

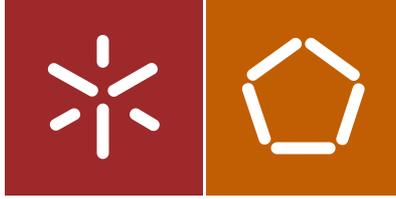


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Lívia Araújo Rosa

Tecnologia de impressão 3D aplicada a suportes de calçado como ferramenta do merchandising visual





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Lívia Araújo Rosa

Tecnologia de impressão 3D aplicada a  
suportes de calçado como ferramenta do  
merchandising visual

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Design de Comunicação de Moda

Trabalho efectuado sob a orientação do  
Professora Doutora Maria José Araújo Marques Abreu  
Professor Doutor Hélder Manuel Teixeira Carvalho

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Nome: Livia Araújo Rosa

Endereço electrónico: [pg31587@alunos.uminho.pt](mailto:pg31587@alunos.uminho.pt)

Telefone: 910865143

Bilhete de identidade: 2736T77S3

Título da dissertação: Tecnologia de impressão 3D aplicada a suportes de calçados como ferramenta do merchandising visual

Orientadores: Professora Doutora Maria José Araújo Marques Abreu

Professor Doutor Hélder Manuel Teixeira Carvalho

Ano de conclusão: 2018

Designação do Mestrado: Ciclo de Estudos Conducente ao Grau de Mestre em Design de Comunicação de Moda

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 4 de dezembro de 2018

Assinatura: Livia Araújo Rosa



## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente dissertação. Confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 04 de Dezembro de 2018

Nome completo: LIVIA ARAÚJO ROSA

Assinatura: Livia Araújo Rosa



## **Agradecimentos**

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos à minha orientadora, Professora Doutora Maria José Araújo Marques Abreu e coorientador Professor Doutor Hélder Manuel Teixeira Carvalho pela disponibilidade e pelo suporte no desenvolvimento deste trabalho, assim como pela compreensão e paciência.

A todas pessoas que conheci ao longo deste Mestrado, que contribuíram com generosidade para o meu aprendizado, em especial ao Vitor. Por fim, um agradecimento especial ao Shafagh D. Tohidi e à minha família pelo apoio para que chegasse a esta fase com sucesso.

A todos meu mais sincero obrigado!



## **Resumo**

Esta dissertação se iniciou com a pesquisa bibliográfica, com o objetivo de adquirir conceitos sobre os temas relacionados ao Marketing Estratégico, com ênfase no Merchandising Visual nos pontos de venda, abordando o comportamento do consumidor, a tecnologia aplicada aos suportes existentes no ponto de venda, a manufatura aditiva e, especificamente, a impressão tridimensional com o uso da técnica de modelagem por deposição de material fundido.

Este projecto consiste no desenvolvimento de protótipos de suportes para calçado obtidos com tecnologia de impressão 3D, a serem utilizados nos pontos de venda de lojas conceito. A aplicação destes suportes consiste no uso de ferramentas que agreguem novas tecnologias disponíveis como alternativas para os métodos tradicionais de produção. Este estudo abordou as tarefas envolvidas para o design e impressão tridimensional tendo como base o uso de matéria-prima proveniente de fontes renováveis, que pode ser reciclado e é um material biodegradável. Foram realizados testes para identificar as melhores condições de uso dos materiais de impressão e certificar a qualidade mecânica dos produtos finais.

Em conclusão, o objetivo principal desta pesquisa é destacar a importância da aplicação de novas tecnologias que sejam capazes de corresponder a uma forma de fabrico, que necessite menos investimento inicial, que possa explorar as diversas possibilidades de design, por meio de produtos que consumam menos recursos, contribuindo com o ambiente e aumentando a eficácia do merchandising visual no ponto de venda. Como resultado, foi possível produzir expositores resistentes para o suporte de calçados, capazes de destacar os produtos. Foi utilizado material proveniente de fontes renováveis, que pode ser reciclado e que também é biodegradável, características que vão de encontro aos valores de sustentabilidade condizentes aos valores de marcas conceituais. Devido ao método de design adotado foi possível reduzir a quantidade de material necessário e consequentemente diminuir o custo de produção, apresentando um expositor a com bom custo benefício.

## **Palavras-Chave**

Protótipos, Impressão Tridimensional, Merchandising Visual, Suportes de Calçados, Ponto de Venda



## **Abstract**

This dissertation began with the bibliographical research, with the objective of acquiring concepts on topics related to strategic marketing, with emphasis on visual merchandising at the point of sale, on consumer behaviour, technology applied to shoe supports in shops, additive manufacturing specifically the three-dimensional impression using the technique of modelling by fused deposition material.

This project aims on developing the three-dimensional prototypes of shoe supports which are used in concept stores. Their application consists in the use of tools that add new technologies available as alternatives to traditional methods of production. This study deals with the task involved in design and three-dimensional printing in which the base material was selected due to the advantages such as been recyclable and biodegradable as well as originated from renewable natural sources. The mechanical tests have been performed to assess the strength of final 3-D printed prototypes. Regarding the good mechanical properties and low production costs, the optimum sample was selected.

The principal objective of this work is to highlight the importance of the application of new technologies to be able to correspond to a form of production that requires less initial investment. This brings design possibilities through products that consume less resources, contributing to the environment, and to increase the effectiveness of visual merchandising at the point of sale. As a result, was possible to produce resistant enough display stands for footwear, capable of highlighting products. The material used originates from renewable sources which can be recycled and it's also biodegradable, characteristics that meet the values of sustainability consistent with the values of concept shops. Due to the adopted design method it was possible to reduce the amount of material needed and consequently to reduce the cost of production by presenting a support with a good cost benefit.

## **Keywords**

Prototypes, three-dimensional printing, Visual Merchandising, shoe supports, point of sale.



# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	vii
<b>Resumo</b> .....	ix
<b>Abstract</b> .....	xi
<b>Índice</b> .....	xiii
<b>Lista de figuras</b> .....	xv
<b>Lista de tabelas</b> .....	xvii
<b>Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos</b> .....	xix
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	21
1.1. Enquadramento teórico.....	22
1.2. Objetivos.....	23
1.3. Metodologia de investigação.....	23
1.4. Estrutura do documento.....	24
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	27
2.1. Comportamento do Consumidor.....	27
2.2. Merchandising Visual.....	29
2.2.1. Expositores.....	32
2.2.2. Vitrines.....	33
2.3. Métodos Tradicionais de Produção de Expositores.....	35
2.3.1. Processo de criação.....	35
2.3.2. Principal Material Utilizado em Suportes para Calçados.....	36
2.3.3. Produção de Folhas de Acrílico.....	37
2.3.4. Deformação Térmica de Folhas de Acrílico.....	37
2.4. Tecnologia para Inovação de Expositores.....	39
2.5. Impressão 3D.....	40
2.5.1. Histórico.....	41
2.5.2. Aplicações e Possibilidades.....	43
2.5.3. Técnicas de Produção.....	45
2.6. Técnicas para Aprimoramento da Produção Tridimensional.....	48
2.7. Materiais utilizados na impressão 3D.....	51
2.8. Comparação de Materiais.....	53
2.9. Etapas de Fabrico da Impressão Tridimensional.....	54
<b>3. Desenvolvimento Experimental</b> .....	57
3.1. Introdução.....	57

3.2.	Entrevista para percepção de mercado.....	57
3.3.	Criação de modelos digitais.....	59
3.3.1.	Metodologia de Redesign.....	59
3.3.2.	Design em Solidworks.....	62
3.3.3.	Arquivo Step.....	62
3.3.4.	Geração da malha.....	63
3.3.5.	Transferência da malha.....	65
3.3.6.	Aplicação do perfil.....	66
3.3.7.	Padrão STL.....	68
3.3.8.	Técnica de impressão.....	68
<b>4.</b>	<b>Modelos de expositores desenvolvidos.....</b>	<b>71</b>
4.1.	Otimização do material utilizado.....	71
4.2.	Modelo S (M1).....	72
4.3.	Modelo S com linhas horizontais (M2).....	73
4.4.	Modelo S modificado (M3).....	73
4.5.	Modelo S modificado (M4).....	74
4.6.	Perfil triangular (M5 e M6).....	75
<b>5.</b>	<b>Teste.....</b>	<b>77</b>
5.1.	Teste Mecânico de Compressão.....	77
5.2.	Quadro comparativo entre expositores.....	80
5.3.	Entrevista para validação dos protótipos.....	81
<b>6.</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro.....</b>	<b>83</b>
6.1.	Considerações finais.....	83
6.2.	Sugestões de trabalho futuro.....	84
	Referências:.....	85
	Anexo I.....	91
	Anexo II.....	95
	Anexo III.....	98
	Anexo IV.....	101

## Lista de figuras

FIGURA 2. 1. IMAGENS DE MODELOS DE EXPOSITORES DISPONÍVEIS NO MERCADO. (ALIBABA, 2018) .....	32
FIGURA 2. 2. SEQUÊNCIA DEMONSTRATIVA DAS ETAPAS DE CRIAÇÃO DE EXPOSITORES (CRIADA PELA AUTORA) .....	36
FIGURA 2. 3. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FOLHAS DE ACRÍLICO (CRIADA PELA AUTORA) .....	37
FIGURA 2. 4. REPRESENTAÇÃO IMAGÉTICA DA DEFORMAÇÃO TÉRMICA DE FOLHAS DE ACRÍLICO E EXPOSITOR EXEMPLO. (ACRYLUX, 2018)....	38
FIGURA 2. 5. COMPARAÇÃO DE CUSTO POR PARTE VS. COMPLEXIDADE OU CUSTOMIZAÇÃO (ADAPTADO DE (CONNER <i>ET AL.</i> , 2014)). .....	44
FIGURA 2. 6. PRINCÍPIO DE SOBREPOSIÇÃO DE CAMADAS ADAPTADO DE (GEBHARDT, 2003). .....	47
FIGURA 2. 7. REPRESENTAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA TÉCNICA SLA(PHAM AND GAULT, 1998) .....	47
FIGURA 2. 8. REPRESENTAÇÃO DA TÉCNICA DE CURA SÓLIDA (SGC) (PHAM AND GAULT, 1998) .....	48
FIGURA 2. 9. ESTRUTURA COM CAVIDADES REVESTIDA POR ESTRUTURA LEVE (WANG ET AL., 2013) .....	50
FIGURA 2. 10. DEMONSTRAÇÃO DE RESISTÊNCIA E OBJETO COM ESTRUTURA OCA (SHEWBRIDGE, HURST AND KANE, 2014).....	50
FIGURA 2. 11. IMAGEM DE EQUIPAMENTO DE RECICLAGEM, PROTOCYCLER (REDeTEC, 2018).....	51
FIGURA 2. 12. CICLO DO PLA ADAPTADO DE (KIJCHAVENGKUL AND AURAS, 2008).....	53
FIGURA 3. 1. FORMAS DE EXPOSIÇÃO ENCONTRADA NA LOJA (IMAGEM FEITA PELA AUTORA).....	58
FIGURA 3. 2. EXPOSITORES UTILIZADOS NA VITRINE (IMAGEM FEITA PELA AUTORA) .....	59
FIGURA 3. 3. METODOLOGIA DE DESIGN ADAPTAÇÃO DE (SALONITIS AND AL ZARBAN, 2015).....	60
FIGURA 3. 4. REPRESENTAÇÃO EM SOLIDWORKS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE EXPOSITORES .....	61
FIGURA 3. 5. EXPOSITORES DE REFERÊNCIA (VITRINIS, 2018).....	61
FIGURA 3. 6. REPRESENTAÇÃO DE CÓDIGOS EM UM ARQUIVO INPUT.....	64
FIGURA 3. 7. REPRESENTAÇÃO DE MALHA CRIADA EM ABAQUS APLICADA AO MODELO M2 .....	65
FIGURA 3. 8. PERFIL DE SOLDAGEM EM FORMATO C .....	66
FIGURA 3. 9. PERFIL RETANGULAR SEMELHANTE A VIGA APLICADO AO SUPORTE (IMAGEM FEITA PELA AUTORA) .....	67
FIGURA 3. 10. ARQUIVO STL APÓS APLICAÇÃO DO PERFIL.....	67
FIGURA 3. 11. DEMONSTRAÇÃO IMAGÉTICA DE CÓDIGO STL ADAPTADO DE (AZEVEDO, 2013) .....	68
FIGURA 4. 1. IMAGEM EM ZOOM, COMPARAÇÃO DE PEÇAS IMPRESSAS (IMAGEM FEITA PELA AUTORA) .....	71
FIGURA 4. 2. MODELO M1 SEM LINHAS HORIZONTAIS .....	72
FIGURA 4. 3. MODELO M2 COM LINHAS HORIZONTAIS .....	73
FIGURA 4. 4. MODELO M3 PERFIL CIRCULAR COM DENSIDADE HOMOGÊNEA .....	74
FIGURA 4. 5. MODELO M4, PERFIL TRIANGULAR COM DENSIDADES DIFERENTE .....	74
FIGURA 4. 6. A) MODELO M5 ; B)MODELO M6 .....	75
FIGURA 5. 1. EQUIPAMENTO DINAMÔMETRO HOUNSFIELD H100KS.....	77
FIGURA 5. 2. SIMULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DA COMPRESSÃO (IMAGEM FEITA PELA AUTORA).....	78
FIGURA 5. 3. GRÁFICOS COMPARATIVOS ENTRE A DEFORMAÇÃO CAUSADA PELA FORÇA DE COMPRESSÃO, À RESPEITO DA DENSIDADE DA MALHA E FORMATO DOS PERFIS.....	79
FIGURA 5. 4. IMAGEM PARA COMPARAÇÃO DA FLEXÃO DO SUPORTE .....	80
FIGURA 5. 5. IMAGEM DO EXPOSITOR M4 COM SAPATOS APOIADOS.....	81



## Lista de tabelas

TABELA 2. 1. ANÁLISE SWOT DA TECNOLOGIA 3D .....	41
TABELA 2.2. MARCOS DA EVOLUÇÃO DE 3DP (WEBER <i>ET AL.</i> , 2013) .....	42
TABELA 2. 3. PARADIGMAS PRODUTIVOS (CHEN <i>ET AL.</i> , 2015) .....	49
TABELA 2. 4. TABELA DE COMPARAÇÃO ENTRE PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS ENTRE MATERIAIS .....	54
TABELA 3. 1. PROPRIEDADES UTILIZADAS NAS IMPRESSÕES .....	69
TABELA 4. 1. TABELA DE TEMPERATURAS DO PLA .....	72
TABELA 5. 1. COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE EXPOSITORES PRODUZIDOS.....	80



## Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

3D – Tridimensional

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno

ACV – Análise do Ciclo de Vida

API – Aplicação para Programação de Interfaces

ASTM – Sociedade Americana para Testes e Materiais

CAD – *Computer Aided Design* – Design com o auxílio de computador

CNC – Controle Numérico Computadorizado

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

FEM – Modelagem de Elementos Finitos

FDM – Modelagem por Deposição de Material Fundido

GUI – Graphic User Interface – Interface Gráfica do Usuário

H<sub>2</sub>O – Água

I – *Input* - Entrada

IDT – *Initial Degradation Temperature* – Temperatura Inicial de Degradação

LOM – Manufatura de Objetos Laminados

MA – Manufatura Aditiva

MRDT – *Maximum Rate of Degradation* – Índice Máximo de Degradação

PE – Polietileno

PS - Poliestireno

PET – Politereftalato

PETG – Politereftalato Glicol

PLA – Ácido Polilático

PMMA – Polimetil-Metacrilato

SGC – Cura Sólida na Base

SLA – Estereolitografia

STL – Standard Tessellation Language

UV – Ultravioleta



# 1. INTRODUÇÃO

No âmbito do mestrado em Design de Comunicação de Moda da Universidade do Minho procurou-se desenvolver nesta dissertação um tema de pesquisa e desenvolvimento na área da Comunicação de Moda, que também fosse de encontro com as novas tecnologias de impressão 3D para agregar ao Merchandising Visual ferramentas inovadoras. Outras preocupações que estão associadas a qualquer tipo ou meio de produção nos dias atuais são aquelas ligadas ao meio ambiente, portanto, foi proposto um material que causasse menor impacto possível no meio ambiente.

A Comunicação de Moda não tem apenas o objetivo de estimular o consumo de forma exagerada, seu papel é também de trabalhar com as diversas ferramentas disponíveis para facilitar a recepção da mensagem pelo receptor, que no caso da moda é o consumidor. Este processo pode ser feito de forma a considerar as preocupações relacionadas com a sustentabilidade. Para o setor da moda que é considerado como um dos mais poluentes, é natural que todos envolvidos nesta área procurem introduzir novas alternativas para reverter esta realidade. Os meios tradicionais de produção são sem dúvida uma forma eficaz de produção em massa, os custos são minimizados ao produzir em grandes quantidades o que consequentemente reduz os valores de produção e aumentam a margem de lucro.

Entretanto, é no contexto de mudanças necessárias na Moda que surge a proposta da mudança na forma de produção de ferramentas utilizadas pelo merchandising nos pontos de venda. Os expositores são uma das formas de agregar a tecnologia disponível aos pontos de venda, nas lojas conceito que buscam representar de forma mais evidente e expressiva a identidade da marca e por isso buscam sempre o que há de mais inovador, permitindo explorar as possibilidades que o design oferece. Este capítulo introdutório procura esclarecer sobre as motivações que levaram ao desenvolvimento do tema, fornecendo enquadramento do mesmo, e enunciando os respetivos objetivos do mesmo, a metodologia de trabalho, e estrutura do estudo.

## 1.1. Enquadramento teórico

O consumo é um aspecto presente na vida dos humanos de forma indissociável, semelhante a outras condições determinantes da sobrevivência. Este aspecto ou prática esteve presente de diversas formas em todos períodos da história da humanidade desde o período paleolítico, quando os humanos passaram a armazenar os excedentes, uma forma de administração rudimentar que possibilitou o surgimento da troca e a subsistência não só como forma de sobreviver. Para compreender e explorar melhor a forma como a sociedade atual lida com o consumo é importante perceber o princípio desta relação e como ela evoluiu. O sociólogo Bauman (2008) estuda na sua obra o ponto de ruptura que teve imensas consequências, que foi caracterizado como “revolução consumista” e que distanciou o consumo do arranjo social ou uma forma de propósito da existência conhecido como “consumismo”.

A economia consumista tem sua base na movimentação constante de bens, o que por consequência gera o movimento da economia. Bauman afirma que nesta economia o processo de criação de produtos e serviços é inverso, “ (...) a regra é que primeiro os produtos apareçam (sendo inventados, descobertos por acaso ou planeados pelas agências de pesquisa e desenvolvimento), para só depois encontrar suas aplicações.” Nesta era de consumo acelerado e excesso de informação, o desafio da comunicação é ser capaz de transmitir a informação importante sem a interferência de ruídos, as mensagens indesejadas que o consumidor tenta eliminar.

A Manufatura Aditiva (MA) surge marcando outra revolução na forma de consumo e produção. Partindo da necessidade de um produto ou da criação de um produto, existente apenas no campo das ideias, o consumidor pode ter domínio total ou parcial sobre as etapas de produção. A manufatura aditiva é composta por um conjunto de diferentes técnicas de produção de objetos em forma física, provenientes de um arquivo digital. Estes processos representam um mercado com a expectativa de crescimento maior que \$21 mil milhões até 2020 Wohlers (2014). Esta tecnologia tem se diferenciado de outros métodos por fabricar partes sem o intermédio de moldes como ferramenta, como é o caso de moldagem por compressão. Ainda que não seja possível produzir todas partes ou que o custo benefício não seja viável por meio da MA, há um universo de oportunidades a serem explorados em termos de materiais e geometrias, que podem ser explorados com o estudo das formas com a alteração do design para adaptar-se às limitações ainda existentes.

## 1.2. Objetivos

Na elaboração desta dissertação procuram-se alcançar os seguintes objetivos:

1. Apresentar por meio de revisão bibliográfica o estado da arte do merchandising visual nomeadamente ao nível do uso de expositores/suportes para calçado e como o uso da tecnologia tem sido feito nesta área do retalho.
2. Desenvolvimento de projetos digitais e realização de protótipos por meio de impressão 3D e, teste em laboratório para verificação de propriedades mecânicas.
3. Determinar de que forma os suportes desenvolvidos com tecnologia 3D poderão contribuir para a comunicação de produtos de moda, face ao seu potencial de design e de reaproveitamento.

Esses objetivos foram formulados de maneira a dar resposta às seguintes questões de investigação:

- Será a impressão 3D capaz de atribuir benefícios ao processo produtivo de suportes para pontos de venda?
- A tecnologia de impressão 3D, tem viabilidade como ferramenta para o merchandising visual?

Também faz parte dos objetivos que os expositores cumprissem com a sua funcionalidade, que é ser instrumento do merchandising visual na disposição de produtos para torná-los mais atraentes ao consumidor e facilitar a comercialização do mesmo. E ainda, criar um expositor com diferencial para o mercado, com um design diferente, que poderia ser produzido com material biodegradável e reciclável, tendo em vista a diminuição do impacto deste produto no meio ambiente. Sob uma perspectiva industrial, o produto criado deveria ter resistência suficiente para a finalidade de suportar calçados sem deformação ou prejuízo na estabilidade do expositor ou mesmo do calçado.

## 1.3. Metodologia de investigação

O desenvolvimento desta dissertação tem por base o uso da metodologia de natureza aplicada, que tem como objetivo a geração de produtos utilizando conhecimentos adquiridos pela pesquisa básica juntamente com as tecnologias existentes até o momento. Os objetivos da metodologia escolhida são exploratórios e explicativos, seguido de procedimentos com pesquisa documental, bibliográfica e experimental para dar respostas às perguntas de investigação.

Nesta pesquisa a metodologia abordada é tanto qualitativa quanto quantitativa, em que a relação de dados e pensamento empírico estão presentes no contexto do trabalho em momentos distintos. Inicialmente será realizada a recolha de informações, dados e ferramentas para abordar teorias existentes sobre o merchandising visual, sobre comportamento do consumidor, a tecnologia aplicada ao merchandising, a manufatura aditiva, as diferentes tecnologias de impressão tridimensional e suas características gerais e especificidades inerentes aos processos de fabricação, formando assim uma base bibliográfica para a investigação.

A seguir, os modelos de suportes para sapatos serão desenvolvidos com o auxílio de ferramentas de Computer Aided Design (CAD) nomeadamente o software Solidworks 2015 (Dassault Systèmes S.A). Na etapa seguinte os protótipos são impressos por uma impressora 3D, quando concluídos terão sua viabilidade testada, em laboratório por teste de compressão, em termos de produção e resistência para aplicação real no ponto de venda.

## 1.4 Estrutura do documento

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No capítulo 1 foi feito um enquadramento do tema, a definição dos objetivos gerais do trabalho e a descrição da metodologia de investigação utilizada.

O 2.o capítulo leva-nos a uma revisão bibliográfica sobre os conceitos chave nesta dissertação: o comportamento do consumidor, o merchandising visual, a tecnologia de impressão tridimensional e métodos tradicionais de produção. Esta sequência dos temas se dá pela necessidade de entender o histórico e mudanças no comportamento do consumidor uma vez que é ele que irá ser o observador das marcas, das estratégias de merchandising visual adotadas e interpretará a mensagem transmitida pelas marcas e os expositores utilizados. Primeiramente foram abordados os métodos tradicionais de produção de expositores e como se realiza o processo criativos neste caso. Para que então fosse descrita a tecnologia a ser adotada, que vai de encontro ao estado da arte da impressão 3D, realizando um enquadramento histórico, suas principais técnicas de produção, levantamento do estado da arte de novas técnicas para o aprimoramento desta tecnologia, um estudo sobre os materiais utilizados especificamente pela técnica de impressão por deposição de material fundido, e uma demonstração das etapas envolvidas neste processo produtivo.

No capítulo 3 desta dissertação foi descrita cada etapa que foi cumprida para a produção de um expositor feito por tecnologia de impressão 3D, por deposição de material fundido. Foi utilizada a

metodologia de redesign para a criação de um modelo digital tendo como inspiração um modelo existente no mercado.

No capítulo 4 são apresentados detalhadamente os protótipos produzidos seguindo a sequência do desenvolvimento da técnica utilizada. Juntamente está presente neste capítulo um quadro comparativo dos modelos.

