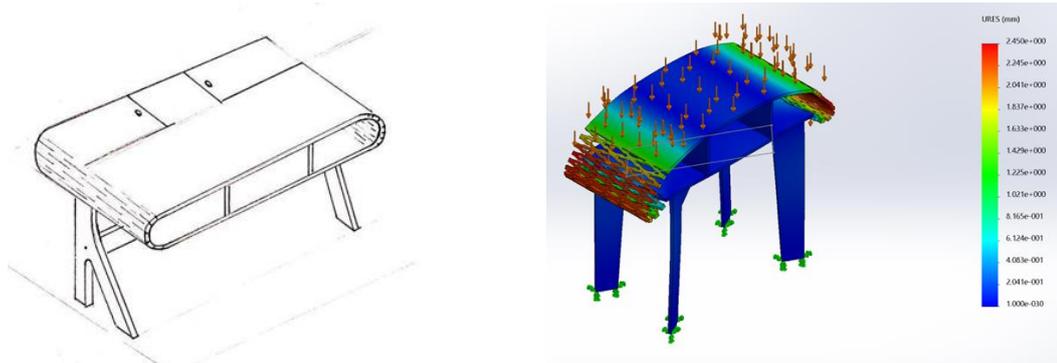


Figura 19: Alternativa escolhida e seu teste de resistência em SolidWorks. Fonte: elaborado pelos autores.

Com estas informações, cada alternativa teve seu modelo produzido em escala reduzida (1:5), prototipado em corte laser, em MDF 3mm de espessura. A figura 20 mostra a alternativa escolhida prototipada em três diferentes tipos de pé e amarração para estabilidade. O modelo físico, mesmo em escala reduzida, apontou diversos fatores que não poderiam ser percebidos nas imagens virtuais, tais como encaixes das chapas, comprimento linear do tampo e estabilidade, entretanto se mostrou de fácil montagem. A matriz de decisão mostrou que esta alternativa apresenta 1) fácil montagem, 2) fácil transporte, 3) resistência, 4) Design atraente e 5) baixo custo.



Figura 20: Alternativa escolhida prototipada em corte laser. Fonte: elaborado pelos autores.

A etapa de prototipação tem grande importância na metodologia do Design *Thinking*; é nela que as ideias são validadas. O projeto vai do abstrato para o físico, proporcionando avaliações realistas sobre ele. Segundo Vianna (2012) um protótipo pode ser uma representação conceitual da ideia, representar aspectos da ideia, ou ser algo o mais próximo possível da solução final.

Assim, na próxima etapa, por meio desse processo de refinamento e estudos de modelos, chegou-se a um projeto de móvel satisfatório que recebeu o detalhamento final para produção: uma mesa de trabalho constituída por uma única chapa de madeira de 2840x1750 milímetros de dimensão, que é curvada e encaixada na parte inferior.

5.2 Modelo final

Com o intuito de validar o projeto desenvolvido, além de verificar possíveis mudanças no projeto, foi produzido um modelo do móvel em escala 1:1 (Figura 21). Com isso, pode-se garantir as proporções das dimensões ao se utilizar uma chapa de compensado comercial de 10 milímetros de espessura. O modelo foi cortado em uma máquina de corte CNC, com uma fresa de 4 milímetros de diâmetro.



Figura 21: Modelo final. Fonte: elaborado pelos autores.

O modelo resistiu ao peso colocado sobre ele sem sofrer danos, também apresentou boa estabilidade em seus pés e tampo. A madeira se curvou como esperado e respondeu razoavelmente bem aos cortes. A produção do modelo foi importante para verificar detalhes do projeto como a precisão dos encaixes e a qualidade do compensado utilizado. Foi averiguado nesse processo a necessidade de adaptação das dimensões do projeto às chapas comerciais de compensado, para que suas características não sejam lesadas na produção.

6. Considerações finais

A pesquisa mostrou a importância da prototipagem durante o processo de projeto, como ferramenta de decisão e entendimento funcional, estrutural e espacial. O uso da técnica de *Kerf Bending* reproduziu testes que aliados à fabricação digital puderam proporcionar o entendimento de um projeto de mobiliário por meio de sua materialização. Aliado a isso, a produção automatizada reduz o desperdício de material, otimiza tempo e, se combinada a um FabLab, pode ser fabricada pelo próprio usuário. Isso capacita, incentiva e evoca o envolvimento do usuário ao próprio projeto, possibilitando a produção de pequenas quantidades, o que reduz o impacto ambiental da fabricação e transporte realizados pelas indústrias.

Referências

- BROWN, Tim. *Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 11 v.
- DOUGHERTY, D. The maker movement. *Innovations*, Cambridge, v. 7, n. 3, p. 11-14, 2012.
- Dukta.com. Disponível em: <http://dukta.com/en/products/semi-finished/>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- FENNER, Patrick. Lattice Hinge Design: Choosing Torsional Stress. 2012. Disponível em: <def-proc.co.uk/b/wghsx/>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- GERSHENFELD, Neil A. *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop-from Personal Computers to Personal Fabrication*. New York: Basic Books, 2005. 278 p.
- GONÇALVES, Ricardo J. Rocha. Regresso à oficina: repercussões do Movimento Maker no ensino em design. 2016. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Design, Departamento de Comunicação e Arte, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10773/17029>>. Acesso em: 03 maio 2017.
- Living Hinge in Wood. Youtube, 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JSIRusl7UPc>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- Obrary. Disponível em: <https://obrary.com/products/living-hinge-patterns>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- VIANNA, Maurício et al. *Design thinking: inovação em negócios*. Rio de Janeiro: Mjv Press, 2012. 162 p.