No capítulo 5 é apresentado o teste de compressão mecânica realizado em cada um dos protótipos. Nesta etapa também foram expostos dados de validação dos protótipos, realizada por meio de entrevista em uma loja conceito de calçados artesanais da cidade de Guimarães.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões finais assim como eventuais perspectivas de desenvolvimento/seguimento do apresentado nesta dissertação.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Comportamento do Consumidor

De acordo com as ideias de Vincent-Ricard and de La Morinerie (2008) as civilizações da forma que conhecemos atualmente só existem porque foram capazes de desenvolver processos de relacionamentos sociais por meio da comunicação interpessoal. Sem o processo de transmissão, recepção e intercâmbio de símbolos as culturas não teriam se desenvolvido podendo chegar ao que somos hoje.

Entender como o consumidor se comporta e reage aos estímulos que lhe são dirigidos é essencial para tornar as formas de comunicação mais eficazes e assertivas. Este abrangente campo, o estudo do comportamento de consumo, é responsável pela compreensão dos processos envolvidos quando indivíduos ou grupos de pessoas selecionam, compram, ou dispõem de produtos, serviços, ideias ou experiências para satisfazer suas necessidades ou meros desejos. São tão vastos tanto os tipos de consumidores como de produtos de consumo, que o interesse pelo estudo desta área tem crescido por parte do marketing, merchandising e ciências sociais.

Estudos sobre comportamento de consumo como de Hogg *et al.* (2006) com foco no consumidor europeu, revelam que as marcas normalmente têm claras e bem definidas as imagens ou personas criadas por meio da propaganda de produtos, embalagem, *branding* e outras estratégias de marca que focam no posicionamento de um produto de certa forma ou adotado por certo grupo de pessoas. Até mesmo a atividade desportiva escolhida por uma pessoa são declarações de um estilo de vida: dizem muito sobre os interesses da pessoa, e também sobre o tipo de pessoa que ele ou ela gostariam de ser. A obra também afirma que as pessoas normalmente escolhem um produto, serviço ou local, ou alinham com um tipo e ideia por gostarem da sua imagem, ou porque sentem que aquela personalidade de alguma forma corresponde com sua.

Segundo pesquisas que fizeram uso de questionários enviados por e-mail para consumidores portugueses Azevedo *et al.* (2008), foram constatadas diferenças não apenas nos atributos do ambiente de loja, mas também diferenças entre sexos no comportamento de compra do consumidor, de acordo com as técnicas de merchandising utilizadas na vitrine das lojas. O estudo mencionado concluiu que, as mulheres dirigem mais atenção às vitrines, principalmente no início da estação, que leva o indivíduo a entrar na loja, sendo, portanto, a mulher mais susceptível a compras por impulso. Tal resultado permite

a designers atribuir mais destaque às novidades em cores, tendências e linhas da estação e especialmente em coleções em que o público alvo seja o público feminino. Assim como no processo de criação das coleções o merchandising visual da loja, por meio da vitrine, especialmente nas lojas para senhoras. As percepções variam em relação aos consumidores do sexo masculino. O estudo Azevedo *et al.* (2008) identificou que este é um público que atribui diferente importância para componentes do visual merchandising como a iluminação da vitrine e visualização dos expositores do interior da loja. O mesmo não se aplica às fragrâncias, ao som ambiente, e aos pontos de iluminação sobre produtos ou sobre a estrutura da loja.

A economia mundial pós Revolução Industrial dominada pelo capitalismo primeiro teve seu foco na produção em fábricas, em sua segunda etapa pós Segunda Guerra Mundial o foco mudou para o consumo. Foi então criada a sociedade de consumo que segundo Edgar Morin (1974 citado em Ferreira, 2009) teve início como forma de estimular o consumo com a criação de diferenciação dos produtos tornando-os mais atraentes aos olhos do público, despertando a vontade dos comerciantes de melhorar a oferta de mercadoria o que, como consequência fez com que os consumidores começassem a procurar diferenciação através da aquisição de produtos como forma de se destacar na multidão. A cultura de massa tornou as pessoas em objetos para o consumo e foi nesse momento que surgiu o marketing e a publicidade para conquistar a mente dos consumidores, criando a diferença entre produtos.

Hoje é possível reconhecer algumas formas de consumo que influenciam a economia, um deles sendo o segmento de luxo que é valorizado e reconhecido por grupos de consumidores com maior poder de compra. A moda não cria apenas produtos e conceitos ela também cria personalidades e estilos de vida que agregam prestígio e reconhecimento a marca e à aqueles que a consomem. Lipovetsky and Roux (2008) afirmam que qualquer marca, para ser respeitada e reconhecida no mercado, precisa ter uma identidade muito forte, ética, belíssima estética e legitimidade.

Desde 1989 Lipovetsky (2009) já abordava conceitos em relação ao consumo que ainda se fazem atuais, referindo-se à necessidade de desvincular a visão de futilidade do mercado de moda ele cita que é necessário que os criadores valorizem a arte em suas criações, justamente por ser através desse conceito que se aprecia a originalidade. O que tem importância agora é fazer a diferença por meio de performances técnicas, utilizando recursos lúdicos, manipulações como a personalização do material. A moda evoluiu e deve continuar sua evolução em sintonia com as novas tecnologias e recursos disponíveis. Ela já deixou de ser somente estética e ampliou sua capacidade, ela já tem influência sobre questões como: homogeneizar valores e reorganização da sociedade.

Na atualidade vemos outra forma diferente de economia, que tem o foco na produção e o consumo ao mesmo tempo, sendo motivada pela produção de conteúdo online gerado pelo próprio usuário. Uma nomenclatura que tem sido muito utilizada é o termo *prosumer*, junção dos termos *producer* e *consumer* em inglês, criada na década de 80 do século passado pelo escritor Toffler and Alvin (1980), descreve um consumidor envolvido no *design* e manufatura de produtos. Sob a análise de Ritzer and Jurgenson (2010) uma nova forma de capitalismo pode estar prestes a ser criada devido aos modelos de negócio baseados em *prosumers* que não requerem um pagamento por um serviço ou disponibilizam sem custos um produto. Ao invés de uma forma que se concentra no produtor ou consumidor exclusivamente este formato do produtor-consumidor as grandes corporações não exercem grande controle na produção e/ou consumo de conteúdo. Este modelo aproxima o consumidor das inovações que tem como base plataformas online por isso é mais frequente em produtos digitais.

Para estudar o fenômeno do envolvimento do consumidor com a tecnologia voltada para a produção de bens, têm surgido empresas-observatório responsáveis por elaborar pesquisas e interpretar os fatores contemporâneos que influenciam o imaginário coletivo em vários lugares do mundo. Um destes observatórios é o Future Concept Lab, fundado por Francesco Morace, que estuda mudanças comportamentais e valores de consumo como fenômeno sociológico e mercadológico. Morace (2012) aborda em sua obra o mercado sobre uma lógica humanística, fazendo uso do termo americano *design thinking* que se trata de uma forma do espectador-autor experimentar o mercado de uma maneira que integra o artístico, o espiritual e o tecnológico. Esses conceitos permitem uma interpretação mais abrangente e atualizada da inovação, que não depende apenas da tecnologia mas da capacidade do consumidor de interpretar, escolher, e combinar serviços, produtos e estéticas de forma a exercer o consumo autoral.

Esta customização ou adaptação dos meios de produção e consumo conforme os interesses dos consumidores tem aumentado de escala nos últimos anos e tem empregado tecnologias de prototipagem industrial para fabricar produtos com características específicas. A impressão 3D é uma tecnologia que oferece uma alternativa de produção e compra aos produtos reproduzidos em massa em países de mão de obra barata como tem sido o caso da China.

## 2.2. Merchandising Visual

De acordo com as definições de merchandising de Silva citadas em 1990 por dos Santos and Cantagallo (2015) a palavra é o gerúndio do verbo *merchandise*, e sua conjugação *to merchandise* significa administrar mercadorias, e quando traduzido para o português equivale a mercadoria. “Na

prática a definição de *merchandising* difere-se, sendo o planejamento e operacionalização de atividades em estabelecimentos comerciais, lojas de retalho, com o objetivo de apresentar, expor bens de consumo de forma a criar impulsos de compra nos consumidores ou usuários, aumentando a rentabilidade de todas operações nos canais de *marketing*".

Conceitos apresentados em Mehta and Chugan (2016) após a análise da percepção do consumidor em relação ao merchandising visual definem o merchandising como ferramenta que trabalha tanto como arte, quanto como uma ciência de apresentação de produtos na sua maneira mais apelativa, dando ênfase em comunicá-lo com os clientes por meio de imagens ou representações. Essa comunicação por meio de estímulos visuais é recebida pelo consumidor por meio da visão, o sentido responsável pela maior parte da nossa percepção, que se dá em termos de segundos, causando o que é chamado de primeira impressão.

A importância do merchandising visual no retalho se dá por ser um conjunto de técnicas que trabalham com informações, como o próprio nome já traz a referência, visuais direcionadas ao consumidor. O retalho é definido por Levy/Weitz citado por Mattsson (2009) como o fornecedor que conecta os fabricantes aos consumidores finais. Os retalhistas formam uma cadeia de fornecimento composta por várias empresas que produzem e vendem um determinado conjunto de bens e serviços ao consumidor. Para que os retalhistas possam cumprir seu objetivo eles devem oferecer produtos e serviços que sejam de interesse dos potenciais consumidores. Esse interesse é criado quando; conseguem criar valor utilizando o merchandising correto, quando conseguem criar um ambiente agradável e ainda, consiga controlar os seus custos para oferecer preços mais competitivos.

Enquanto que o marketing tradicional interpreta as decisões dos consumidores sobre uma visão unicamente racional, afirmando que aquele que consome têm em mente apenas fatores referentes à funcionalidade, limitando o comportamento dos consumidores a fatores racionais. De acordo com Schmitt (1999) o marketing de experiência possui uma interpretação racional e emocional dos consumidores, que desejam desfrutar de experiências agradáveis no momento da compra. Essas experiências podem ser criadas e transmitidas aos consumidores através algumas práticas no ambiente de loja como: a comunicação, a identidade visual e verbal adotada, a forma de exposição do produto e também dos mídias eletrônicos, área em que o merchandising visual atua. As lojas conceito como são denominadas, são os pontos de vendas criados com o planejamento dos fatores acima mencionados,

voltados para o objetivo de criar experiências e transmitir os conceitos da identidade da marca, um diferencial importante entre os demais pontos de venda físicos do mesmo setor.

Partindo do princípio de que o ponto de venda físico é o lugar em que a marca está mais perto do cliente, onde a marca encontra com o público de forma direta, é possível estender o objetivo do *merchandising* de além de tornar o ambiente de loja mais atraente, também de torná-la mais envolvente, diversificada e acessível aos consumidores. Os principais fatores que devem ser trabalhados, em conjunto, e que influenciam a tomada de decisão do consumidor de entrar ou não em uma loja são; o nome da loja e a identidade gráfica escolhida, a fachada, o ambiente, a popularidade da marca. A conclusão alcançada por Kim (2013) em sua pesquisa é que o *merchandising* visual no ponto de venda, diversificado para satisfazer as necessidades dos clientes, despertando valores sentimentais que os consumidores procuram e com o objetivo de melhorar a imagem da marca corporativa leva ao comportamento de compra, criando uma atitude de favoritismo.

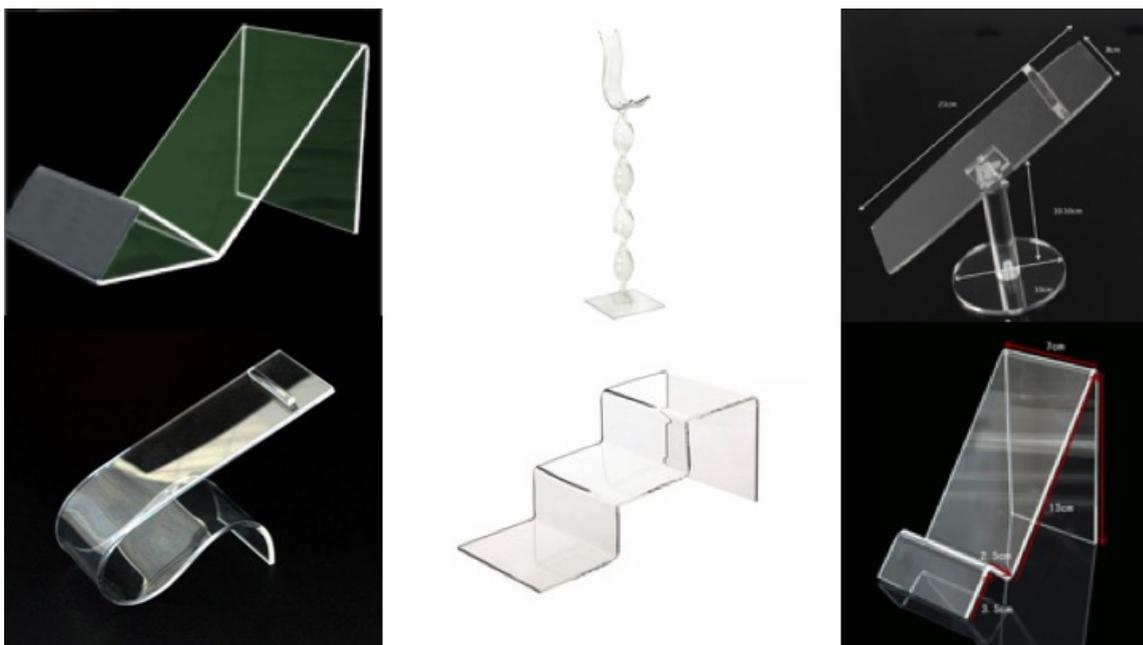
As vantagens do *merchandising* estão mais direcionadas aos fornecedores, e retalhistas no sentido de aumentar a circulação dos produtos, inibir a ação da concorrência, atrair e fidelizar clientes e promover a valorização do ponto de venda. Entretanto, as vantagens são capazes de transcender os benefícios a quem interessa vender, o consumidor também é beneficiado. Suas técnicas proporcionam uma organização mais eficiente, economizando o tempo do consumidor no ato da escolha e posteriormente da compra, e economizando também recursos quando o consumidor consegue identificar artigos com descontos sinalizados de forma eficaz.

Para Winters and Goodman (1984) há quatro formas de exibir produtos, por meio de vitrines, interior, exterior do ponto de venda e forma remota. Segundo Oh and Petrie (2012) nada promove *merchandising* a vendas de forma tão efetiva quanto montra e *display* de interior. Quando usado nas vitrines tem por objetivo comunicar-se com os potenciais consumidores, utilizando de uma imagem com elementos estéticos de *design* aliados à personalidade da marca. As montras permitem aos retalhistas retratar uma imagem particular com produtos que demonstram elementos de *design*, gosto ou personalidade de marca, além de criar e manter uma imagem geral de loja para segmentos de consumidores. De acordo com a autora Blessa (2010, citada em Almeida and Marques, 2012) o *display* tem o dever de atribuir unidade em um local onde vários produtos expostos se interagem, e ao mesmo tempo se destacam no ambiente para atrair a atenção do público.

## 2.2.1. Expositores

Aos expositores as definições atribuídas são de apresentações físicas de merchandising, suportes dos produtos. São demonstrativos de produtos como pontos focais para captar a atenção de pontos mais importantes, que no caso será sempre o produto. Para serem considerados bons *displays* e cumprirem com sua função devem ser coordenados por cores, com acessórios e autoexplicativos. Expositores têm o objetivo de: estimular o interesse pelo produto, fornecer informação, fornecer coordenados, gerar fluxo de tráfego, lembrar consumidores sobre compras planejadas, criar compras por impulso, destacar a imagem visual da loja Wolfe (1998). Os expositores são instrumentos do merchandising, utilizados no ponto de venda, e podem ser utilizados para introduzir ao mercado novos produtos, uma tendência de moda, ou uma nova ideia. Quando são desenvolvidos para um produto específico, como os suportes para calçados, têm como objetivo a venda por meio da apresentação da mercadoria na montra ou no interior da loja, aumentando a quantidade e movimentação de pessoas no espaço de loja.

Os expositores além de estarem presente no interior da loja, para complementar a decoração, também são utilizados nas vitrines para expor acessórios como complemento para o look. Apesar de serem muito utilizados há pouco investimento em design para criar uma diferenciação, como pode ser visto na Figura 2. 1., que mostra alguns dos modelos existentes. Esta ferramenta acaba por ser pouco explorada, devido ao investimento de custos necessários para o desenvolvimento de expositores exclusivos ou adaptados.



**Figura 2. 1. Imagens de modelos de expositores disponíveis no mercado. (Alibaba, 2018)**

### 2.2.2. Vitrines

O merchandising é uma prática recente, datada do início do século XX. Ele surgiu com o desenvolvimento da sociedade e sua consequente modificação da paisagem urbana. Em 1930 ocorreu a popularização do cinema e de musicais, estes por sua vez tiveram grande influência na decoração das vitrines, que era uma das principais formas de disponibilizar ao público os produtos relacionados com os temas de maior interesse na época. Até os dias atuais com o advento do comércio eletrônico a importância das vitrines não diminuiu. Sendo assim, é possível fazer uso das tecnologias recentes disponíveis, associando-as ao merchandising visual para criar variáveis personalizadas com infinitas possibilidades para destacar uma marca das demais. Segundo Morgan (2010) apud (Varela, 2012, p.4) a vitrine do século XXI é dinâmica; criada para entusiasmar e desafiar o consumidor e portanto, quanto mais o possível consumidor for cativado pela vitrine, maior as chances de que ele entre na loja e consuma.

Exibição em vitrines e no interior da loja, estão entre os métodos mais eficazes de transmitir uma mensagem de venda ou prestígio ao consumidor potencial. De acordo com Beê apud Demestresco (2017) em média a vitrina é responsável por 82% das vendas da loja. Podendo ser comparada a um vendedor ou mesmo um cartão de visitas, que está permanentemente ativo no ponto de venda. Apesar de sua natureza imóvel, o que caracteriza uma limitação, é uma ferramenta que funciona mesmo quando a loja está fechada ao público.

Em comparação feita entre a publicidade e as vitrines concluiu-se que elas têm os mesmos objetivos que são; a criação de uma imagem de moda em um período mais extenso de tempo e a venda de produtos em curto período. As técnicas de merchandising podem tornar uma montra ainda mais eficaz em persuadir os consumidores a se identificarem com os temas abordados pela moda, do que técnicas de publicidade ou propaganda. Inúmeros dispositivos podem ser usados para chamar a atenção do consumidor como; cores, movimentos mecânicos, materiais diferentes, recursos de imagem em movimento, esculturas.

A importância da vitrine é destacada também por Griffin (2017) que diz que: em cada loja há um mercado alvo e é o objetivo da vitrine atrair a atenção deste consumidor para o produto que eles desejariam. As vitrines por serem a primeira coisa visualizada pelo consumidor, devem contar uma história e atrair o comprador em um espaço de tempo de três segundos. Uma vitrine pode ser composta por diversos elementos, pode simplesmente expor ou contar uma narrativa com o contexto da imagem

da marca que envolva produtos, design, plano de fundo, expositores, manequins, iluminação, sons e até mesmo aromas.

Em estudos de Fiore, Yah and Yoh (2000) realizados com análise estatística entre 109 mulheres sobre o efeito de expositores de produtos e aroma no ambiente, mostrou-se que expositores/vitrines com aromas adequados foram capazes de gerar efeitos positivos e experiências agradáveis. O resultado dos testes das hipóteses criadas para o estudo provou que a vitrine por si só tem pouco efeito como ferramenta para aumentar receita através do aumento das vendas. E ainda que, colocar um produto na vitrine apenas destacou a maior vontade de pagar a mais pelo produto, mas não destacou a vontade de forma geral a atitude ou intenção de compra. O estudo de Shagal, Shagal and Sharma (2016) revela que o merchandising visual se faz necessário para diminuir custos, evitando erros, poupando tempo e dinheiro, por meio da renovação das lojas de retalho ajudando os clientes a articularem seu estilo pessoal, aumentar o tráfego dentro da loja e também o volume de vendas.

Sobre a negligência do merchandising visual por parte do retalho, pesquisas realizadas por Lea-Greenwood (1998) no Reino Unido mostraram que o setor tem avançado na profissionalização e na centralização do uso de técnicas mais sofisticadas e criativas de merchandising visual no retalho, acompanhadas de benefícios como a comunicação coerente da imagem moda de uma marca, diferenciação entre oferta da concorrência, integração dos esforços promocionais nas marcas, aumento da disponibilidade de tecnologias para facilitar o processo. O autor destaca em seu estudo que os investimentos em merchandising visual aumentaram paralelamente em relação ao aumento da concorrência, e que mesmo que o merchandising visual seja apenas uma parte dos esforços e conceitos de merchandising e design, serve como parte importante sendo o primeiro contato que pode ser feito com o consumidor influenciando na decisão de entrar ou não em uma loja.

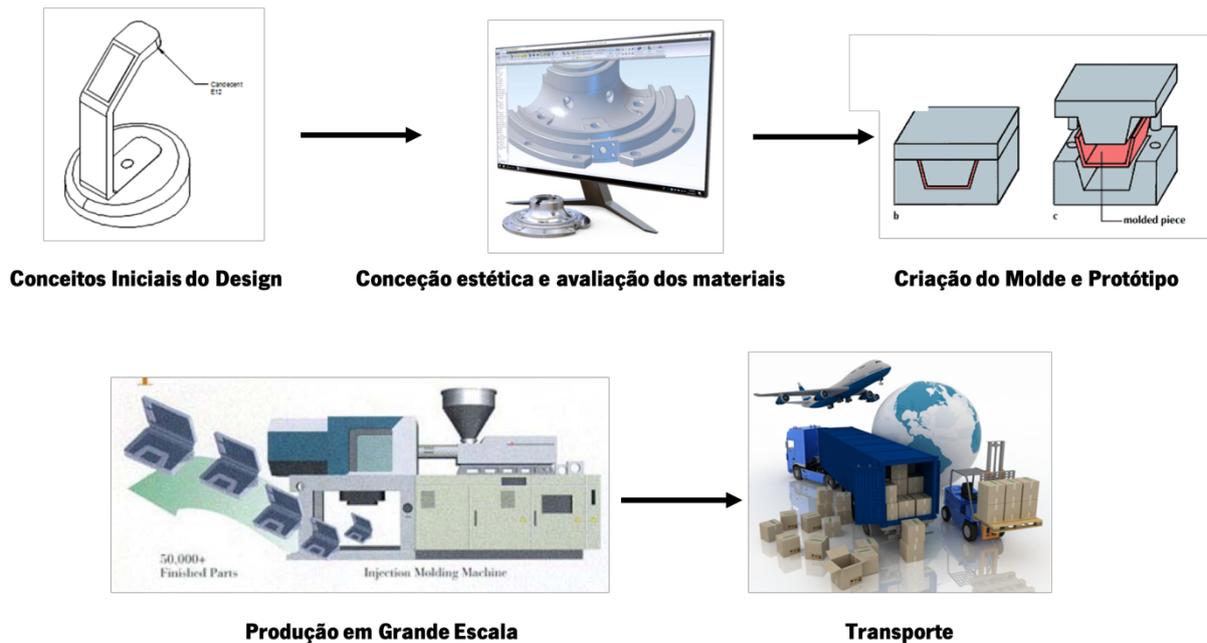
A vitrine funciona, portanto, como um atrativo ou inibidor para o comportamento do consumidor. Sendo de papel vital na comunicação visual por parte do retalhista, da potencial oferta, incluindo a imagem da loja, atributos da marca, aos passantes ou potenciais consumidores. Uma das conclusões que o estudo acima mencionado aponta é que na intenção de diferenciar-se da concorrência os retalhistas devem fazer investimentos em uso de tecnologia como ferramenta do merchandising visual em via de criar uma diferenciação a nível local.

## 2.3. Métodos Tradicionais de Produção de Expositores

### 2.3.1. Processo de criação

A produção de produtos de materiais termoplásticos, no caso deste estudo de expositores, feitos por empresas que têm como clientes lojistas do retalho baseia-se em duas técnicas descritas por Au and Yu (2007): a moldagem por compressão e a moldagem térmica. Ambas são compostas por uma sequência de processos e dependem da complexidade do formato desejado. O processo de criação de um expositor é demonstrado na Figura 2. 2. Tendo início quando um cliente entra em contacto com uma empresa que comercializa expositores tem-se a primeira etapa que é a de interpretação do pedido do cliente, podendo ser ideias ou desenhos. Esta etapa depende do posicionamento de mercado que esse cliente possui, do orçamento para marketing, das tendências de mercado e quantidade de peças desejadas. A etapa seguinte é o momento da criação do design, em que são feitos os desenhos digitais, com duas ou três opções para a escolha do cliente. O design estrutural é realizado de forma a aumentar a eficiência do produto sem prejuízo à função e à segurança. Após a aprovação do design é feita uma estimativa de custos, uma cotação com a lista de materiais a serem utilizados, o método de embalagem, a forma de transporte, e o cálculo do tempo de produção da amostra e prazo de fabricação do produto.

A etapa seguinte é a prototipagem. Neste momento é feita uma amostra do modelo para que o cliente possa confirmar o pedido. Para a obtenção deste modelo pode ser necessário a criação de um molde novo, quando usada a injeção por moldagem, caso o modelo tenha um design que ainda não foi criado ou produzido. Nesta etapa também é criado um plano do equipamento a ser empregado, com a gestão do tempo da linha de produção, podendo incluir a adaptação dos equipamentos. Em seguida são produzidos em massa os produtos tendo em conta o controle de qualidade das peças fabricadas. O processo seguinte é o transporte, que é iniciado quando o processo de fabrico é finalizado.



**Figura 2. 2. Sequência demonstrativa das etapas de criação de expositores** (criada pela autora)

### 2.3.2. Principal Material Utilizado em Suportes para Calçados

Para a fabricação de expositores para pontos de venda o principal material utilizado é o Acrílico ou (PMMA) Polimetilmetacrilato, estado final resultado do processamento da resina metacrilato de metila. Este material está classificado como plástico por ser formado a partir de derivados do petróleo e composto por cadeias de polímeros, sendo que há duas subdivisões destes materiais, os termoplásticos e os termoendurecível. Os termoplásticos são assim denominados devido à sua capacidade de alteração física quando submetido a altas temperaturas e pressões. De forma diferente, há os termoendurecíveis que quando submetidos às mesmas condições sofrem alteração em sua composição.

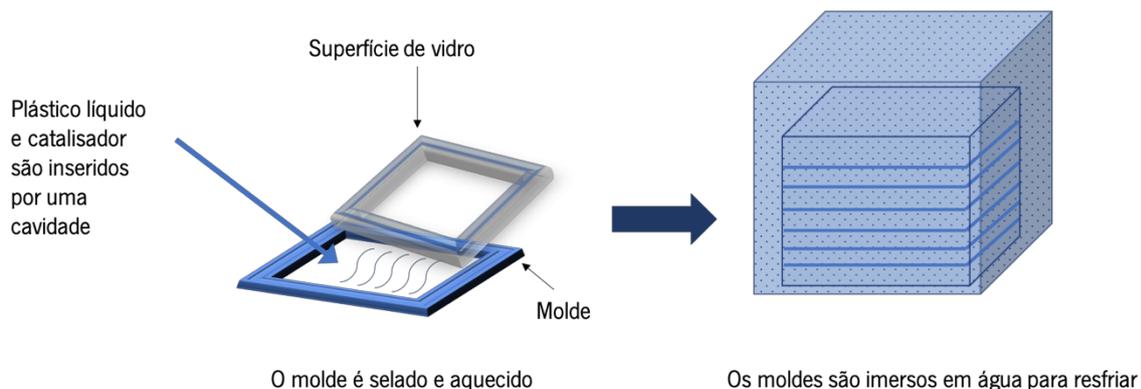
Este material é conhecido desde 1843, sendo fornecido para a indústria na forma de grânulos, que ao serem transformados em chapas podem ser moldadas e utilizadas em diversas áreas, devido a sua versatilidade. Algumas vantagens do acrílico são; sua alta durabilidade, capacidade de resistir às ações climáticas por aproximadamente 10 anos, maior difusão de luz, flexibilidade e transparência, boa resistência ao impacto, quando quebra não forma estilhaços. As principais desvantagens deste material são; baixa resistência química a solventes, álcoois, hidrocarbonetos, INDAC (2015). Por ser usado para a produção de bens duráveis aumentar a reciclagem deste material é difícil. Seu processo de decomposição na natureza demora cerca de 400 anos, sendo necessário um descarte adequado para ser possível a sua reciclagem.

### 2.3.3. Produção de Folhas de Acrílico

Os plásticos acrílicos mencionados anteriormente são comercializados em três formas: folhas planas, formas alongadas e em formato de pó para moldagem. Os pós são feitos por meio do processo de polimerização em suspensão que resultam em grãos de polímero para moldagem ou extrusão.

A moldagem por compressão é um método mais adequado a formatos com menor complexidade. Esta técnica faz uso de um molde e por meio de uma cavidade é introduzido o material a ser moldado. Dentro de cada molde, a quantidade de material deve ser medida com precisão, e deve estar em uma temperatura muito abaixo da temperatura de injeção dos termoplásticos a processar. Este método é mais comum quando os materiais utilizados são resinas termofixas, que são inseridas nos moldes na forma de pós, ou pré-comprimidos a frio em um molde precursor sendo ambos medidos por peso Valyi (1998).

O plástico acrílico em formato de folha é formado por um processo conhecido como polimerização em massa. Neste processo, a reação entre monômero e catalisador ocorre em um molde. Há dois métodos disponíveis: polimerização contínua que é mais rápido e envolve menos processos e a polimerização em lote (Figura 2. 3), método mais comum usado para produzir folhas com espessuras e larguras maiores.



**Figura 2. 3. Processo de produção de folhas de acrílico** (criada pela autora)

### 2.3.4. Deformação Térmica de Folhas de Acrílico

Durante a produção dos expositores as folhas de acrílico são cortadas de acordo com as peças e formatos necessários que compõem um tipo específico de expositor, para isso são utilizados equipamentos com Controle Numérico Computadorizado (CNC) em que um computador converte o desenho digital em números (G-Code) com o uso de um software. Estes números formam coordenadas para o equipamento CNC controlar o movimento de corte na criação das formas desejadas.

Uma das propriedades mais úteis do plástico acrílico é a de ser um termoplástico, pelo que adquire com facilidade formas diferentes quando exposto a altas temperaturas, processo chamado de deformação térmica. Quando o material esfria, volta à temperatura ambiente, recuperando seu estado rígido mas mantém a forma que lhe foi aplicada. Uma dessas formas é a curvatura de linha/dobra de linha. Esta técnica é mais indicada para a fabricação de peças com maior complexidade por ser um processo que garante maior resistência à deformação.

Este método pode ser aplicado a objetos de pequenas e grandes dimensões, em embalagens de produtos de consumo, na fabricação de expositores de ponto de venda, suportes diversos, e peças para revestimento na construção civil. A folha termoplástica é amolecida em uma estação de aquecimento, em seguida é deslocada para uma estação de formação onde é colocada em um molde com o formato desejado. Este é um processo que utiliza ar em alta pressão para formar a folha amaciada, estando representado na Figura 2. 4.



**Figura 2. 4. Representação esquemática da deformação térmica de folhas de acrílico e expositor exemplo.** (Acrylux, 2018)

Esta técnica também conta com outros processos manuais para a montagem e finalização dos expositores. Após o resfriamento das partes as peças seguem para a etapa de montagem. Esta união é feita manualmente com o uso de solventes como, cola polimerizável, que unem o material. Em seguida as peças devem aguardar até o tempo de secagem do material colante, processo que leva cerca de 24 horas. Quando se deseja uma peça com uma estética mais precisa é acrescentada a etapa de acabamento que inclui técnicas de polimento que pode ser feito por diamante, com produtos químicos, polimento por chamas ou lustre com uso de material têxtil.

## 2.4. Tecnologia para Inovação de Expositores

Desde a década de 80 que já se falava sobre o desenvolvimento tecnológico, previsões sobre os efeitos da tecnologia no quotidiano das pessoas foram feitas, sendo que algumas foram capazes de se aproximarem ao que vem a ser a realidade atual. Em 1989 Vincent-Ricard and de La Morinerie (2008) destacaram em sua obra o surgimento de um novo marketing, ligado à comunicação interativa bidirecional entre homem/máquina, que fosse capaz de captar e realizar a análise das reações presentes no intercâmbio de informações entre a tecnologia e as pessoas. Um exemplo desta forma de interação é a disponibilização de *tablets* dentro dos provadores da loja do estilista Karl Lagerfeld em Londres. Os *tablets* foram colocados dentro dos provadores para que os consumidores pudessem provar as roupas, tirar fotos e compartilhar em suas redes sociais.

A inserção de novas tecnologias nos expositores e vitrines no ambiente de loja como ferramentas do merchandising visual é um recurso relativamente recente, que tem sido utilizado apresentando resultados que contribuem para despertar a atenção do consumidor para as experiências criadas transmitindo o estilo de vida, imagem da marca, o que se converte no aumento das vendas e geração de lucros.

Estudos de Sampaio and Baruque-Ramos (2014) sobre os resultados obtidos por marcas que utilizam tecnologia no merchandising visual foram capazes de concluir a necessidade de mudanças nos modelos tradicionais de lojas para interagir com a experiência de compra do cliente jovem. No estudo verificou-se que a tecnologia contribui para agilizar todos processos ao longo da cadeia têxtil e também proporciona experiências para o público, oferecendo não apenas bens tangíveis aos consumidores no ato da compra. Por meio de estudos como este é que a evolução do merchandising fica mais evidente. Se antes o objetivo era tornar o ambiente mais agradável para manter o cliente dentro da loja e influenciar no consumo em maiores quantidades, atualmente o merchandising tem como objetivo além de atrair o consumidor também de proporcionar sua interação com o universo criado pela marca e com os seus produtos para conquistar sua confiança e preferência entre as tantas outras concorrentes.

O uso da tecnologia de impressão 3D oferece oportunidades de mercado, uma vez que não serão necessárias projeções de mercado a longo prazo havendo, portanto, uma conseqüente redução de riscos, e por serem produtos que se encaixam melhor nas necessidades dos clientes. Este método de produção permite que o mercado se adapte e mude a capacidade produtiva quase em tempo real, de acordo com a procura. Aqueles mercados que são considerados pequenos demais para justificar investimento em

maquinário poderão ser explorados.

## 2.5. Impressão 3D

A manufatura aditiva é um método de produção que abrange diversas técnicas, que de forma geral, são capazes de criar um modelo físico por meio de um modelo digital, com a deposição de um determinado material em camadas sobrepostas. Entre os benefícios desta metodologia, Mellor, Hao and Zhang (2014) citam a liberdade para criação de novos designs, eliminação de ferramentas e baixos volumes econômicos. O conceito de Manufatura Rápida (MR) – “produção de peças de uso final por meio do sistema de manufatura aditiva” Hague\*, Mansour and Saleh (2004), apresenta um impacto econômico modesto, embora já esteja bem estabelecido no mercado e seja amplamente aplicada para a prototipagem rápida.

Quando a aplicação da impressão (tridimensional) 3D é avaliada e aplicada de forma correta por empresas no desenvolvimento de produtos é capaz de proporcionar agilidade e competitividade para inovar. Para Aguiar (2013) esta tecnologia proporciona vantagens ao setor industrial que podem se tornar em lucro. Os protótipos podem ser visualizados antes da fabricação, sendo possível detectar falhas o que reduz o tempo de criação de um novo produto até sua chegada ao mercado. Em relação aos processos tradicionais a impressão Tridimensional (3D) diminui a quantidade de processos envolvido na fabricação de peças, não sendo necessárias algumas etapas de montagem, diminuindo também gastos energéticos por unidade de tempo.

Para uma visão geral da tecnologia 3D foi feita uma análise SWOT mencionando os principais pontos positivos e negativos (Tabela 2. 1). Sob a perspectiva do design a manufatura aditiva possui desafios que percorrem a compreensão das limitações a oportunidades que esses novos processos possuem. O designer possui um papel importante de escolher a estratégia mais apropriada tanto para desenvolver novos produtos quanto para a melhoria dos já existentes, e de explorar a liberdade de design para agregar valor e com isso justificar o custo adicional do processo. Segundo Klahn, Leutenecker and Meboldt (2015) as vantagens da Manufatura Aditiva (MA) provêm principalmente do princípio da adição de camadas de material com base em um modelo digital sem a necessidade de ferramentas ou equipamento, o que tem efeito sobre o custo de produção. Comparado com processos tradicionais a complexidade não tem tanta influência, e o impacto da quantidade a ser produzida no custo de fabricação e entrega é limitado. O custo benefício desta tecnologia, em pequena quantidade, permite a produção

de peças e customização em massa a custos razoáveis.

**Tabela 2. 1. Análise SWOT da tecnologia de impressão 3D**

<b>Ambiente interno</b>		<b>Ambiente externo</b>	
<b>Fraquezas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitação de tamanho: para produzir peças com maiores dimensões é necessário mais investimento;</li> <li>• Produção mais lenta: a produção de cada peça tem grande variação dependendo das dimensões;</li> <li>• Falha na qualidade final: o produto final depende do uso do material, maquinário e configurações mais adequadas;</li> <li>• Para uma estética mais refinada necessita de mais processos de pós-processamento;</li> <li>• Permite o uso de material reciclável.</li> </ul>	<b>Ameaças</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição das exportações e importações;</li> <li>• Desconhecimento por parte dos <i>designers</i> sobre características específicas da tecnologia;</li> <li>• Necessidade de mão-de-obra especializada;</li> <li>• Problemas ao nível de direitos autorais;</li> <li>• Falta de aplicabilidade para alguns setores;</li> </ul>
<b>Forças</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite o teste de ideias;</li> <li>• Produção de peças finais;</li> <li>• Diminuição de processos;</li> <li>• Diminuição de custos;</li> <li>• Redução da quantidade de desperdício de material;</li> <li>• Customização sem custos adicionais;</li> <li>• Produção da quantidade necessária;</li> <li>• Redução de emissões de carbono;</li> <li>• Produção mais próxima do consumidor;</li> <li>• Fácil partilha de produtos através da internet.</li> </ul>	<b>Oportunidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclagem para produção de mais matéria-prima;</li> <li>• Possibilidade de design de forma compatível com ambiente;</li> <li>• Criação de postos de trabalho especializados;</li> <li>• Produção de acordo com a demanda/necessidade;</li> <li>• Produção localizada em zonas de difícil acesso;</li> <li>• Favorece o desenvolvimento de pesquisas.</li> </ul>

### 2.5.1. Histórico

A tecnologia de impressão 3D teve início há quase 150 anos com a construção de mapas topográficos e esculturas fotográficas de camadas bidimensionais Thompson *et al.* (2016), mas se tornou possível apenas após o desenvolvimento de suportes, como os computadores introduzidos na indústria durante a década de 1940, desenvolvimento da tecnologia CAD em 1963, posteriormente com pesquisas e patentes dos processos com fotopolímeros e fusão de pós em meados de 1960. Inicialmente estas tecnologias eram utilizadas apenas para a prototipagem rápida para grandes indústrias, para testes de viabilidade, até que nos dias de hoje, a evolução alcançada permite a comercialização de impressoras a

preços mais acessíveis possibilitando o uso em ambiente doméstico, em pequenas empresas, além de fins de pesquisas acadêmicas (Tabela 2.2).

**Tabela 2.2. Marcos da evolução de 3DP** (Weber *et al.*, 2013)

<b>Ano</b>	<b>Marco</b>
1986	Invenção da técnica de Sinterização Seletiva a Laser (SLS)
1987	Invenção da técnica de Manufatura de Objetos Laminados (LOM)
1987	Comercialização da 1ª máquina de Estereolitografia (SLA)
1989	Invenção da técnica de Modelação por Deposição de Material Fundido (FDM)
1989	Invenção da técnica de impressão 3D (3DP)
1991	Primeiro crânio digitalizado e produzido através de Estereolitografia
1992	Desenvolvimento do Nylon e outros materiais
1994	Invenção do feixe de fusão
1995	Início da Revista de Prototipagem Rápida
1997	Primeiro financiamento por capital de risco para sistemas de 3DP
1998	Adoção de STL pela indústria automotiva
1999	Primeiro robô impresso
2000	3DP a cores
2005	Transição da prototipagem para a produção direta
2006	Surgimento do 3DP com metal como matéria-prima
2007	Impressão multimaterial
2008	Primeiros negócios especializados em 3DP
2008	Grande volume de fabrico de máquinas comerciais de 3DP
2009	Utilização de peças de 3DP em <i>Boeing's F-18</i>
2011	Venda de máquinas de 3DP pessoais ( <i>desktop</i> ) ultrapassa as de máquinas 3DP industriais

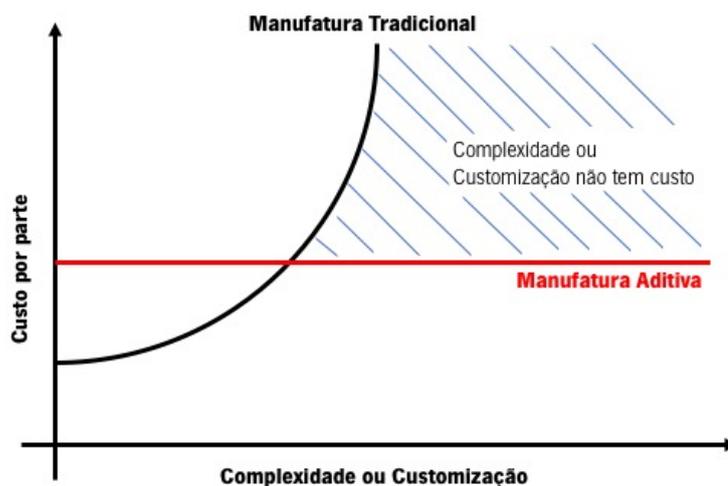
De acordo com as definições de Gibson, Rosen and Stucker (2010) manufatura aditiva é o termo formal para o que era chamado de prototipagem rápida e o que é popularmente chamado de impressão 3D. O termo prototipagem rápida é usado amplamente em indústrias de várias áreas para descrever o processo de criar rapidamente um sistema ou parte dele antes de seu lançamento ou comercialização. De uma maneira geral, os processos são definidos entre aditivos ou subtrativos. Entre a maioria dos processos aditivos, incluindo a impressão 3D, envolvem a divisão dos objetos em camadas horizontais e a construção por meio da adição de material em sobreposição de camadas.

## 2.5.2. Aplicações e Possibilidades

De acordo com estudos de Petrick and Simpson (2013) o aumento das impressões 3D irá substituir a dinâmica competitiva do método tradicional de produção em escala pelo modelo de produção de economia de um. Com menores custos de produção em comparação com o modelo tradicional e a barreira criada entre diversos fornecedores, tal tecnologia tem o potencial de reduzir também a barreira de tempo pela inter-relação entre o design e a produção. Desta forma a produção a nível global se torna mais viável em face à facilidade da distribuição virtual de arquivos digitais. Ambos modelos de economia podem coexistir futuramente, porém, com diferentes utilizações. Segundo Wimmer *et al.* (2015) a manufatura aditiva e a impressão 3D vão estar presentes nos casos de alto nível de customização para o cliente, em pequena escala, e em casos em que o produto final requer características que não podem ser manufaturadas por métodos tradicionais.

Um ponto de equilíbrio no custo é mostrado ao comparar os custos por peça e complexidade. Para peças mais complexas que o ponto de equilíbrio, a manufatura aditiva é o meio mais econômico como mostrado por Conner *et al.* (2014) na Figura 2. 5. Esta ideia pode ser comprovada no presente estudo em que a produção de expositores sem a aplicação da malha levaria a um aumento no custo final do produto, porém, com a aplicação da malha houve um aumento de complexidade, provocando redução do material e tempo de produção que resultou em um custo de produção menor.

A manufatura aditiva em relação as técnicas de manufatura, tem como benefícios: a habilidade de criar formas mais complexas, todos processos de manufatura aditiva criam partes físicas diretamente de um arquivo digital que é uma representação tridimensional, o tempo e habilidades necessários para projetar, fabricar e montar peças são dispensados. Por serem processos digitais há menos possibilidade de erro humano, garantindo precisão Campbell *et al.* (2011). As limitações que essa tecnologia apresenta são a impossibilidade de ser um processo em massa devido ao tempo de produção, a necessidade de desenvolver materiais para impressão, a dificuldade de estabelecer um padrão de qualidade de produção, tendo em vista que os produtos que são comercializados hoje passam por rigorosos processos de qualidade e segurança em que os fabricantes são os responsáveis por estes produtos.



**Figura 2. 5. Comparação de custo por parte vs. Complexidade ou customização** (Adaptado de (Conner *et al.*, 2014)).

O método de impressão 3D é considerado “verde” por adicionar em camadas apenas o material necessário e pela possibilidade de reciclagem dos resíduos resultantes do processo como os suportes criados para impressão gerando, portanto, zero desperdício. Gebler (2014) afirma que o potencial sustentável de produtos impressos em 3D ocorre ao longo de todo seu ciclo de vida. O que resulta em reduções de custos de US \$ 170-593 bilhões, (...) evitando emissões de CO<sub>2</sub> de 130,5 - 525,5 Mt até 2025 nos mercados identificados para o 3DP, Gebler, Uiterkamp and Visser (2014).

Em 2014 a venda de impressoras 3D de nível industrial nos Estados Unidos alcançou um terço do volume total de vendas de automação industrial e robótica. Sendo que algumas projeções são de que este número poderá aumentar para 42% até 2020. Como vantagens do processo aditivo d’Aveni cita que peças antes moldadas separadamente e posteriormente montadas hoje são produzidas como peça única. Um exemplo são óculos solares: o processo de impressão 3D permite que a porosidade e mistura do material plástico variem de acordo com diferentes partes da armação. As peças ao redor da orelha são produzidas com características macias e flexíveis, enquanto que a parte que segura as lentes são duras e resistentes. Neste caso todo o produto é concebido sem que nenhuma montagem seja necessária d’Aveni (2015), o que é possível apenas utilizando materiais com propriedades diferentes mais maleável ou mais rígido.

Pela importância do objeto de estudo uma pesquisa de Ratto and Ree (2012) é aqui abordada. O trabalho faz uma crítica a algumas reivindicações associadas à impressão 3D e conclui que esta tecnologia não é apenas uma mera ferramenta, mas constitui um novo modo de construção de materiais

que recombina design, trabalho de conhecimento e construção de forma inovadora. Os autores assumem que embora a tecnologia tenha que ser melhor desenvolvida, cada vez mais pessoas participarão no processo de produção, e que o papel e a função dos produtores tradicionais irão mudar. O que inclui mudanças no produzir, na apropriação e modificação como atos colaborativos de alternativas de consumo e “engajamento” social, repensando noções que constituem o artesanal, o que é feito por máquinas.

Este novo modelo de construção de materiais tem a capacidade de modificar a forma de produção que tradicionalmente é massificada por um tipo que pode ser caracterizado por customização em massa. As habilidades e capacidades que o processo exige para criação ainda não são de fácil domínio, porém há formas como o uso de designs de acesso livre, com isso os consumidores finais podem assumir o papel realizador do processo de fabricação do que necessitam.

O aumento do interesse de pessoas comuns sobre esta tecnologia está bem representado no estudo de Shewbridge, Hurst and Kane (2014) que analisou os usos mais frequentes da impressão 3D por participantes no ambiente doméstico e concluiu que há mais demanda para a réplica de objetos já existentes do que pela criação de objetos customizados ou peças de reposição para consertar objetos quebrados. Estes participantes também demonstraram forte interesse em ter uma impressora em casa, o que evidencia o aumento do conhecimento deste tipo.

A impressão 3D pode ser adotada por empresas em uma etapa inicial de criação de produto, que torna possível testar a aceitação do novo produto pelos consumidores. Desta forma é possível e mais fácil realizar ajustes no design sem prejuízos consequentes de um alto investimento necessário nos métodos tradicionais de produção. Posteriormente a aprovação do design a escala de produção pode ser alargada com a transferência para processos como a injeção por moldagem.

### 2.5.3. Técnicas de Produção

Tendo em consideração os objetivos de design, limitações dos processos tradicionais de manufatura, necessidades do mercado e dos usuários, materiais, processos, métodos de montagem e desmontagem e manutenção Mital *et al.* (2014), surge o design para a manufatura aditiva. Forma de criação para a produção de produtos definida com clareza por Thompson *et al.* (2016) como prática de design e otimização de produtos juntamente com um sistema de produção para reduzir tempo e custos, de aumentar a performance, qualidade e rentabilidade.

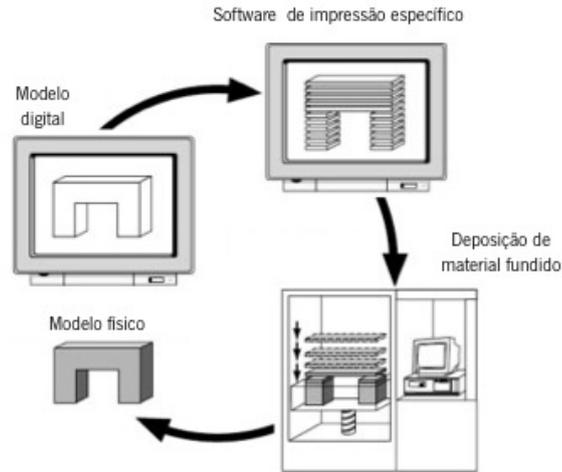
A impressão 3D é uma alternativa que propõe uma revolução não só na forma de produção como também na forma de consumo, sua produção está em conformidade com as necessidades sem excedentes, o que tem profundo reflexo a nível ambiental e econômico. Esta tecnologia permite que o produto seja produzido perto do consumidor mesmo em zonas remotas com recursos naturais limitados, além de evitar gastos com transporte e poluição gerada por ele Martins (2017). A criação de partes ou objetos em 3D permitem a réplica em tamanho real de cada aspecto do produto. Fato de extrema importância na fase final da criação do produto, neste momento o produto é avaliado se realmente é um produto adequado para o uso e comercialização.

Os pré-requisitos básicos para a criação de modelos 3D digitais são basicamente o domínio de softwares, CAD. Esta é uma etapa que demanda quantidade significativa de tempo, por isso quaisquer técnicas que tenham como objetivo tornar esta etapa mais ágil deve ser explorada.

O início pode partir de uma ideia de produto transformada em desenho ou fotografia bidimensional, um conjunto de imagens como aquelas resultantes de uma tomografia, ou também de um objeto tridimensional que pode ser digitalizado por meio de *scanner* neste caso o processo de engenharia é reverso. Em seguida as imagens são transformadas em modelos digitais, com o uso de softwares específicos. Neste arquivo é possível fazer o reconhecimento de erros e realizar alterações necessárias. Em softwares específicos para cada máquina ocorre a preparação da impressão, são criados suportes para estruturas que não possuem base de apoio para o depósito de material, caso necessário, e a etapa final é o detalhamento em camadas criando instruções para a máquina que realizará a impressão.

#### A – Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM)

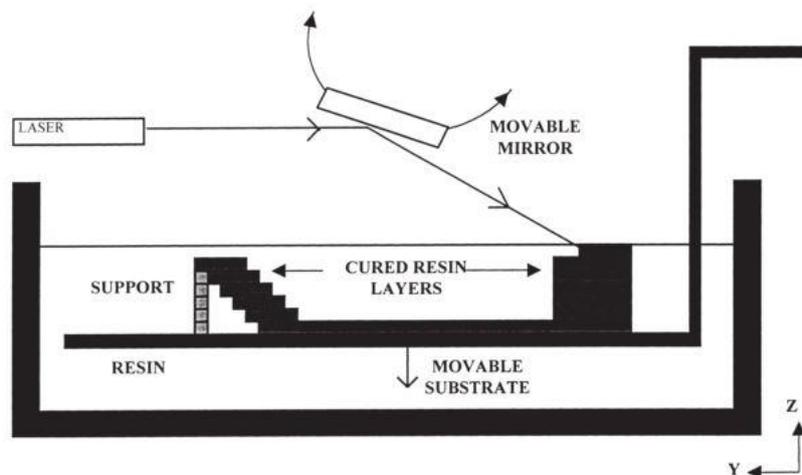
Nesta técnica a máquina possui uma cabeça responsável por fundir o material, em forma de filamento, e depositá-lo sobre a plataforma, assim como demonstrado na (Figura 2. 6). A cabeça de extrusão se movimenta nos eixos X e Y enquanto que a plataforma baixa para que as camadas sejam adicionadas. A peça a ser produzida adere à plataforma, dependendo do material não há a necessidade de aquecimento da base de impressão, alguns termoplásticos necessitam de uma base aquecida e mantida a certa temperatura para que o material não se solidifique rapidamente se deformando antes da aplicação da camada seguinte.



**Figura 2. 6. Princípio de sobreposição de camadas adaptado de** (Gebhardt, 2003).

B – Estereolithografia (SLA - *Stereolithography*)

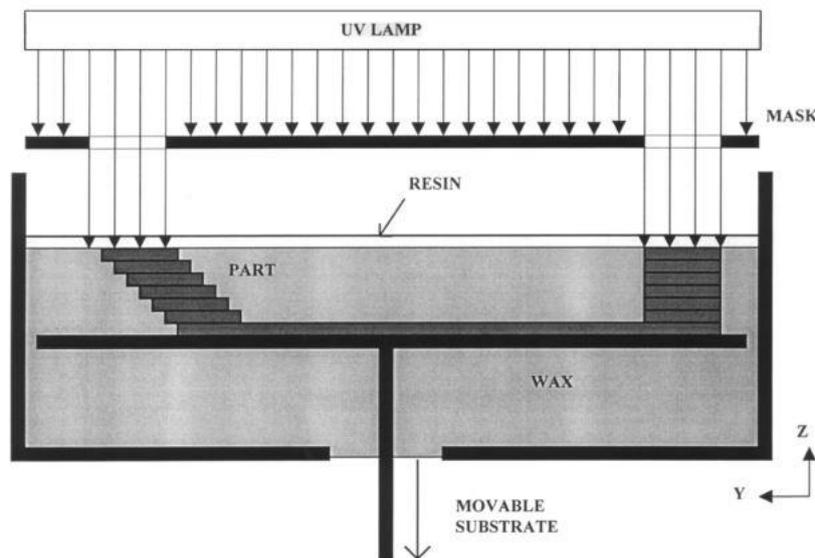
A técnica de *Stereolithography* (SLA) é um dos métodos mais utilizados e foi o primeiro a ser comercializado segundo Mellor, Hao and Zhang (2014). Normalmente usa um laser, para solidificar uma resina fotossensível (polímero líquido) em uma camada bidimensional. Este processo também tem início sobre uma plataforma que baixa para a sucessiva deposição de material (Figura 2. 7). O líquido acima da plataforma é solidificado quando o raio laser de alta precisão atinge sua superfície, e assim sucessivamente até à conclusão do modelo. No final a peça é retirada da plataforma e levada para o pós-processamento que inclui lavagem, retirada do material de suporte que solúvel e cura.



**Figura 2. 7. Representação do funcionamento da técnica SLA**(Pham and Gault, 1998)

### C – Cura Sólida na Base (SGC – *Solid Ground Curing*)

Esta forma de produção também envolve o uso de matéria-prima líquida, e funciona de forma semelhante à de SLA. Há algumas diferenças entre essa técnica e a anteriormente descrita, a forma que o processo de solidificação ocorre, ele é simultâneo em toda a camada de material, e não ponto a ponto. Um material é colocado na superfície sob o material a ser solidificado para garantir que apenas a radiação Ultravioleta (UV) ultrapasse (Figura 2. 8). No final o excesso de resina é retirado e substituído por cera que se torna o suporte até o pós-processamento Pham and Gault (1998).



**Figura 2. 8. Representação da técnica de cura sólida (SGC)** (Pham and Gault, 1998)

## 2.6. Técnicas para Aprimoramento da Produção Tridimensional

Guardada as proporções, diversos setores são afetados pela disponibilidade desta tecnologia, capaz de democratizar a produção. O design é a área que tem grande potencial para gerar oportunidade de negócios relacionados a tecnologia de 3DP. Por meio do projeto de novos produtos, com *know-how* exigido para isso e gestão da democratização da produção.

De acordo com Chen *et al.* (2015) sobre a evolução de paradigmas, é um assunto que mantém relação com o surgimento de novos métodos de organização do trabalho e também de novas tecnologias de produção. A impressão 3D tem a capacidade de combinar os paradigmas do baixo custo de produção em massa com a produção de produtos unitários personalizados ao consumidor final como pode ser verificado na Tabela 2. 3.

**Tabela 2. 3.Paradigmas produtivos (Chen *et al.*, 2015)**

<b>Design e produção</b>	<b>Produção artesanal</b>	<b>Produção em massa</b>	<b>Customização em massa</b>	<b>Manufatura direta digital</b>
<b>Quem?</b>	Artesão	Designers e especialistas	Designers e especialistas	Rede de pessoas
<b>Como?</b>	Base na experiência	Base no projeto	Base no projeto	Cria ou efetua o download
<b>Onde?</b>	Oficina	Fábrica	Fábrica	Máquina de 3DP
<b>O quê?</b>	Produtos Variáveis	Produtos Standard, com alta qualidade	Produtos Standard, alta qualidade e variantes predefinidas, produtos personalizados	Produtos personalizados e variáveis
<b>Quantos?</b>	Lote Unitário	Grandes lotes	Pequenos lotes	Lote unitário
<b>Pra quem?</b>	Consumidor	Consumidores passivos	Consumidores ativos	Prosumidor (em rede ou individualmente)

Os criadores de modelos digitais para impressão 3D podem trabalhar para elevar a complexidade dos objetos para torná-los mais orgânicos tanto em seu formato quanto em suas funcionalidades. É possível reduzir o número de partes combinando recursos em uma peça, o que reduz significativamente o tempo de produção. Peças que não são facilmente configuradas para usinagem ou que não usem formas de estoque para minimizar o processo e o desperdício agora podem ser projetadas com a minimização do uso de material e otimizando relações de força/peso Chua, Leong and Lim (2010).

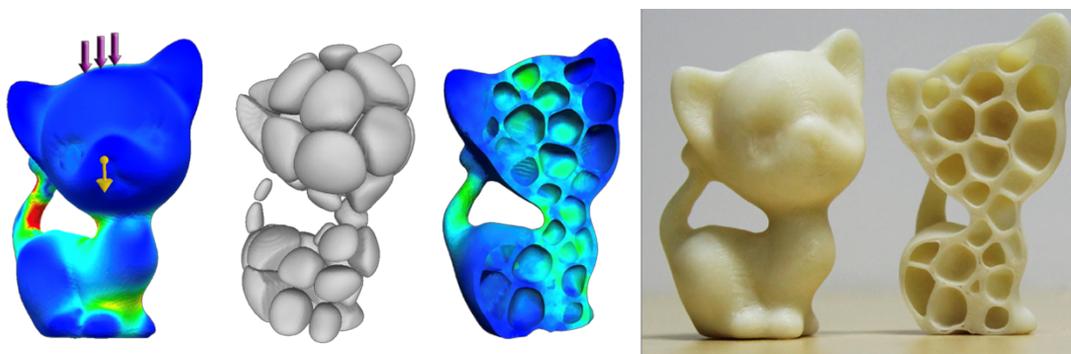
Uma característica interessante de objetos impressos em 3D é a configuração do volume interior. É possível minimizar o consumo de energia para baixos rácios de volume sólido relativamente ao CNC. Com o propósito de diminuir os custos de produção da impressão 3D, algumas técnicas têm sido desenvolvidas. Elas têm como aposta algoritmos que atribuem diferentes formatos ao interior dos objetos, para diminuir o material gasto pelas máquinas de impressão, o que conseqüentemente diminui o tempo de produção. Uma dessas alternativas é o modelo *skin-frame*, em que o objeto possui cavidades criadas

por uma estrutura leve como moldura (Figura 2. 9) que beneficia na diminuição da massa do objeto ao mesmo tempo que garante força, rigidez, e ainda proporciona variabilidade e flexibilidade em relação as restrições encontradas na impressão 3D, segundo estudos de Wang *et al.* (2013). Esta técnica foi testada em objetos de pequenas dimensões, já para objetos de dimensões que excedem o tamanho da plataforma da impressora, devem ser imprimidos por partes e montados, o que acrescenta um desafio a manutenção da força e rigidez da estrutura.



**Figura 2. 9 .Estrutura com cavidades revestida por estrutura leve** (Wang et al., 2013)

Outra técnica com objetivo semelhante se baseia nas estruturas das células de favo de mel, conhecidas pelo menor uso possível de material proporcionando resistência à tensão. Tal técnica foi desenvolvida a partir da criação de um algoritmo capaz de formar uma estrutura oca paralela à superfície impressa no interior dos objetos, como demonstrada na (Figura 2. 10).



**Figura 2. 10.Demonstração de resistência e objeto com estrutura oca** (Shewbridge, Hurst and Kane, 2014)

De acordo com Wittbrodt *et al.* (2013), a criação de sistemas de extrusão de plásticos para o fabrico de filamento (Figura 2. 11), permitem a diminuição de custos de impressão pois as impressões que não forem viáveis podem ser reconvertidas em filamentos. A tecnologia destas máquinas faz com que partes impressas possam ser processadas e recicladas criando sua própria bobina de filamento, sendo assim, capaz de diminuir ou em alguns casos eliminar o custo de filamentos associados a impressões principalmente aquelas com defeitos.

A escolha do processo, de ancoragem e estratégia de suporte tem efeito na qualidade da parte produzida mesmo após a etapa de realização, ou finalização da impressão. Uma possível solução para este tipo de desafio é apresentado por Thompson *et al.* (2016), no caso de processos térmicos como a fusão por deposição de materiais, a adoção dos depósitos alternados de camadas em direções opostas. Desta forma o estado de tensão residual é mantido similar em ambas metades, a tensão do componente é equilibrada o que reduz ou até elimina distorções. É um processo sem adicionais complexidade nos casos em que a peça é dividida em dois volumes iguais, caso contrário o redesenho pode ser necessário.



**Figura 2. 11. Imagem de equipamento de reciclagem, ProtoCycler** (ReDeTec, 2018)

## 2.7. Materiais utilizados na impressão 3D

Embora a tecnologia de impressão 3D já esteja sendo usada desde a década de 80 do século passado, apenas atualmente que sua capacidade produtiva alcançou desenvolvimento satisfatório, com ainda mais capacidades a serem desenvolvidas. “É uma tecnologia que, caso seja aplicada em massa, possui grande potencial sustentável se os impactos sociais forem totalmente abordados” Gebler, Uiterkamp and Visser (2014). Este é um processo que além de reduzir a quantidade de material, é criado para funcionar como um sistema cíclico de circulação de materiais.

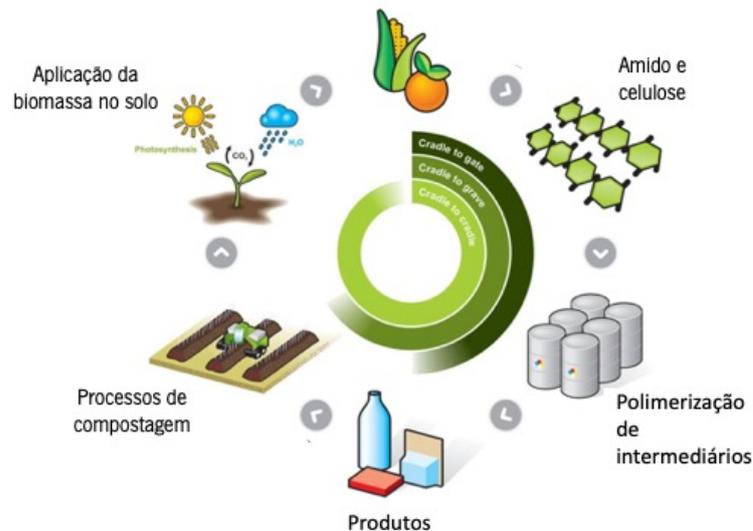
A técnica de FDM Modelagem por Deposição de Material Fundido produz partes mais duráveis e resistentes em comparação com a técnica SLA, permitindo a fabricação de partes reais que são resistentes o suficiente para protótipos, testes de funcionalidade, instalação e uso final. Os materiais utilizados são os termoplásticos por serem ambientalmente estáveis, a precisão das peças não muda com o tempo o que faz com que as peças FDM estejam entre as mais precisas quanto a dimensões. Os materiais mais populares utilizados nesta técnica são; Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS),

policarbonato, poliamida, polietileno, polipropileno, materiais com misturas em sua composição, e o Ácido Poliláctico (PLA) Novakova-Marcincinova and Kuric (2012).

Ao usar a impressão 3D para a produção de produtos acabados, prontos para serem utilizados, escolher um termoplástico é ainda mais importante e pode ser a única opção para muitas aplicações, de acordo com Fischer (2011). O PLA foi escolhido para ser utilizado pelo presente estudo devido seus diferenciais que são vantagens em relação aos demais materiais. De acordo com estudos de Lim, Auras and Rubino (2008) o PLA comercial disponível são em geral os polímeros de PLLA e poly(D,L-lactic acid) (PDLLA), que são produzidos a partir de L-láctidos e D,L-láctidos, respectivamente.

Em uma época em que todas as atenções estão voltadas para uma maior eficiência e para os impactos ambientais sobre o nosso ecossistema todo método de produção deve ser bem pensado e avaliado neste sentido. Um bom método para quantificar a sustentabilidade de um produto ou processo é fazer uma Análise de Ciclo de Vida (ACV). De acordo com Henton *et al.* (2005) a ACV examina todos os fatores, desde as matérias-primas, transporte, fabricação do produto, uso final, até o “descarte”. A energia, a poluição do ar e da água, bem como os perigos dos produtos químicos são avaliados e julgados em relação a produtos ou soluções alternativas, esquema representado na Figura 2. 12.

Este material é considerado um polímero verde por ser extraído de fontes renováveis, seu tempo de degradação no meio ambiente está na ordem de seis meses a dois anos, quando descartado de forma correta, em comparação com plásticos convencionais como Poliestireno (PS) e Polietileno (PE) são de 500 a 1000 anos. A degradação do PLA ocorre em presença de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), água (H<sub>2</sub>O) e húmus. Este é um material que é extraído de fontes renováveis variadas, cana-de-açúcar, amido de milho, batata e raízes de mandioca. O filamento feito a partir do PLA em comparação com o ABS, tem um custo baixo, e baixo ponto de fusão segundo Christiyani *et al.* (2018).



**Figura 2. 12. Ciclo do PLA adaptado de (Kijchavengkul and Auras, 2008)**

O PLA é um polímero de alta resistência e alto módulo que pode ser usado para produzir artigos usados no campo de embalagens industriais, no mercado de instrumentos médicos biocompatíveis/bioabsorvíveis. A degradação deste material depende do descarte correto, do tempo, temperatura, impurezas de baixo peso molecular e concentração do catalisador. A degradação térmica ocorre em temperaturas acima de 200°C (392 °F) Christiyen *et al.* (2018).

## 2.8. Comparação de Materiais

A maior parte das impressoras comerciais de deposição de material fundido utilizam materiais termoplásticos na forma de bobinas filamento. Pesquisas mais recentes têm expandido os materiais utilizados incluindo outras composições de polímeros com alto peso molecular como o polietileno Stansbury and Idacavage (2016).

O segundo filamento mais usado em impressões 3D é o ABS Besko, Marcos a; Bilyk, Claudio b; Sieben (2017), seu uso requer mais conhecimento técnico, necessita de aquecimento da mesa de impressão, que deve ser configurada a uma temperatura abaixo da temperatura de extrusão, devido a sua tendência a distorções. A maior utilização deste material pode ser justificada pelo tipo de uso a que a peça final se destina, suas propriedades mecânica, comparadas ao PLA, são superiores. O Polietileno Tereftalato (PET) em sua forma pura não é muito usado para impressões 3D, mas seu derivado polietileno tereftalato modificado com glicol (PETG) e suas variações são uma opção também utilizada. O PETG é um filamento de cor clara, menos frágil e mais fácil de usar. O (TPU) Poliuretano Termoplástico é uma variação do Elastómero Termoplástico (TPE), tendo mais rigidez e é mais durável que o TPE Bates,

Farrow and Trask (2016).A (Tabela 2. 4) apresenta as principais vantagens e desvantagens de cada um dos principais materiais utilizados.

**Tabela 2. 4. Tabela de comparação entre principais vantagens e desvantagens entre materiais**

	<b><i>Vantagens</i></b>	<b><i>Desvantagens</i></b>
<b><i>PLA</i></b> Ácido Poliláctico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção a partir de fontes renováveis</li> <li>• Biodegradável</li> <li>• Reciclável</li> <li>• Produz partes com alta rigidez</li> <li>• Menor tendência a distorções durante a impressão</li> <li>• Valor acessível</li> <li>• Facilidade e velocidade de impressão</li> <li>• Não necessita de mesa aquecida para impressão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se torna maleável a temperaturas a partir de 60 C</li> <li>• Pouca capacidade de deformação</li> <li>• Baixa resistência ao atrito</li> </ul>
<b><i>ABS</i></b> Acrilonitrila Butadieno Estireno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo coeficiente de fricção</li> <li>• Acabamento fosco</li> <li>• Boa resistência a impactos</li> <li>• Resistente a temperaturas mais altas</li> <li>• Indicado para produção de peças funcionais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzido com materiais provenientes de petróleo.</li> <li>• Produz fumos tóxicos durante a impressão</li> <li>• Necessita de temperatura mais alta para extrusão</li> <li>• Sofre influencia da humidade</li> </ul>
<b><i>PETG</i></b> Polietileno Tereftalato Glicol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclável</li> <li>• Produz peças tão resistentes quanto ao ABS</li> <li>• Disponível em cores translúcidas ou transparente</li> <li>• Boa aderência entre camadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derivado do petróleo</li> <li>• Custo mais elevado</li> <li>• Maior tempo de impressão</li> <li>• Higroscópico</li> <li>• Necessidade de mesa aquecida</li> </ul>
<b><i>TPU</i></b> Poliuretano Termoplástico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode assumir forma macia e flexível</li> <li>• Alta resistência à flexão</li> <li>• Alta resistência química</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer temperaturas mais elevadas</li> </ul>

## 2.9. Etapas de Fabrico da Impressão Tridimensional

Para produzir um objeto em 3DP há etapas usualmente utilizadas. Inicialmente deve-se recorrer ao recurso de desenho assistido ou “escaneamento” (scan) digital feito por *scanners* que faz um

mapeamento de um objeto pré-existente possibilitando alterações conforme o que se pretende Wimmer *et al.* (2015). Atualmente quase todas técnicas de 3DP utilizam ficheiros STL para conceção de objetos, este ficheiro recorre a um conjunto de polígonos que se ajustam à superfície do modelo projetado. Uma vez que o modelo é convertido para o formato STL ele estará pronto para ser enviado para o software de fatiamento e ser impresso. Nesta etapa não é possível realizar alterações quanto ao design, apenas dimensões podem ser alteradas de forma proporcional na peça toda, porém não é indicado podendo haver distorções.

No software de fatiamento é possível visualizar a quantidade de camadas, e o tempo de impressão. Nele devem ser configuradas todas as especificações relativas ao material utilizado, a posição de impressão e será informada a necessidade ou não de estrutura de suporte. A partir dele é dado o comando para a impressão. Os parâmetros mais importantes a serem configurados são os relacionados à máquina usada, à técnica adotada e à matéria-prima utilizada. Saber as particularidades do material influencia na temperatura que deve ser escolhida para que o material não perca suas propriedades e a qualidade da peça não seja comprometida.

A fase do fabrico é realizada exclusivamente pela impressora, que em algumas máquinas, após o início não é possível serem feitas pausas no processo. Em caso de falha de *software*, a interrupção no fornecimento de energia elétrica para a máquina ou de falta de material todo o processo é perdido e deve ser reiniciado. É nessa fase que o princípio de 3DP descritos anteriormente são colocados em prática, as camadas de material são depositadas sucessivamente uma sobre a outra.

No final da impressão tem início o pós-processamento que corresponde a todas as etapas de acabamento para finalização da peça. Para que a peça possa ser retirada da máquina a temperatura deve ser baixada e deve ser respeitada a cura da peça para que o material esteja completamente seco. Quando está em condições ideais ela se encontra finalizada, mas em outros casos é necessário que o modelo passe pela fase de acabamento. Neste momento os suportes, assim como os resíduos de filamento excedentes são retirados. Para a realização da limpeza podem ser realizadas atividades abrasivas, como o lixamento, corte, e polimento, ou revestimento de superfície.

O PLA pode passar por um tratamento para mudar o aspecto da peça produzida melhorando a estética do acabamento. São tratamentos químicos pós-impressão que alisam a superfície do material e criam um revestimento para selá-lo, tornando-o mais uniforme. Este processo foi utilizado e descrito por Wittbrodt *et al.* (2013) e consiste na imersão do modelo em uma solução de diclorometano ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,

DCM). Para as impressões em ABS o processo é diferente, elas são alisadas com o uso de acetona, por meio de tratamento de vapor ou aplicação direta com uso de pincel.

## **3. Desenvolvimento Experimental**

### **3.1. Introdução**

As possibilidades que a tecnologia de impressão 3D proporciona pode ser um desafio para um designer na escolha da técnica mais adequada para resolver uma tarefa específica. Esta escolha envolve identificar partes ou formas de montagem em que a liberdade de design seja explorada. Além de não prejudicar a função da parte, possa contribuir para a resistência da estrutura criada. Sendo capaz de agregar valor ao produto, através do design, e viabilizando uma produção econômica de peças, de forma a justificar o custo adicional do método escolhido em comparação com o método tradicional de produção.

Partindo da base do processo de criação de produtos que se inicia no design, para o desenvolvimento dos suportes para calçados aqui realizados, foi necessário ter em conta as restrições dos processos de manufatura aditiva, em questão a FDM. Assim como restrições, estes métodos oferecem possibilidade de adaptação do designer, para adotar a estratégia mais adequada para atingir os objetivos delineados. O design foi realizado, incluindo as adaptações realizadas, com o uso de tecnologia CAD nomeadamente o software Solidworks. Foi escolhido trabalhar com superfícies planas sem volume, que excluiria o uso de qualquer estrutura de apoio, para proporcionar um gasto menor em material, e foi criada e aplicada uma malha triangular sobre a superfície com o mesmo objetivo.

### **3.2. Entrevista para percepção de mercado**

Foi realizada uma entrevista, disponível no Anexo I, a um comerciante de uma loja conceito especializada em calçados artesanais, localizada na cidade de Guimarães. A loja está em funcionamento há três anos e se situa no centro histórico da cidade. Os conceitos em que esta loja se fundamenta estão ligados aos meios de produção que respeitam as matérias-primas e a mão de obra envolvida na fabricação dos produtos que produz e comercializa. Quanto ao planeamento do ambiente de loja procura-se manter um ambiente simples e que transmita conforto aos consumidores, segundo as palavras da proprietária, busca-se manter uma semelhança com uma sala de estar.

Os elementos de merchandising visual estão presente de forma integrada com o ambiente, de forma a serem neutralizados ao máximo. O conceito da reutilização está presente no mobiliário da loja, que sofreu apenas adaptações para servir como finalidade de expositor. Nas paredes laterais foram

colocadas estantes acima do nível dos olhos, onde estão dispostos mais produtos, separados bilateralmente em produtos masculinos do lado direito e femininos do lado esquerdo Anexo I. No chão da loja está localizada uma mesa que também serve de apoio para produtos e onde foram organizadas gavetas com a finalidade de expositor Figura 3. 1. Na montra está colocado um móvel dividido em nichos, e em cada divisão é colocado um pé de sapato, com plantas naturais compondo a decoração.



**Figura 3. 1. Formas de exposição encontrada na loja** (Imagem feita pela autora)

As ações de merchandising não são planeadas por um especialista ou realizadas de uma forma consciente. Foram citadas apenas algumas; rotatividade entre os sapatos expostos no interior da loja e a montra, renovação da montra de acordo com as estações. Há uma desvalorização de elementos como vidro e metal, por transmitirem um conceito diferente do que desejam. Os expositores buscam sempre serem compostos por materiais naturais que sejam integrados ao ambiente de forma orgânica, como partes de móveis e pedaços de madeira reaproveitada Figura 3. 2..

As formas utilizadas para expor os produtos fazem parte do ambiente, de forma consciente, ajudam a transmitir os conceitos dos próprios produtos. Apenas os produtos são transitórios, mudando conforme as estações, os aspectos físicos são mantidos. Por parte da entrevistada houve a demonstração de interesse por expositores personalizados, sendo considerados importante para a diferenciação das demais lojas do mesmo setor e por reforçar o conceito de personalização.

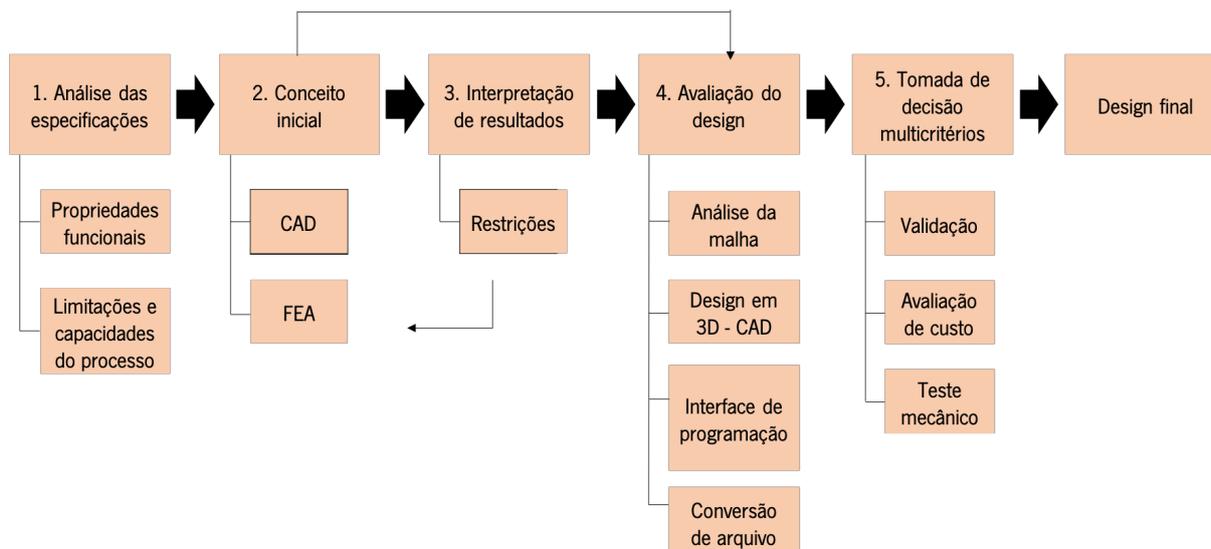


**Figura 3. 2. Expositores utilizados na vitrine** (Imagem feita pela autora)

### 3.3. Criação de modelos digitais

#### 3.3.1. Metodologia de Redesign

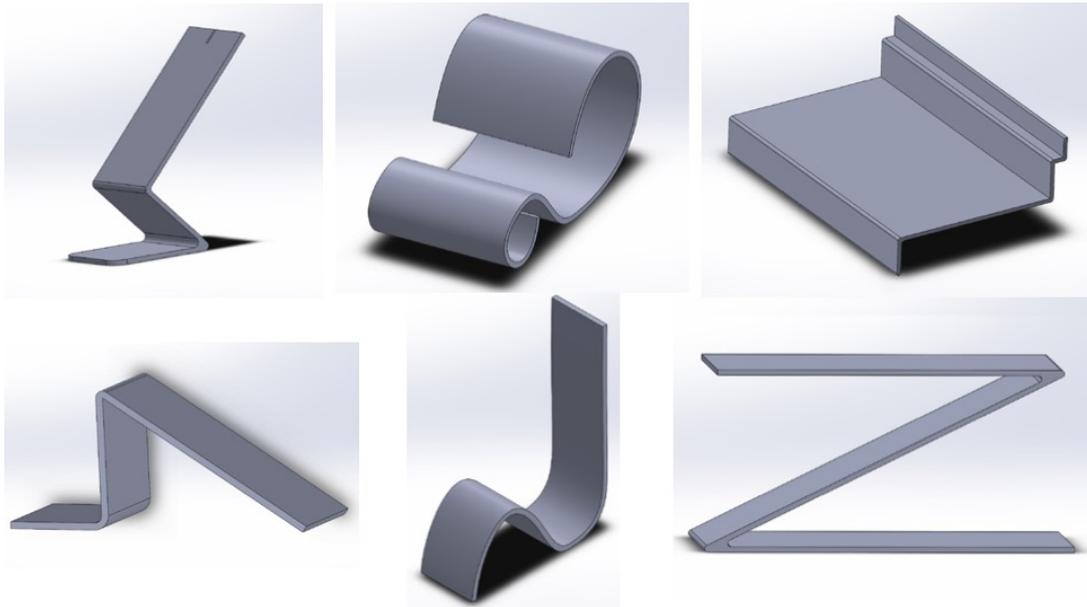
Uma estrutura para o design foi desenvolvida por Salonitis and Al Zarban, (2015) com o fim de explorar os benefícios da Manufatura por Adição (AM). A metodologia proposta, é composta pelo redesenho de partes já existentes, criados para serem desenvolvidos por métodos de manufatura convencional, visando tornar estas partes em peças otimizadas e produzidas por AM. Esta metodologia possui cinco passos, demonstrados na Figura 3. 3. O primeiro passo é a análise das especificações, funcionais (requisitos de resistência, das limitações e capacidades de processo de manufatura e materiais a serem utilizados). O segundo passo tem início com a Análise de Elementos Finitos (FEA-Finite Element Analysis) Anexo III, identificando os problemas referentes ao design. O terceiro passo define as restrições inerentes à manufatura, para que as especificações de produção sejam definidas (velocidade de extrusão, espessura mínima de cada camada, necessidade de suporte). Na quarta etapa acontece a avaliação de cada design proposto, e a quinta etapa consiste na análise de critérios físicos, de custos e mecânicos.



**Figura 3. 3. Metodologia de design adaptação de** (Salonitis and Al Zarban, 2015).

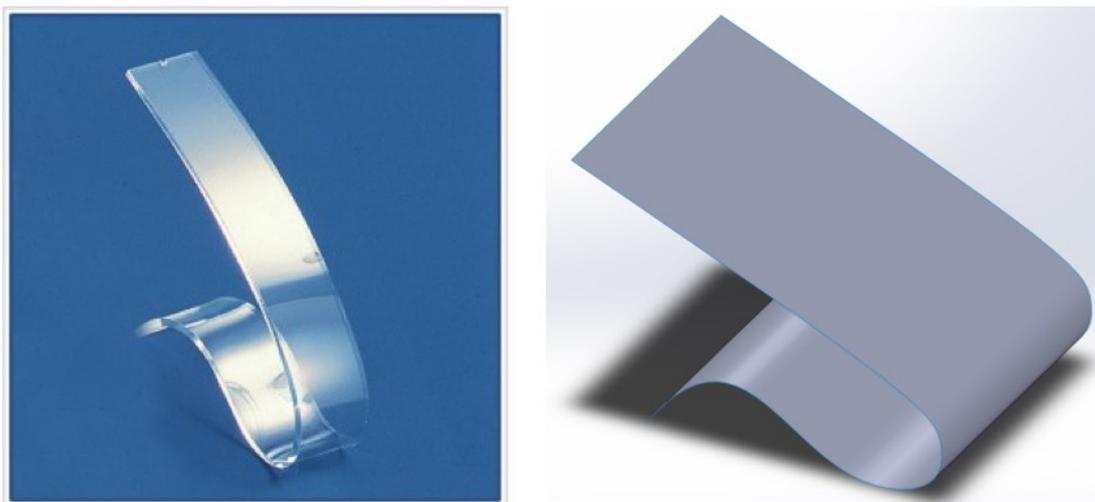
Durante o desenvolvimento de um produto a ser produzido através de tecnologia de impressão 3D é crucial considerar obstáculos específicos e associados à digitalização dos conceitos iniciais com o suporte CAD, as características do processo de MA e as capacidades das máquinas de impressão, o impacto do processo nas propriedades dos materiais, os parâmetros mecânicos necessários para a funcionalidade do objeto, requisitos referentes ao ciclo de vida do produto como, manutenção e reciclagem Thompson *et al.* (2016). A estratégia adotada de produzir peças de termoplásticos surge como alternativa a injeção por moldagem que requer investimento inicial em ferramentas e maquinário. Tendo como objetivo a impressão de poucas peças para um nicho de mercado tem um custo que torna a produção viável.

Foram adotadas duas formas de design para a produção dos expositores. Foi realizado um levantamento dos modelos existentes no mercado, e foi notado que os suportes possuem três principais características; suporte parcial do sapato, em que o sapato tem uma de suas partes, posterior ou anterior, suspensa e deve estar apoiado em outra superfície de apoio, os suportes com linhas curvas que podem ou não apoiar o sapato completamente e os suportes planos que elevam o sapato completamente suportando todo o peso do mesmo (Figura 3. 4).



**Figura 3. 4. Representação em Solidworks dos principais tipos de expositores**

Estes modelos foram reproduzidos no *software* Solidworks para a melhor percepção de seu design e avaliação da espessura, que está relacionada com a resistência. Na etapa seguinte buscou-se selecionar um modelo que combinasse as linhas curvas, que contribuem para a leveza do design, que cumprisse com a funcionalidade de expositor, elevando o calçado aos olhos do consumidor sendo capaz de suspender por completo o sapato Figura 3. 5. Feita esta seleção, foi possível proceder para a etapa seguinte em que uma rede é criada e aplicada na estrutura plana, visando a redução de material necessário para a impressão da peça. Esta segunda técnica utilizada teve como objetivo aumentar a resistência da peça adequando-se ao método de produção.



**Figura 3. 5. Expositores de referência** (Vitrinis, 2018)

O modelo final foi alcançado após a consideração da resistência necessária às forças externas a serem aplicadas sobre a peça, incluindo efeitos da força gravitacional, força da impressora no momento da produção. Sendo que, diferentemente das formas tradicionais de produção onde as partes produzidas estão em seu estado mais resistente no início da produção, as partes impressas atingem sua forma mais resistente no momento da conclusão da peça. Por esse motivo a orientação da peça foi estudada para compensar os efeitos mecânicos do processo, tendo como objetivo a máxima resistência durante cada camada depositada sem a necessidade de estruturas de suporte. Estratégias que visam diminuir a quantidade de material utilizado, diminuindo o tempo e conseqüentemente o custo de produção.

### 3.3.2. Design em Solidworks

Otimizar os métodos pode ser fundamental para destacar o design. As ferramentas necessárias para desenvolver modelos digitais para impressão 3D contam com uma tecnologia de alta performance, por meio de softwares comerciais que são frequentemente atualizados. Estas interfaces são de fácil interação permitindo que o usuário crie, faça alterações, sem necessariamente dominar conhecimentos sobre equações ou algoritmos complexos.

A criação de modelos digitais 3D foi realizada com o uso do software Solidworks como mostrado no Anexo II. Os desenhos realizados neste software são paramétricos, ou seja, os desenhos criados mudam de acordo com certas regras, mantendo uma relação entre elementos dos desenhos. Os esboços CAD dos modelos de suporte de calçados que foram feitos para fornecer informações quanto à geometria dos modelos, especificação de detalhes e dimensões. O modelo de análise de elementos finitos fez uso da informação geométrica do modelo CAD como ponto de partida, fazendo alguns ajustes referentes aos pontos e elementos.

Foram realizadas algumas tentativas para otimizar o modelo e aumentar sua resistência à compressão e diminuir os custos de produção. Por estes motivos, os modelos criados têm como base o design de superfície com cavidades, sem espessura, por ser a forma mais conveniente de criar uma malha. Portanto, a espessura ou superfícies laterais do produto são a mesma do perfil aplicado à malha.

### 3.3.3. Arquivo Step

Arquivos tipo STEP. ISO 10303, também chamados *p21-File* e *STEP Physical File*, são formatos amplamente usados para representar modelos em CAD, normalmente com a finalidade de compartilhar modelos 3D entre diferentes sistemas de CAD. Dada a sua estrutura ASCII, este arquivo pode ser

facilmente lido, com tipicamente apenas uma instância por linha. Este é um formato de arquivo que apresenta compatibilidade entre ambos softwares da Dassault Systemes utilizados tanto para criar os modelos digitais quanto para criar a malha do modelo, por esse motivo este tipo de arquivo foi utilizado. Ao final do desenho do modelo o arquivo foi extraído em formato .step, mantendo assim todas as características necessárias.

#### 3.3.4. Geração da malha

De acordo com a definição de Lo (2014) o método dos elementos finitos é uma técnica numérica que fornece soluções aproximadas para as equações governantes de um sistema por meio de um processo de “discretização”. Este método se destaca entre os demais por ser versátil, podendo ser aplicado a domínios de diferentes dimensões e geometrias. Os elementos finitos são as unidades básicas do subsistema, que são geradas após a divisão do sistema, e nenhum destes elementos deve se sobrepor ou haver buracos entre eles.

O método dos elementos finitos é uma ferramenta de análise que conta com a geração de uma malha/rede. Uma malha de elementos finitos é uma divisão de um domínio em subdomínios, que são denominados elementos, em que cada ponto desse domínio está em um dos elementos. Domínios bidimensionais podem ser “discretizados” em forma triangular, quadrilateral ou uma combinação dos dois. Em domínios tridimensionais podem ser usados elementos tetraédricos e hexaédricos.

Uma das formas mais comuns entre os programas que formam estas malhas é a forma triangular, que primeiramente cria todos os nós e quando conectados por elementos formam triângulos segundo informação encontrada em Ho-Le (1988). Este formato foi escolhido pela facilidade em subdividir elementos com esta geometria sem que seja necessária a introdução de elementos distorcidos.

O Abaqus FEA é um conjunto de softwares usados na análise de elementos finitos (Anexo III) e engenharia assistida por computador criado em 1978. Ele é “acoplado” ao Python, uma linguagem de script popular amplamente usada. O programa Abaqus pode ser conduzido por scripts, o que o torna uma ferramenta muito flexível. O arquivo gerado pela ferramenta Abaqus/CAE é denominado arquivo input (extensão “.inp”), considerado um arquivo ASCII. Ele é um arquivo de texto que pode ser criado ou editado usando um editor de texto ou com o uso de um pré-processador gráfico como o Abaqus/CAE.

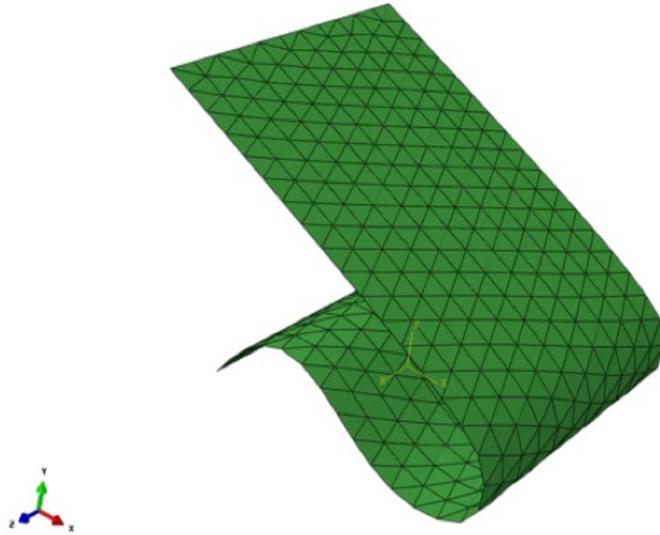
O arquivo input consiste em uma série de linhas contendo opções (linhas de palavras-chave) e

arquivo (linhas de arquivo). A estrutura básica desses arquivos é normalmente a mesma (Figura 3. 6), começa com a opção \*HEADING, que define um título para análise, em seguida contém uma secção com arquivo do modelo para definir nós, elementos, materiais e condições iniciais. Na parte final do arquivo está localizado o histórico para definir o tipo de análise e finalização dos comandos.

```
*Heading
** Job name: Job-1 Model name: concrete-column-w-conv-pie-2d
** Tested with Abaqus/CAE Student Edition 6.14-2
*Preprint, echo=NO, model=NO, history=NO, contact=NO
**
** PARTS
*Part, name=THE-PART
*Node
    1,      0.,      0.
    2,  1.20739996, -0.323500007
    3,  1.20739996,  0.323500007
    4,  2.41479993, -0.647000015
    5,  2.41479993,  0.647000015
*Element, type=DC2D3
1, 1, 2, 3
2, 2, 4, 5
3, 2, 5, 3
*Elset, elset=Set-1, generate
 1, 3, 1
** Section: Section-1
*Solid Section, elset=Set-1, material=Material-1
1.,
*End Part
**
```

**Figura 3. 6. Representação de códigos em um Arquivo input**

Com base na geometria criada em Solidworks uma rede foi criada na superfície do objeto (Figura 3. 7). A rede é criada para conter de forma exata a geometria de um espaço, ela é completada de forma descendente, funcionando até às posições dos elementos e nós. Depois de gerar a malha foi feita a inspeção, para verificar se o modelo tinha sido coberto completamente e identificar possíveis erros e posteriormente ela foi aplicada na estrutura tridimensional (Anexo III). Com base na metodologia anteriormente descrita, densidades diferentes foram aplicadas ao modelo adaptado, com isso a cobertura de cada densidade foi analisada. O arquivo input foi então exportado para que fossem extraídos as coordenadas de nós e elementos para serem usados nas etapas seguintes.



**Figura 3. 7. Representação de malha criada em Abaqus aplicada ao modelo M2**

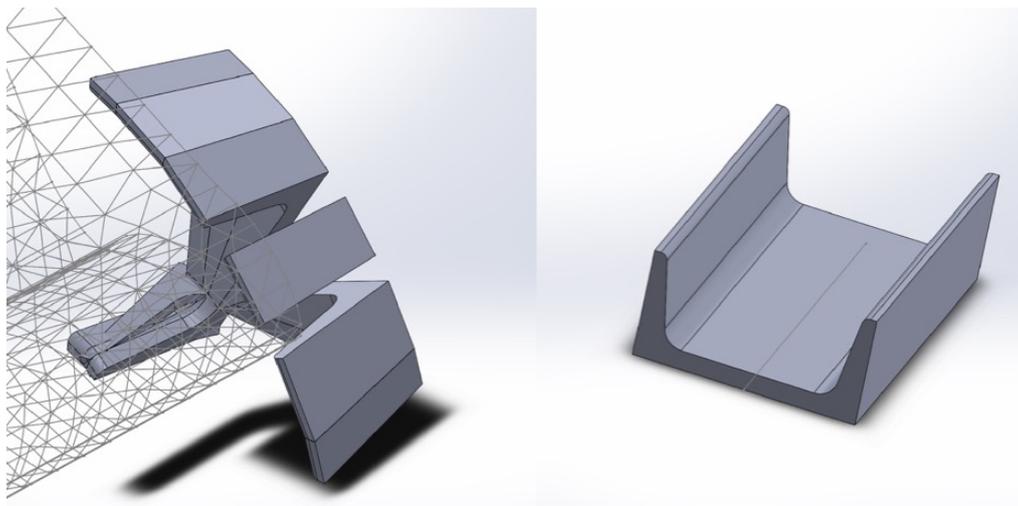
### 3.3.5. Transferência da malha

A inovação desta pesquisa consiste na forma que foi desenvolvida, assim como nas etapas e procedimentos adotados. A malha gerada no software Abaqus após ser aplicada ao modelo foi transferida para o software Solidworks. A interface de programação de aplicativos foi utilizada com a geração de um código, com diversos comandos para gerar pontos e linhas e em conjunto formaram o desenho do modelo. Um script de programação foi escrito baseando-se na linguagem básica da Interface de Programação de Aplicações (API) do Solidworks.

Por meio da API, que permite que o usuário do software possa criar programas customizados, que auxiliam na automação de algumas tarefas da interface gráfica do usuário, a rede criada no software Abaqus foi transferida para o software Solidworks. A ferramenta denominada Macro grava arquivos contendo o histórico de comandos utilizados pelo usuário na etapa de desenho. Neste trabalho ela foi editada e utilizada como forma de ação. Esta ferramenta é composta por pequenos trechos de código de programação que possuem uma função específica, esses trechos podem ser gravados, escritos do início, ou editados para gravar uma determinada ação para ser usado com a API do software. O uso desta ferramenta teve a função de possibilitar a transferência do modelo com a malha do software Abaqus para o Solidworks.

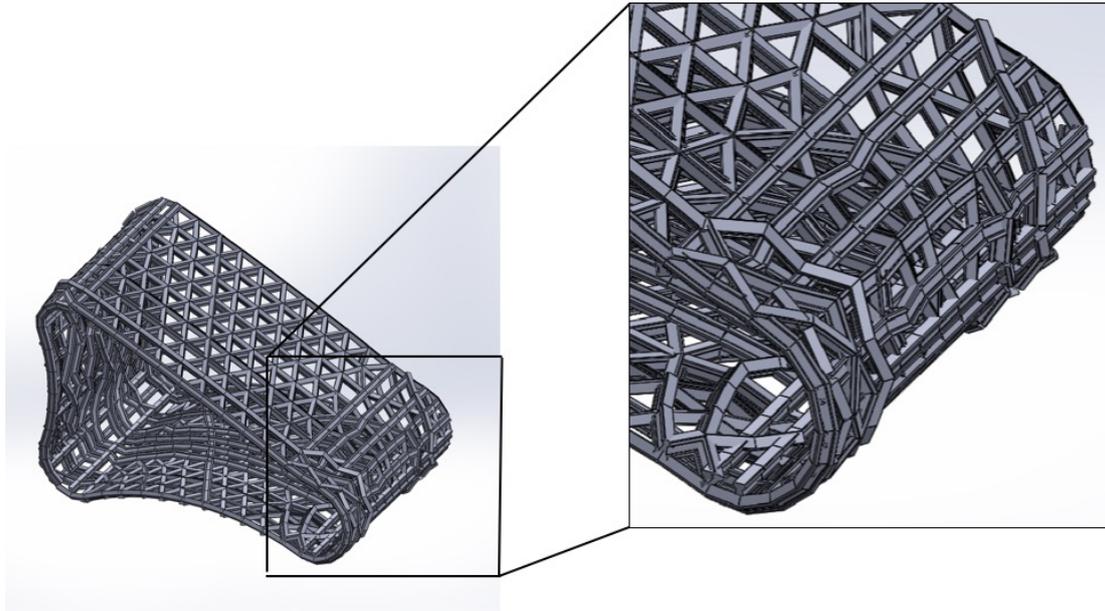
### 3.3.6. Aplicação do perfil

A ferramenta esboço 3D foi utilizada como base para o desenho. O programa Solidworks possui uma biblioteca de perfis de soldagem, esta funcionalidade permite a criação de estruturas de solda em estruturas compostas por grupos de partes. Os formatos existentes na biblioteca do software Solidworks possuíam dimensões muito grandes para a aplicação nos protótipos criados, portanto, antes de transferir a malha para o programa foi necessário criar os perfis mais adequados para o tamanho do modelo e que viabilizasse a impressão com a maior economia de material possível. As geometrias mais complexas foram evitadas por não serem viáveis, o perfil de formato quadrado possuía o interior sem preenchimento necessitando estrutura de suporte interno, nas estruturas em formato de C e I (Figura 3. 8), foi possível notar que suas extremidades teriam que possuir uma espessura muito pequena causando problemas na fase de impressão.



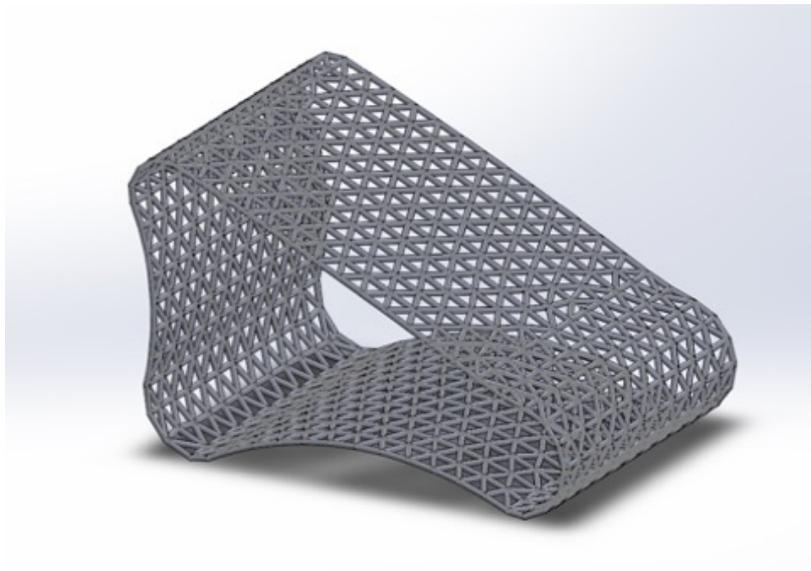
**Figura 3. 8. Perfil de soldagem em formato C**

Formatos diferentes foram criados e testados, sendo que alguns não proporcionaram economia significativa de material em relação a uma peça impressa continuamente formando uma superfície completamente preenchida, e outros formatos produziram efeitos irregulares com interferência entre as linhas da malha Figura 3. 9. No caso deste trabalho dois novos perfis, circular e triangular, foram acrescentados à biblioteca de soldagem do software. Os dois perfis selecionados foram os que melhor se adequaram aos modelos, imagens em Anexo II; um circular com 2mm de espessura e outro triangular com duas variações de espessura 2.5mm e 3.0mm de espessura.



**Figura 3. 9. Perfil retangular semelhante a viga aplicado ao suporte** (Imagem feita pela autora)

Ao transferir a malha para o *software*, o perfil pode ser aplicado (Figura 3. 10) através da opção *weldment profile*, que na maior parte dos trabalhos é utilizada para criar soldagens/weldment em estruturas. A função soldagem oferece uma biblioteca de perfis que podem ser aplicados à estrutura desenhada. Esta ferramenta foi escolhida pela possibilidade de aplicação em um conjunto de linhas previamente criado, selecionando os elementos que deveriam ser preenchidos e também estabelecendo o ângulo do perfil. Com a conclusão desta etapa é possível estudar a influência do perfil sobre as propriedades estéticas da peça. Ao final do processo descrito anteriormente foi possível obter a peça desejada e que em seguida foi exportada como um arquivo de formato .stl para ser aplicado ao software da impressora 3D.



**Figura 3. 10. Arquivo STL após aplicação do perfil**

### 3.3.7. Padrão STL

O formato de arquivo compatível com o software utilizado na secção em camada pela impressora usada é o formato “.stl” conhecido como *Standard Tessellation Language* (STL). Este formato é descrito por Chua, Leong and Lim (2003) como método de representação que descreve a geometria CAD, é um padrão adotado pelos sistemas de prototipagem rápida por ser compatível com diversos softwares de desenho digital. Um arquivo STL descreve facetas triangulares por um conjunto de coordenadas de X, Y e Z, sem representação de cor ou textura, para cada um dos três vértices e um vetor normal unitário com X, Y e Z, como mostrado na (Figura 3. 11), para indicar qual lado da faceta é um objeto. As vantagens deste arquivo é que ele proporciona uma forma simplificada de representação do modelo, é um padrão *de facto* amplamente utilizado, também pode proporcionar arquivos menores e mais precisos para a transferência de dados. Na etapa final de elaboração dos designs no software Solidworks todos foram salvos em .stl.

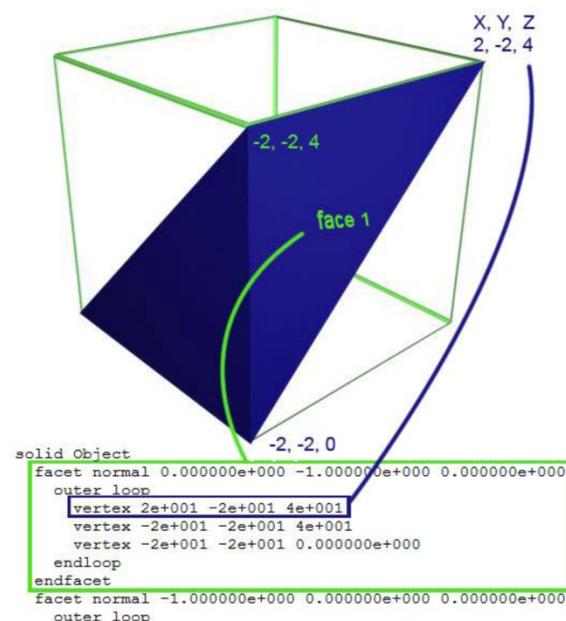


Figura 3. 11. Demonstração imagética de código STL adaptado de (Azevedo, 2013)

### 3.3.8. Técnica de impressão

Quando o arquivo do modelo desenhado foi exportado no formato STL, a etapa seguinte foi de processá-lo em um software de fatiamento. Este software tem como tarefa a divisão do sólido em camadas, e projetar o caminho que a cabeça extrusora fará para depositar o termoplástico formando

camadas sobrepostas, e fornecendo também o tempo necessário para o processo de impressão. Esse trabalho utilizou o software de fatiamento Cura Anexo II, este programa requer que se forneça, antes de cada impressão, informações do tipo; tamanho da área máxima de impressão, espessura do filamento, espessura de cada camada, velocidade de impressão, e ainda opções de presença ou não de suporte para as peças.

A configuração denominada espessura de base/topo refere-se ao ajuste da camada inicial e final da impressão. Um valor mais alto assegura que todos espaços nestas camadas sejam completamente preenchidos. Este ajuste também pode aumentar o tempo de impressão e quantidade de filamento utilizado. A espessura de casca ou espessura das paredes é uma configuração calculada pelo software de fatiamento, que calcula quantas camadas são necessárias para formar as paredes da estrutura, um valor de 1 mm resulta em 3 paredes de 0,35 mm = 1,05 de parede. Em geral, uma espessura de parede de 2 ou 3 vezes a largura da linha é suficiente. Um valor mais alto criará um modelo mais robusto e diminuirá a chance de vazamentos, enquanto o uso de um valor menor diminui significativamente o tempo de impressão e os custos de filamento Ultimaker B.V. (2012). Todos expositores foram impressos com a mesma impressora de fabrico com filamento fundido, modelo Ultimaker 2 e as mesmas configurações (Tabela 3. 1) foram mantidas em cada impressão. O filamento de PLA também foi adquirido à mesma empresa Ultimaker, segundo a qual este é um material de fácil impressão com baixos níveis de emissão de partículas e gases.

**Tabela 3. 1. Propriedades utilizadas nas impressões**

<b>Propriedades da impressão</b>	
<b>Material</b>	Filamento de PLA
<b>Diâmetro do filamento</b>	1.75 mm
<b>Diâmetro do bico extrusor</b>	0.4 mm
<b>Velocidade de impressão</b>	50 mm/s
<b>Temperatura de impressão</b>	205 °C (Base não aquecida)
<b>Altura das camadas</b>	0.25 mm
<b>Espessura de Base/topo</b>	1 mm
<b>Espessura de casca</b>	0.8 mm

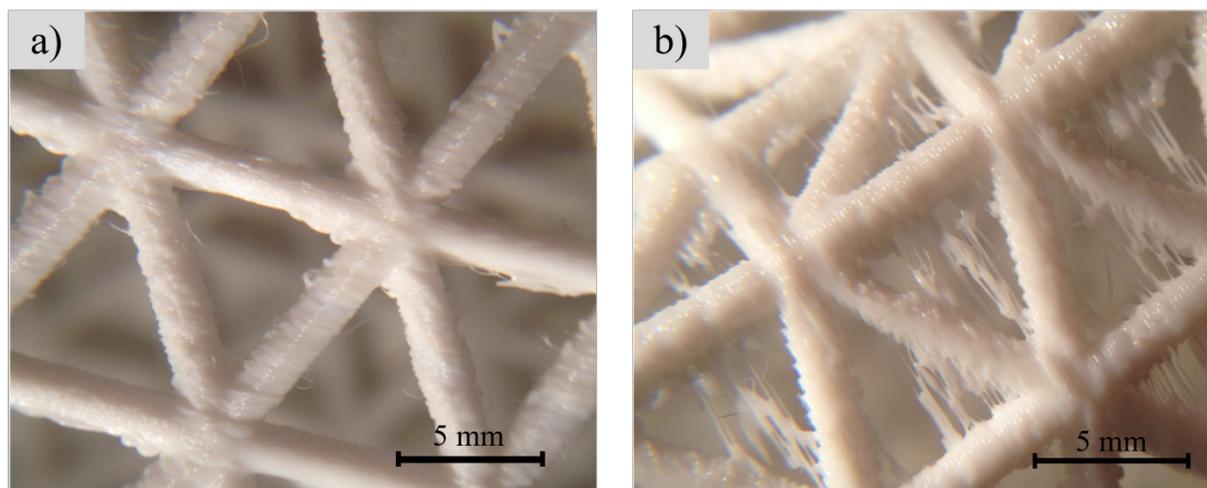


## 4. Modelos de expositores desenvolvidos

### 4.1. Otimização do material utilizado

A partir de uma pesquisa de imagem dos modelos de expositores para calçados existentes no mercado (Figura 2. 1) foi possível recriar os modelos seguintes. Adotou-se um modelo como referência (Figura 3. 5), escolhido por apresentar um design com curvas, superfície plana de apoio que suporta o calçado totalmente. Os expositores fabricados têm a possibilidade de agregar valor estético ao produto a ser exposto, cumprindo com a sua funcionalidade sem interferir esteticamente com o objeto que deve ser o foco, que é o calçado. Como concluído por Wittbrodt and Pearce (2015) a cor do filamento de PLA tem influência nas propriedades mecânicas do material. Devido a esta informação a cor do filamento escolhida foi a cor branca e que foi mantida em todos modelos impressos, para manter os resultados dos testes a serem realizados nas etapas seguintes à produção comparáveis e coerentes.

Inicialmente pôde-se verificar que a quantidade de excesso de filamento entre as linhas Figura 4. 1 b) dos expositores causava um aumento no tempo de pós-processamento, na etapa de limpeza com auxílio de instrumento cortante. O que pode ser resolvido com a realização de ajustes no mecanismo de retração do material da impressora.



**Figura 4. 1. Imagem ampliada, comparação de peças impressas** (Imagem feita pela autora)

A temperatura de fusão do filamento foi detectada em 151 °C representado como limite inferior. Tipicamente para produzir peças com impressão 3D, a temperatura do extrusor é ajustada acima do ponto de fusão do filamento. Quando uma temperatura excessiva é selecionada para a extrusão do filamento causará a degradação do material. Conseqüentemente à degradação do material, o produto

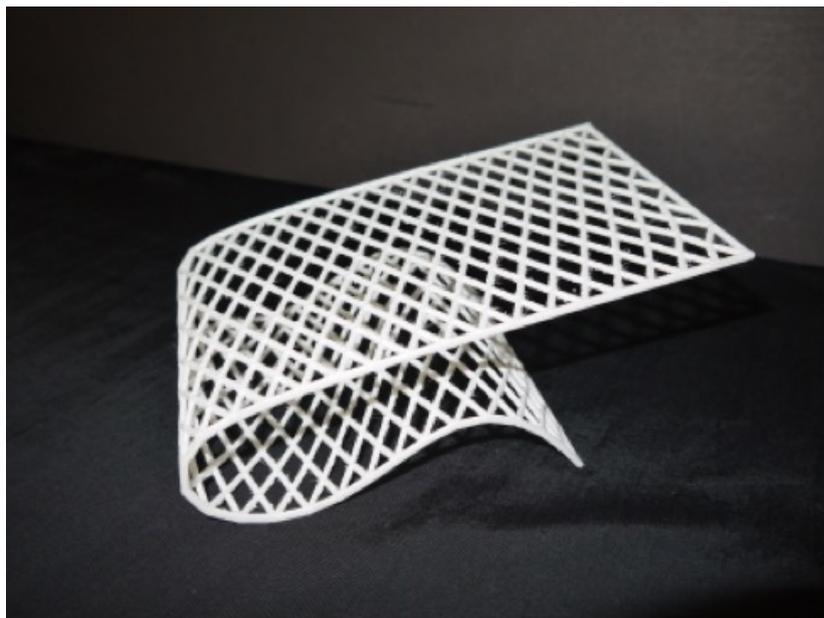
final terá propriedades mecânicas menores, sendo a determinação desta temperatura fator importante para a qualidade da impressão. A demonstra as configurações de temperatura para impressão.

**Tabela 4. 1. Tabela de temperaturas do PLA**

Temperatura de fusão	151°C
Temperatura limite	286°C
Temperatura de extrusão	205°C

#### 4.2. Modelo S (M1)

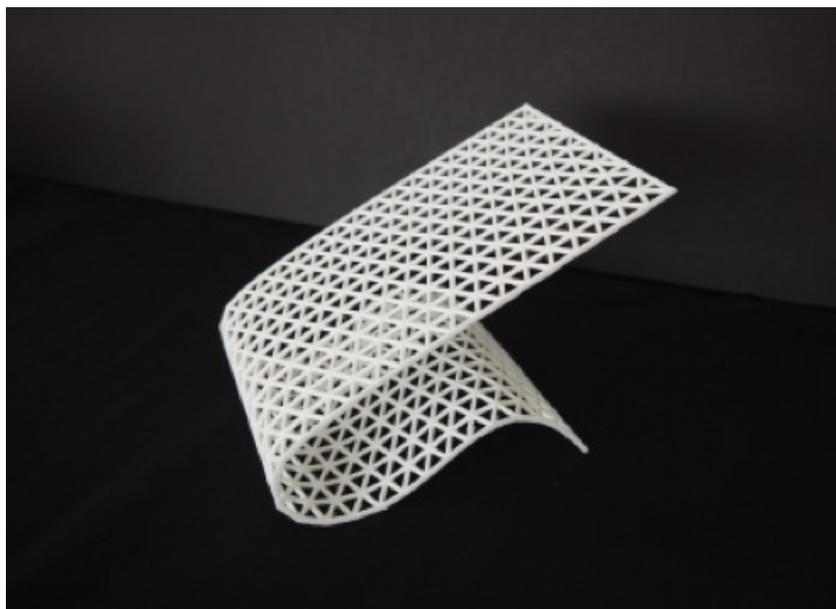
Este foi o primeiro protótipo a ser impresso, após a etapa de limpeza do excesso de filamento o modelo teve sua massa medida apresentando 30,41 gramas. Neste modelo o perfil atribuído foi de geometria circular com 2mm de espessura (Figura 4. 2), as linhas horizontais foram retiradas para viabilizar a impressão em uma espessura tão fina, uma vez que a oscilação do mecanismo da impressora impossibilitava o bico extrusor de sobrepor as camadas na direção horizontal (segundo o posicionamento na impressora) sem o uso de material de apoio. A malha aplicada foi a malha de geometria triangular com densidade uniforme de valor 10 milímetros a cada ponto (a cada dez milímetros de distância está localizado um ponto).



**Figura 4. 2. Modelo M1 sem linhas horizontais**

#### 4.3. Modelo S com linhas horizontais (M2)

A este modelo de protótipo foram adicionadas as linhas horizontais com o intuito de atribuir mais resistência mecânica à peça. Desta forma, o obstáculo encontrado na primeira peça foi resolvido, sendo possível imprimir em uma espessura reduzida evitando que a oscilação do processo de extrusão fosse um impedimento para a deposição do material em colunas circulares. A este modelo também foi aplicado o perfil de geometria circular (Figura 4. 3), e ao ser impresso e finalizado o protótipo apresentou um peso de 41,35 g.



**Figura 4. 3. Modelo M2 com linhas horizontais**

#### 4.4. Modelo S modificado (M3)

Levando em conta o resultado obtido com os primeiros protótipos produzidos, foi constatado uma baixa resistência à compressão comprometendo a funcionalidade do mesmo. De acordo com a metodologia de redesign adotada o design inicial foi avaliado, ao apresentar as restrições acima mencionadas houve a necessidade de uma adaptação que atribuísse uma otimização para o modelo. A solução testada foi a criação de um apoio vertical que solucionasse a oscilação provocada pelas forças aplicadas sobre a parte superior. Esta linha foi criada dando continuidade ao modelo, uma interferência coerente com o design inicial.

O perfil usado neste modelo também foi o perfil circular, a peça após ser finalizada possui o peso de 58,11 g (Figura 4. 4), a densidade da malha aplicada ao design foi a de 10 (a cada dez milímetros de distância está localizado um ponto), sendo uniforme em toda a peça.



**Figura 4. 4. Modelo M3 perfil circular**

#### 4.5. Modelo S modificado (M4)

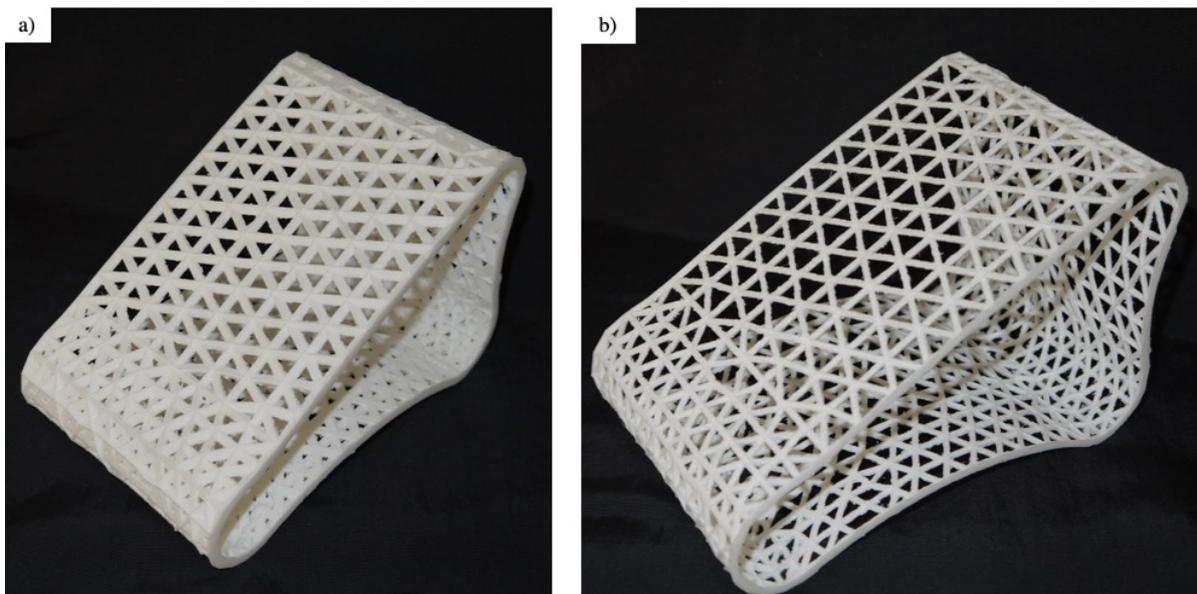
Este modelo apresenta especificações semelhantes com um diferencial na criação da malha, foram utilizadas duas densidades diferentes. Uma rede mais densa foi atribuída nas partes com curvaturas, com a distância entre os pontos de 10 milímetros, e nas superfícies intermediárias uma malha menos densa com a distância entre cada ponto foi de 15 mm (Figura 4. 5). O objetivo foi de mostrar a possibilidade de conferir às peças variações na densidade da rede o que pode conferir maior resistência mecânica em diferentes partes selecionadas. A diferença de densidade em determinadas partes causou uma diminuição de 5 g na massa da peça, que apresentou 53,92 gramas.



**Figura 4. 5. Modelo M4, perfil triangular com densidades diferente**

#### 4.6. Perfil triangular (M5 e M6)

Este modelo apresenta o design baseado no modelo inicial com a alteração da coluna vertical, formando um modelo contínuo como os anteriores. A alteração conferida nesta peça foi o perfil, uma geometria triangular foi criada com o objetivo de aumentar a resistência à compressão, tendo em conta uma geometria utilizada em estruturas metálicas. Em um modelo foi aplicado um perfil mais espesso de 3 mm com massa de 125,49 g (Figura 4. 6 a))e em outro foi aplicado um perfil menos espesso, com 2.5 mm, que resultou em uma peça de massa 48,55 g.(Figura 4. 6 b))



**Figura 4. 6. a) modelo M5 ; b)modelo M6**



## 5. Teste

### 5.1. Teste Mecânico de Compressão

Com o objetivo de investigar a influência de parâmetros de projeto como geometria do perfil, design do modelo e tipo de malha na resistência mecânica dos expositores, buscou-se simular as condições em que o modelo seria colocado em uma loja, elemento para suporte de calçado.

Para a realização do teste de compressão foi utilizado um dinamômetro Hounsfield H100KS demonstrado na Figura 5. 1. O teste foi conduzido com uma célula de carga de 1KN, com a velocidade da cabeça de 2mm/min, em temperatura ambiente. Todos testes foram realizados em uma única sessão. Foi utilizada uma placa de madeira com dimensão 10 x10 cm com o objetivo de distribuir a força aplicada sobre os modelos tentando replicar as condições reais de uso do expositor. Para uma comparação mais fiel entre os modelos avaliados foi determinado um valor idêntico para a deformação de no máximo 1.0% da altura original.



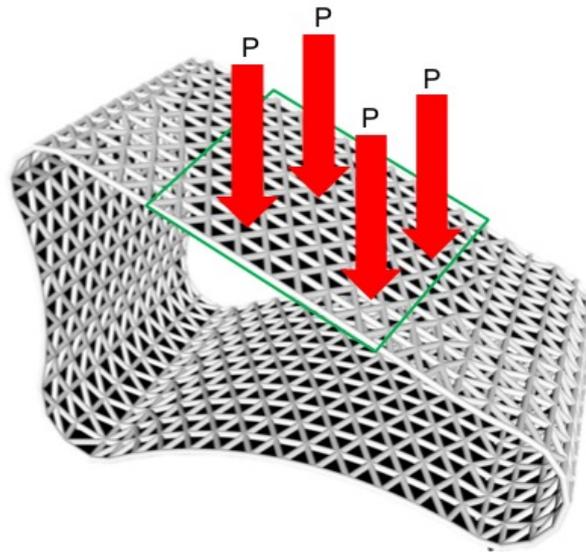
**Figura 5. 1. Equipamento dinamômetro Hounsfield H100KS**

Em estudos preliminares dos protótipos modelos M1 e M2, foi observado que estes modelos não apresentaram estabilidade em sua estrutura. Portanto, foi evitado realizar o teste de compressão nestes modelos.

No teste de compressão, uma extremidade de uma amostra é fixada em uma estrutura de carga e a

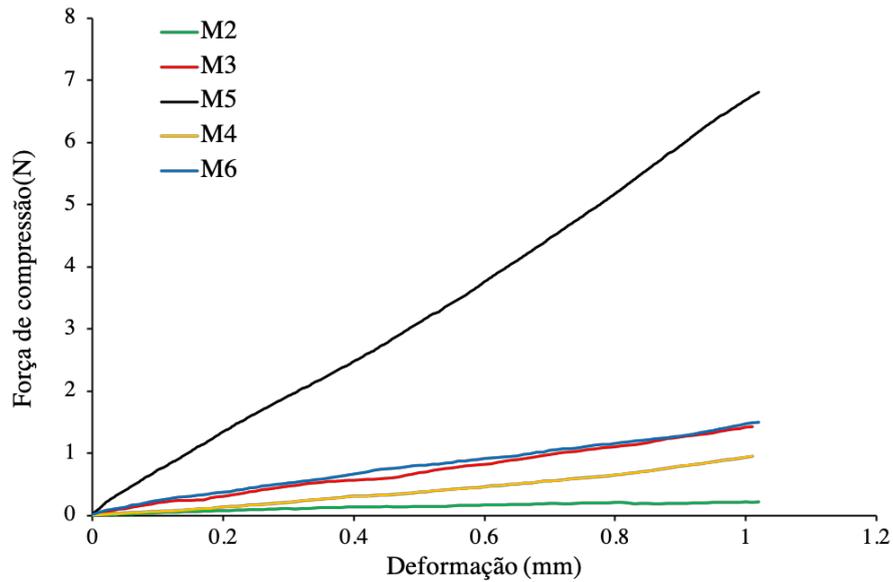
outra é submetida a um deslocamento de compressão controlado  $\delta$ . Um transdutor conectado em série com a amostra fornece uma leitura eletrônica da carga  $P$  ( $\delta$ ) correspondente ao deslocamento.

À medida que a tensão aumenta, o PLA desvia dessa proporcionalidade linear, sendo o ponto de partida o limite proporcional. A força de compressão aplicada nas amostras é semelhante ao peso dos sapatos. Assim, o peso é simulado pela distribuição da compressão uniforme aplicada na placa, situada no topo do modelo, como representado na (Figura 5. 2).



**Figura 5. 2. Simulação de distribuição da compressão** (Imagem feita pela autora)

Os gráficos dos modelos à respeito da densidade de malha e a configuração do perfil, mostraram quando comparados, que os modelos com perfil triangular demonstraram propriedades com maior rigidez, como pode ser visto Figura 5. 3.



**Figura 5. 3. Gráficos comparativos entre a deformação causada pela força de compressão, á respeito da densidade da malha e formato dos perfis.**

A rigidez de compressão mais fraca foi apresentada pelo modelo M2. Sendo que a aplicação de diferente densidade de malha em áreas específicas não alterou significativamente a rigidez de compressão das amostras. A comparação das amostras M6 e M3 mostrou que a forma do perfil pode afetar a resistência da estrutura do modelo. Embora, a amostra M5 contendo maior tamanho de configuração triangular tenha enrijecido as propriedades do modelo, ocasionou um aumento significativo no material utilizado e também no custo final.

Devido à natureza paramétrica deste estudo, adotado para avaliar a resistência à compressão dos protótipos, a influência do peso de um sapato foi desconsiderada. Portanto, foi possível comparar a influência da densidade da malha e da configuração dos perfis na resistência mecânica dos protótipos.

Em uma observação a olho nu com o auxílio de uma régua foi possível comparar a flexão do modelo M4, com malha circular e presença de duas densidades diferentes, quando apoiado um sapato com peso de 420 g. Como pode ser observado na Figura 5. 4, a flexão do protótipo não foi significativa, menor que dois milímetros.



**Figura 5. 4. Imagem para comparação da flexão do suporte**

## 5.2. Quadro comparativo entre expositores

Para efeito de comparação as principais características dos protótipos foram divididas em categorias possibilitando uma visão geral e avaliação dos suportes Tabela 5. 1. O preço de cada modelo presente na tabela é referente ao valor pago pela impressão. O material utilizado foi o PLA da marca Ultimaker que tem como preço 33,00 euros cada bobina de filamento, de 750g cada. O preço dos protótipos foi estimado levando em conta o custo da matéria-prima utilizada em cada modelo, calculada a partir do peso de cada modelo.

**Tabela 5. 1. Comparação entre os modelos de expositores produzidos**

<b>Modelo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>	<b>Semelhanças</b>	<b>Diferenças</b>	<b>Preço</b>
<b>M1</b>	Uso de pouco material, estética delicada	Deforma com o próprio peso da estrutura	Perfil circular	Ausência de linhas horizontais	4,50 €
<b>M2</b>	Design mais sofisticado	Pouca resistência mecânica	Perfil circular	Linhas horizontais	4,50 €
<b>M3</b>	Boa resistência à compressão	Tamanho que poderia ser ajustado	Perfil circular	Densidade uniforme	4,50 €
<b>M4</b>	Boa resistência à compressão	Não é adequado para sapatos com salto fino	Perfil circular	Densidade diferente	4,00 €
<b>M5</b>	Maior resistência à compressão	Perfil espesso; influenciando estética, maior quantidade de material	Mesmas dimensões dos demais protótipos	Perfil triangular; Densidade diferente	7,50 €
<b>M6</b>	Menor quantidade de material Menor preço	Irregularidades estéticas devido ao perfil	Mesmas dimensões dos demais protótipos	Perfil triangular; Densidade diferente	3,00 €

### 5.3. Entrevista para validação dos protótipos

O segundo questionário aplicado (Anexo IV) teve como objetivo avaliar a percepção por parte da lojista, consumidor dos expositores de calçados, dos protótipos realizados. Sendo a entrevista feita no mesmo estabelecimento que a entrevista de percepção de mercado. Neste momento a opinião por parte da lojista foi avaliada para perceber a adequação do protótipo ao mercado, à função a que se propõe, ao formato e estética que possui e adaptações a serem feitas.

A entrevistada avaliou os protótipos como capazes de despertarem o interesse, mostrando elegância, e na hipótese de uso, não retiraria o interesse ao produto que expõe. Devido ao conceito que o material do protótipo possui, reciclagem, condizente com o conceito da loja, a entrevistada detectou o propósito da peça. A sua opinião é a de que não haveria interferência na estética dos sapatos, podendo ser usado para suporte de qualquer calçado, com a ressalva de sandálias rasas, por serem mais simples esteticamente os expositores poderiam ter maior impacto nestes produtos.

O tamanho dos protótipos foi bem avaliado, com a observação sobre a diminuição em cerca de um centímetro, que poderia trazer melhoria às peças. A entrevistada foi receptiva quanto à cor, e mostrando interesse também por outras cores; tais como o preto e o cinza, podendo ser mais condizente com sapatos mais sofisticados. Houve o interesse de forma geral por tons neutros, que não interferissem nos sapatos. Entre os expositores exibidos, M3, M4, M5 E M6, a entrevistada demonstrou preferência pelo protótipo M4, Figura 5. 5, devido a sua qualidade estética contendo uma variação na densidade da malha.



**Figura 5. 5. Imagem do expositor M4 com sapatos apoiados**



## 6. Conclusões e Trabalho Futuro

### 6.1. Considerações finais

Com a evolução do consumo através do tempo chegamos a uma época em que o público reconhece o valor que as novas formas de consumo podem proporcionar e às experiências que elas podem oferecer. E isso cria um diferencial que fica registrado na memória do consumidor. A sofisticação dos produtos não está associada apenas aos valores abstratos mas também quanto ao uso de tecnologias inovadoras. Os pontos de venda criaram uma forma mais sofisticada de contato entre o consumidor com a marca e de criar experiências. As marcas preferem investir em lojas que concentrem seus conceitos, em cidades que tenham grande visibilidade de pessoas de todo o mundo, que transitam entre diversos países. E é nesses espaços que ocorrem grandes eventos da marca, lançamentos de produtos com data marcada e que geram grande visibilidade e comoção dos consumidores para adquirir produtos com edições limitadas e altos valores, sendo considerados forma de investimento e não apenas consumo.

A contribuição da tecnologia 3D em diversas áreas tem sido cada vez mais relevante. Por ser um conjunto de técnicas que estão sendo amplamente pesquisadas as possibilidades de técnicas e materiais são cada vez maiores. Ainda que tenha suas desvantagens assim como qualquer outra medida seu potencial deve ser explorado para se desenvolver em todos ramos da moda. Neste estudo isso se reverteu em estratégias voltadas para o merchandising visual.

As questões que foram colocadas no início desta investigação foram:

- Será a impressão 3D capaz de atribuir benefícios ao processo produtivo de suportes para pontos de venda?
- A tecnologia de impressão 3D, tem viabilidade como ferramenta para o merchandising visual?

Relativamente à primeira questão, é possível verificar que a tecnologia tridimensional é uma ferramenta que conta com um processo de design digital computadorizado que permite amplas possibilidades de diversidade de criação. As vantagens deste método anteriormente citadas, justificam a adoção desta forma de fabrico. Para o setor da moda que exige frequentes atualizações, os expositores podem ser produzidos com design personalizado sem alteração de custos devido a isso, em quantidades

desejadas, podendo ser descartados se degradando de forma não prejudicial ao ambiente. Podem também ser utilizados como forma de troca para o processo de reciclagem, para o fabrico de novos expositores sem limitar as necessidades do cliente.

Referente à segunda questão, como foi demonstrado por testes das propriedades mecânicas dos expositores produzidos, o material utilizado tem propriedades satisfatórias, resistência suficiente para a utilização tanto em vitrines quanto no interior da loja. Por terem sido produzidos com a preocupação de propor um material que não gerasse mais descarte no ambiente, que é proveniente de fontes renováveis os protótipos de suporte para calçados agregam valores ambientais que vão de encontro com os valores conceituais de pontos de venda que desejam transmitir estes valores. Foi verificado através de entrevista realizada em uma loja conceito de sapatos que esses suportes são capazes de despertar o interesse, possuindo viabilidade quanto ao design, forma de produção, matéria-prima e preço.

## 6.2. Sugestões de trabalho futuro

Espera-se que em um futuro próximo algumas restrições a respeito da tecnologia estudada neste trabalho sejam ultrapassadas ampliando as aplicações no mercado. A deposição por fusão de material apresenta uma acuidade restrita devido ao diâmetro do filamento, que normalmente é de 1,27 mm, e dos bicos extrusores. Ainda é um processo lento comparado ao processo de moldagem por compressão, devido à taxa de extrusão. Como são utilizados termoplásticos, material com alta viscosidade o processo não pode ser facilmente acelerado sem prejuízo à qualidade do que é produzido.

Reconhecemos que os resultados são limitados ao tipo de expositor selecionado para réplica e redesenho. Estudos futuros devem explorar as relações entre o despertar ou não da atenção dos consumidores para a exposição em vitrines com diferentes tipos de expositores que podem ser produzidos com o uso da tecnologia tridimensional. Ainda futuramente há a intenção de realizar teste de resistência à fadiga em relação à compressão para melhor perceber o efeito da compressão sobre a durabilidade dos suportes com o decorrer do tempo.

## Referências:

- Acrylux (2018) *Acrylic Forming*. Available at: [http://www.acrylux.co.uk/pages/acrylic\\_forming](http://www.acrylux.co.uk/pages/acrylic_forming).
- Aguiar, M. C. (2013) 'Avaliação da prototipagem rápida em impressão 3D como uma inovação tecnológica aplicada ao desenvolvimento de produtos-um estudo multicaso'.
- Alibaba (2018) *Expositor de calçados em acrílico*. Available at: <https://portuguese.alibaba.com/p-detail/expositor-de-calçados-em-acrilico-900004657792.html>.
- Almeida, J. and Marques, N. (2012) 'Merchandising no ponto de venda: uma ferramenta estratégica', p. 13.
- Au, K. M. and Yu, K. M. (2007) 'A scaffolding architecture for conformal cooling design in rapid plastic injection moulding', *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Springer, 34(5–6), pp. 496–515.
- Azevedo, F. M. de (2013) 'Estudo e projeto de melhoria em máquina de impressão 3D.' Universidade de São Paulo.
- Azevedo, S., Pereira, M. M., Ferreira, J. J. M. and Pedroso, V. (2008) 'Consumer Buying Behaviour in Fashion Retailing: Empirical Evidences', p. 407.
- Bates, S. R. G., Farrow, I. R. and Trask, R. S. (2016) '3D printed polyurethane honeycombs for repeated tailored energy absorption', *Materials & Design*. Elsevier, 112, pp. 172–183.
- Bauman, Z. (2008) *Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria*. Zahar.
- Beê, E. S. (2017) 'O vitrinismo como ferramenta de marketing', *Revista Advérbio*, 6(11), p. 4.
- Besko, Marcos a; Bilyk, Claudio b; Sieben, P. G. (2017) 'Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D.', *v. 01 n.3*, pp. 9–18.
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O. and Garrett, B. (2011) 'Could 3D printing change the world', *Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing*, Atlantic Council, Washington, DC, p. 3.
- Chen, D., Heyer, S., Ibbotson, S., Salonitis, K., Steingrímsson, J. G. and Thiede, S. (2015) 'Direct digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier, 107, pp. 615–625.
- Christiyan, K. G. J., Chandrasekhar, U., Mathivanan, N. R. and Venkateswarlu, K. (2018)

'Influence of manufacturing parameters on the strength of PLA parts using Layered Manufacturing technique: A statistical approach', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, p. 12134.

Chua, C. K., Leong, K. F. and Lim, C. S. (2003) *Rapid prototyping: principles and applications*. World Scientific.

Chua, C. K., Leong, K. F. and Lim, C. S. (2010) *Rapid Prototyping: Principles and Applications (with Companion CD-ROM)*. World Scientific Publishing Company.

Conner, B. P., Manogharan, G. P., Martof, A. N., Rodomsky, L. M., Rodomsky, C. M., Jordan, D. C. and Limperos, J. W. (2014) 'Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services', *Additive Manufacturing*. Elsevier, 1, pp. 64–76.

d'Aveni, R. (2015) 'The 3-D printing revolution', *Harvard Business Review*, 93(5), pp. 40–48.

D3574, A. (2017) 'Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials—Slab, Bonded, and Molded Urethane Foams', p. 4. doi: 10.1520/D3574-17.

Ferreira, D. L. (2009) 'Impressões de passantes sobre vitrinismo', p. 42.

Fiore, A. M., Yah, X. and Yoh, E. (2000) 'Effects of a product display and environmental fragrancing on approach responses and pleasurable experiences', *Psychology and Marketing*, 17(1), pp. 27–54.

Fischer, F. (2011) 'Thermoplastics: the best choice for 3D printing', *White Paper, Stratasys Inc., Edn Prairie, MN*.

Gebler, M., Uiterkamp, A. J. M. S. and Visser, C. (2014) 'A global sustainability perspective on 3D printing technologies', *Energy Policy*. Elsevier, 74, pp. 158–167.

Gibson, I., Rosen, D. W. and Stucker, B. (2010) *Additive manufacturing technologies*. Springer.

Griffin, S. (2017) 'Psychological Aspects of Visual Merchandising'.

Hague\*, R., Mansour, S. and Saleh, N. (2004) 'Material and design considerations for rapid manufacturing', *International Journal of Production Research*. Taylor & Francis, 42(22), pp. 4691–4708.

Henton, D. E., Gruber, P., Lunt, J. and Randall, J. (2005) 'Polylactic acid technology', *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. CRC Press Boca Raton, FL, 16, pp. 527–577.

Ho-Le, K. (1988) 'Finite element mesh generation methods: a review and classification',

*Computer-aided design*. Elsevier, 20(1), pp. 27–38.

Hogg, M., Askegaard, S., Bamossy, G. and Solomon, M. (2006) *Consumer behaviour: a European perspective*. Prentice Hall.

INDAC (2015) *Propriedades e vantagens das chapas acrílicas*. Available at: <http://www.indac.org.br/propriedades-e-vantagens-das-chapas-acrilicas/>.

Kijchavengkul, T. and Auras, R. (2008) 'Compostability of polymers', *Polymer International*. Wiley Online Library, 57(6), pp. 793–804.

Kim, J. (2013) 'A study on the effect that VMD (Visual Merchandising Design) in store has on purchasing products', *International Journal of Smart Home*. Citeseer, 7(4), pp. 217–223.

Klahn, C., Leutenecker, B. and Meboldt, M. (2015) 'Design strategies for the process of additive manufacturing', *Procedia CIRP*. Elsevier, 36, pp. 230–235.

Lea-Greenwood, G. (1998) 'Visual merchandising: a neglected area in UK fashion marketing?', *International Journal of Retail & Distribution Management*. MCB UP Ltd, 26(8), pp. 324–329.

Lim, L.-T., Auras, R. and Rubino, M. (2008) 'Processing technologies for poly (lactic acid)', *Progress in polymer science*. Elsevier, 33(8), pp. 820–852.

Lipovetsky, G. (2009) *O império do efêmero: a moda e seu destino nas sociedades modernas*. Editora Companhia das Letras.

Lipovetsky, G. and Roux, E. (2008) *O luxo eterno: da idade do sagrado ao tempo das marcas*. Editora Companhia das Letras.

Lo, D. S. H. (2014) *Finite element mesh generation*. CRC Press.

Martins, V. H. C. (2017) 'Impressão 3D: uma abordagem de produção mais limpa?'

Mattsson, K. (2009) 'Customer satisfaction in the retail market'. Vaasan ammattikorkeakoulu, pp. 16–51.

Mehta, N. and Chugan, P. K. (2016) 'Visual Merchandising as Tool for Creating Differentiation for Furniture Outlets: Perceptual Mapping'.

Mellor, S., Hao, L. and Zhang, D. (2014) 'Additive manufacturing: A framework for implementation', *International Journal of Production Economics*. Elsevier, 149, pp. 194–201.

Mital, A., Desai, A., Subramanian, A. and Mital, A. (2014) *Product development: a structured approach to consumer product development, design, and manufacture*. Elsevier.

Morace, F. (2012) *Consumo autoral: as gerações como empresas criativas, São Paulo: Estação das Letras e Cores.*

Novakova-Marcincinova, L. and Kuric, I. (2012) 'Basic and advanced materials for fused deposition modeling rapid prototyping technology', *Manuf. and Ind. Eng*, 11(1), pp. 24–27.

Oh, H. and Petrie, J. (2012) 'How do storefront window displays influence entering decisions of clothing stores?', *Journal of Retailing and Consumer Services*. Elsevier, 19(1), pp. 27–35.

Petrick, I. J. and Simpson, T. W. (2013) '3D printing disrupts manufacturing: how economies of one create new rules of competition', *Research-Technology Management*. Taylor & Francis, 56(6), pp. 12–16.

Pham, D. T. and Gault, R. S. (1998) 'A comparison of rapid prototyping technologies', *International Journal of machine tools and manufacture*. Elsevier, 38(10–11), pp. 1257–1287.

Ratto, M. and Ree, R. (2012) 'Materializing information: 3D printing and social change', *First Monday*, 17(7).

ReDeTec (2018) 'ProtoCycler\_Filament\_extruder\_angled\_2048x'. Available at: <https://redetec.com/pages/protocycler>.

Ritzer, G. and Jurgenson, N. (2010) 'Production, consumption, prosumption: The nature of capitalism in the age of the digital "prosumer"', *Journal of consumer culture*. Sage Publications Sage UK: London, England, 10(1), pp. 13–36.

Salonitis, K. and Al Zarban, S. (2015) 'Redesign optimization for manufacturing using additive layer techniques', *Procedia CIRP*. Elsevier, 36, pp. 193–198.

Sampaio, J. P. and Baruque-Ramos, J. (2014) 'A tecnologia aplicada às ações de Visual Merchandising de moda', *2º CONTEXMOD*, 1(2), p. 16.

dos Santos, D. dos S. O. and Cantagallo, M. V. (2015) 'O PODER DE INFLUÊNCIA DO MERCHANDISING NA DECISÃO DE COMPRA', *ANAIS CEAD & CIESTEC*, pp. 1–15.

Schmitt, B. (1999) 'Experiential marketing', *Journal of marketing management*. Taylor & Francis, 15(1–3), pp. 53–67.

Shagal, S., Shagal, G. and Sharma, A. (2016) 'VISUAL MERCHANDISING: A KEY ELEMENT IN RETAIL INDUSTRY', *Management*, 2(2), pp. 115–120.

Shewbridge, R., Hurst, A. and Kane, S. K. (2014) 'Everyday making: identifying future uses for

3D printing in the home', in *Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems*. ACM, pp. 815–824.

Stansbury, J. W. and Idacavage, M. J. (2016) '3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities', *Dental Materials*. Elsevier, 32(1), pp. 54–64.

Thompson, M. K., Moroni, G., Vaneker, T., Fadel, G., Campbell, R. I., Gibson, I., Bernard, A., Schulz, J., Graf, P. and Ahuja, B. (2016) 'Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints', *CIRP annals*. Elsevier, 65(2), pp. 737–760.

Toffler, A. and Alvin, T. (1980) *The third wave*. Bantam books New York.

Ultimaker B.V. (no date) *Shell*. Available at: <https://ultimaker.com/en/resources/20415-shell>.

Valyi, E. I. (1998) 'Compression molding process'. Google Patents.

Varela, T. (2012) 'The Allure of the Window Display', p. 4.

Vincent-Ricard, F. and de La Morinerie, A. (2008) *As espirais da moda*. Paz e Terra.

Vitrinis (2018) *Vitrinis*. Available at: <http://www.vitrinis.com.br/produto/expositores-de-calcados/expositores-de-balcao/expositor-de-calcado-s-em-acrilico/53/>.

Wang, W., Wang, T. Y., Yang, Z., Liu, L., Tong, X., Tong, W., Deng, J., Chen, F. and Liu, X. (2013) 'Cost-effective printing of 3D objects with skin-frame structures', *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. ACM, 32(6), p. 177.

Weber, C., Peña, V., Micali, M., Yglesias, E., Rood, S., Scott, J. A. and Lal, B. (2013) 'The role of the national science foundation in the origin and evolution of additive manufacturing in the United States', *Science & Technology Policy Institute*, 1, p. 175.

Wimmer, R., Steyrer, B., Woess, J., Koddenberg, T. and Mundigler, N. (2015) '3D printing and wood', *Pro Ligno*. Editura Universitatii" Transilvania" din Brasov, 11(4), pp. 144–149.

Winters, A. A. and Goodman, S. (1984) 'Fashion advertising & promotion'. Fairchild Publications.

Wittbrodt, B. and Pearce, J. M. (2015) 'The effects of PLA color on material properties of 3-D printed components', *Additive Manufacturing*. Elsevier, 8, pp. 110–116.

Wittbrodt, B. T., Glover, A. G., Laureto, J., Anzalone, G. C., Oppliger, D., Irwin, J. L. and Pearce, J. M. (2013) 'Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D printers', *Mechatronics*. Elsevier, 23(6), pp. 713–726.

Wohlers, T. (2014) 'Wohlers report', *Wohlers Associates Inc.*

Wolfe, M. G. (1998) *The world of fashion merchandising*. Goodheart-Wilcox Publisher.

## Anexo I

### Entrevista para percepção de mercado

Loja: Fenuí Shoes

Localização: Rua Dr. Avelino Germano N° 84, 4800-150 Rua Dr. Avelino Germano N° 84 Oliveira Castelo  
Guimarães - Guimarães

Entrevistado: Karine (proprietária)

Seguimento: Comércio de calçados artesanais

#### **1. A loja tem preocupação com merchandising visual?**

A entrevistada afirmou que a loja tenta neutralizar os efeitos do merchandising.

#### **2. Quais ações são tomadas em relação ao merchandising visual?**

A loja tem três anos de funcionamento e no início eles buscavam fazer a mudança da montra semanalmente e depois mudaram para uma renovação de acordo com as estações. Eles também buscam mudar a disposição dos sapatos no interior da loja e alternar os sapatos expostos para que não haja alteração da cor entre os pares. Alternam os sapatos entre montra e espaço interior.

#### **3. A loja nota a necessidade de investir em expositores para o calçado? Por quê?**

Para os expositores a loja busca elementos mais naturais, utilizam moveis reciclados. A intenção é de criar um ambiente semelhante a uma sala de estar fazendo com que os clientes se sintam a vontade e não intimidados por um ambiente luxuoso, com aparência de caro. Desvalorizam um investimento alto no local para valorizar os produtos.

#### **4. Que tipo de expositores utilizam?**

Utilizam móveis e peças que sejam coerentes com os valores da loja. Buscam utilizar o mobiliário para a exposição, fazem adaptação de móveis usados. Não buscam expositores de forma convencional, mas fazem a troca dos móveis esporadicamente.

#### **5. Quais atributos físicos que os expositores devem ter para a loja?**

Buscam elementos que já existem para integrar o ambiente de loja de forma orgânica. Investem em móveis reciclados e fazem adaptações neles.

#### **6. Quais valores a loja procura transmitir ao consumidor?**

Para o início da loja observaram o que já existia e buscaram se diferenciar. Criar um ambiente confortável, acolhedor. Não queriam assustar o cliente com um ambiente imponente, também não queriam utilizar materiais como metal e couro.

#### **7. Como é que os expositores podem contribuir para esses valores?**

As coleções mudam, mas os aspectos não mudam. O que faz a loja são os expositores. São ligados às tradições, produtos tradicionais, com conotação artesanal. Querem que os consumidores entendam o produto.

**8. Como você poderia descrever os expositores disponíveis no mercado?**

Nota que são muito frios, tentam impingir um produto sem contar a história do produto. Tentam massificar, direcionando os produtos a linha dos olhos como um supermercado.

**9. Quais as vantagens e desvantagens que podem ser notadas nos expositores existentes no mercado?**

Como desvantagens a falta de preocupação, a padronização de tamanhos e formatos. Como se fossem para serem deitados depois.

**10. Qual o interesse da loja em um produto personalizado?**

Muito interesse, ainda que encontrem desafios. Tem interesse em parcerias.

**11. Qual o interesse da marca de produzir expositores em menores quantidades recorrendo a tecnologias como 3D?**

Como a loja comercializa produtos artesanais é importante a personalização, diferenciação.

**12. Qual o preço que estão dispostos a pagar?**

Não conseguiu estimar. Depende do valor agregado, que o expositor irá contribuir, quanto tempo irão ser utilizados.

Calçados da coleção de verão expostos no interior da loja



Móvel reciclado e adaptado para expor calçados



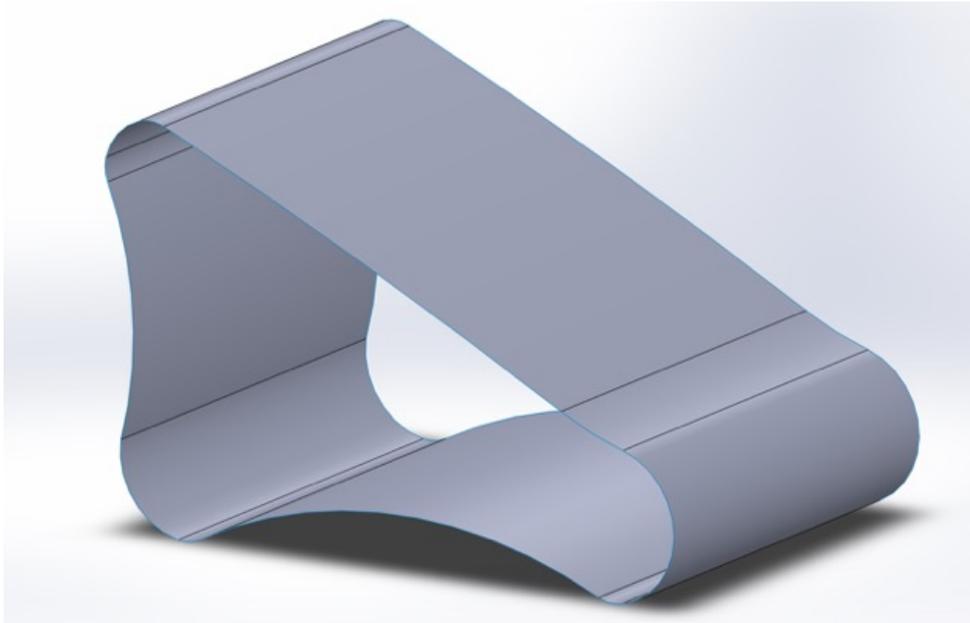
Prateleiras fixas nas paredes laterais no interior da loja



## Anexo II

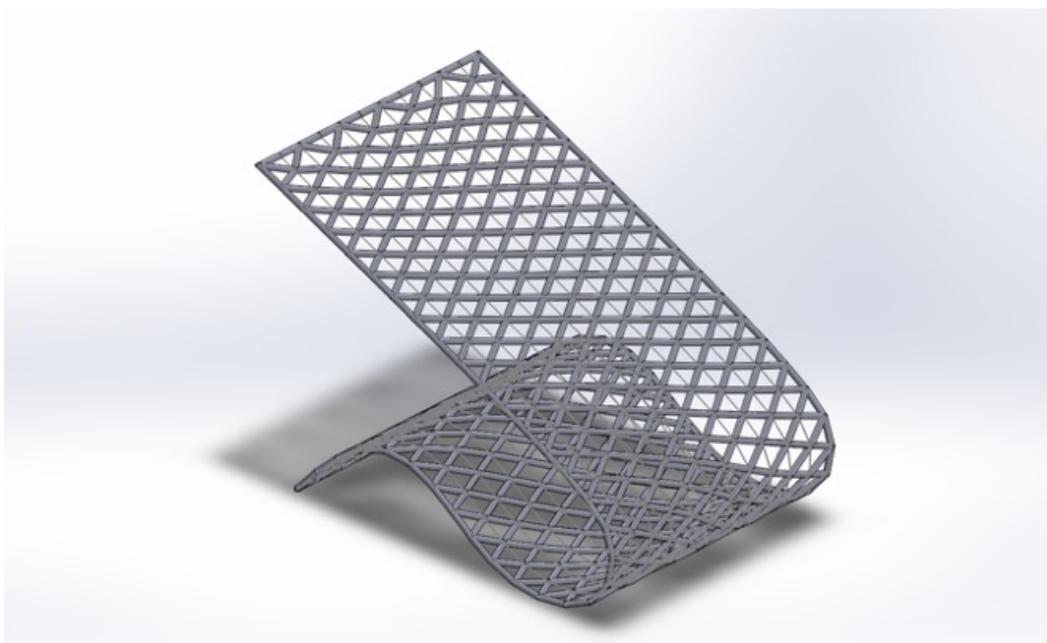
### Modelo original criado em Solidworks

Imagem retirada do software Solidworks. Demonstrativo do modelo com alteração do design, criação de uma coluna vertical, para atribuir mais resistência à compressão. Este modelo primitivo foi criado para ter uma estrutura de referência para colocação da malha no software de FEM.

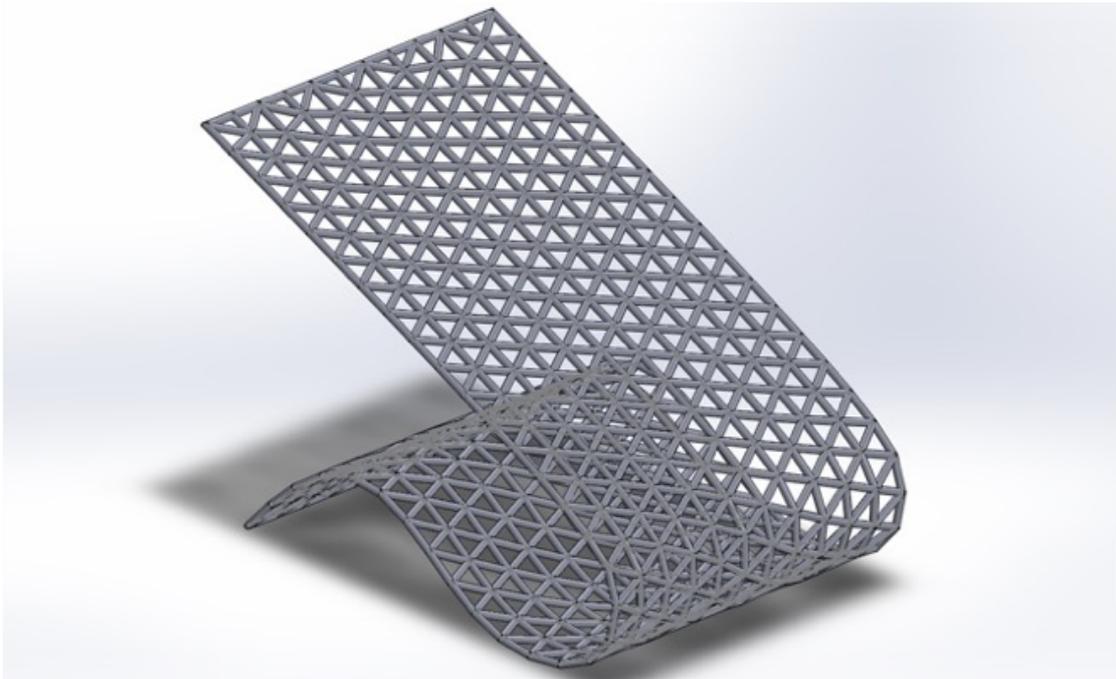


**Design do modelo S modificado**

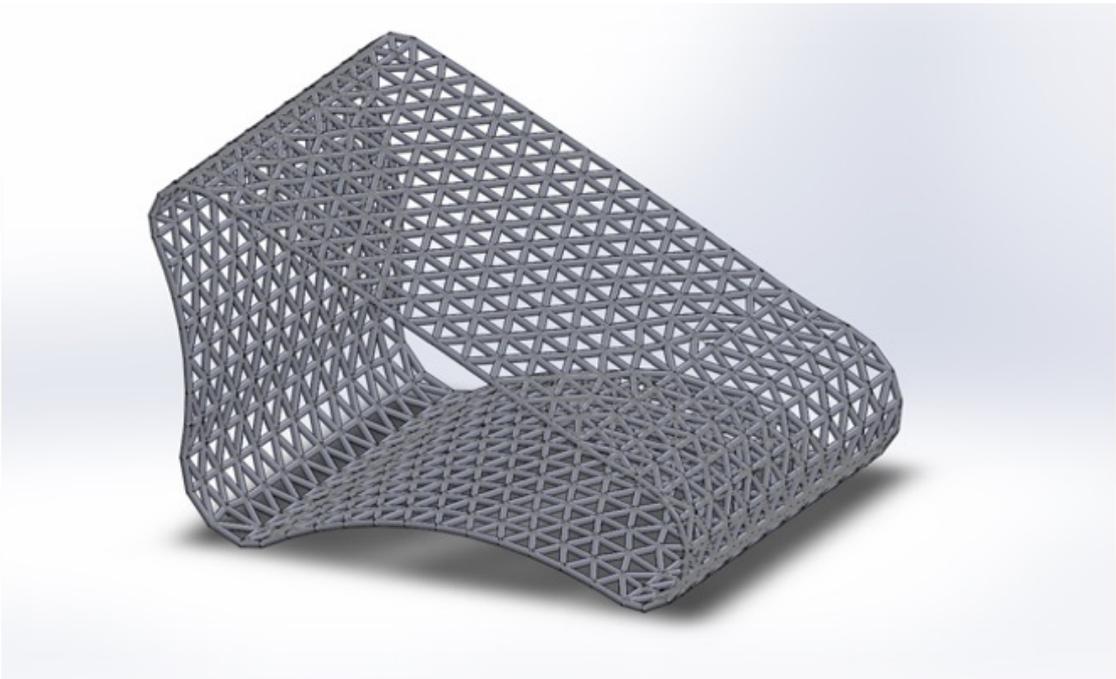
### Perfil aplicado em todos modelos



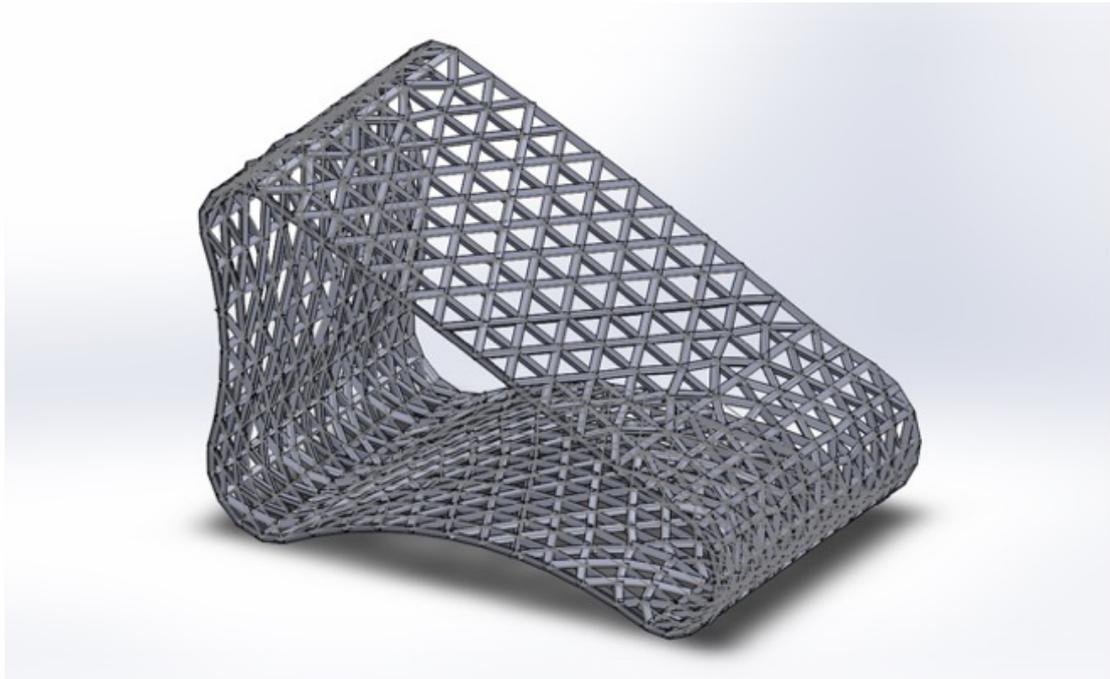
**Modelo S sem linhas horizontais e perfil de 2mm**



**Modelo S com linhas horizontais, perfil circular de 2mm**



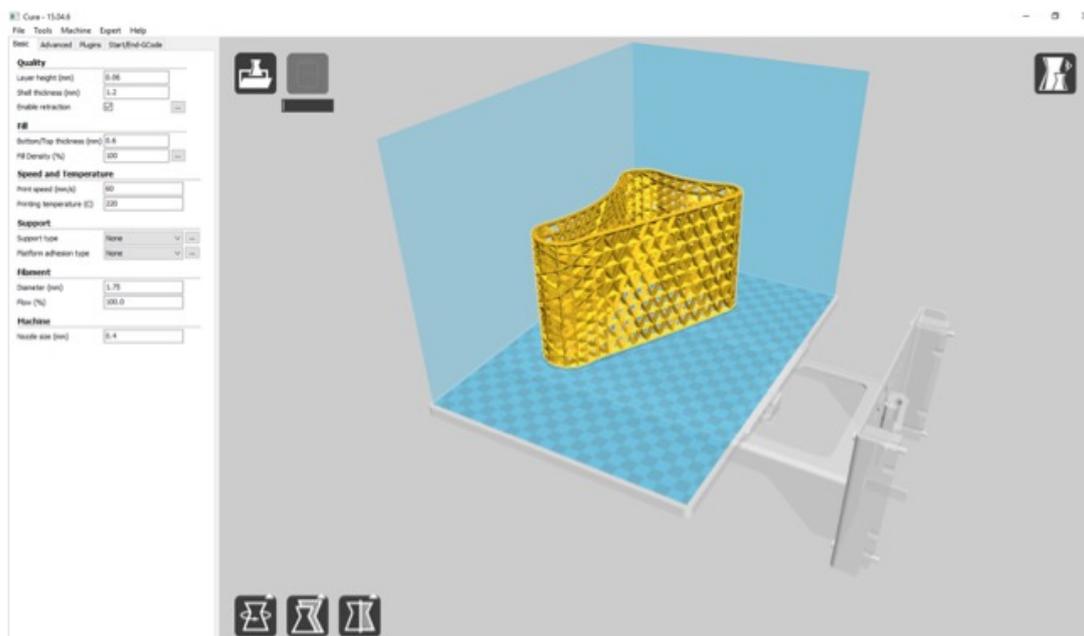
**Modelo modificado com perfil circular de 2mm e malha com densidade uniforme**



**Modelo modificado com perfil triangular de 2.5mm**

Modelo posicionado em software da impressora 3D

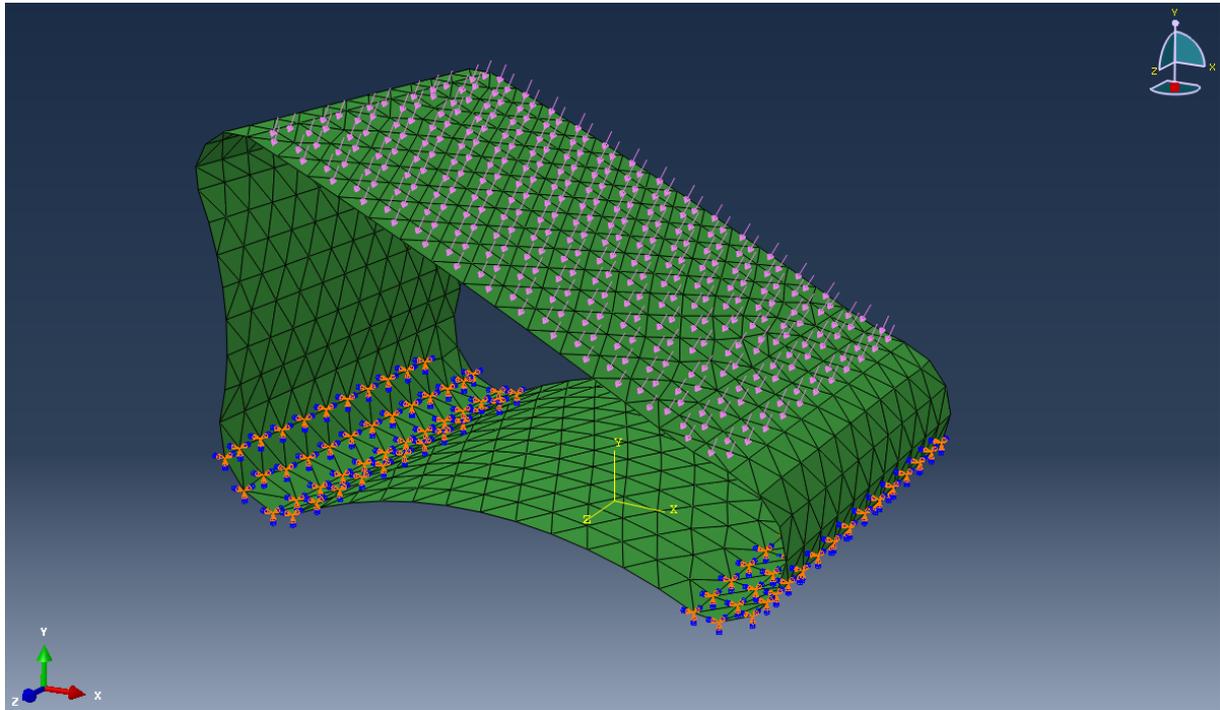
Imagem retirada do software Cura, programa de fatiamento utilizado pela impressora, para a visualização do posicionamento do objeto, colocação de estrutura de apoio caso necessário. Neste software é possível ajustar configurações do processo de produção assim como a vista detalhada da sobreposição de camadas que o objeto terá.



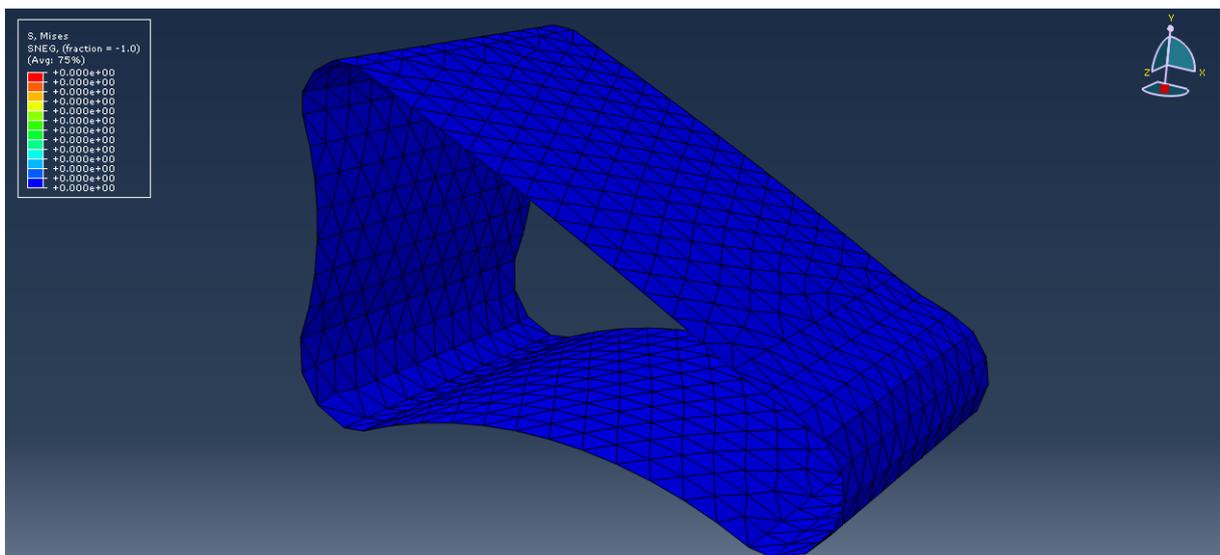
## Anexo III

Imagens geradas pelo Software Abaqus

Simulação da aplicação de força sobre o protótipo

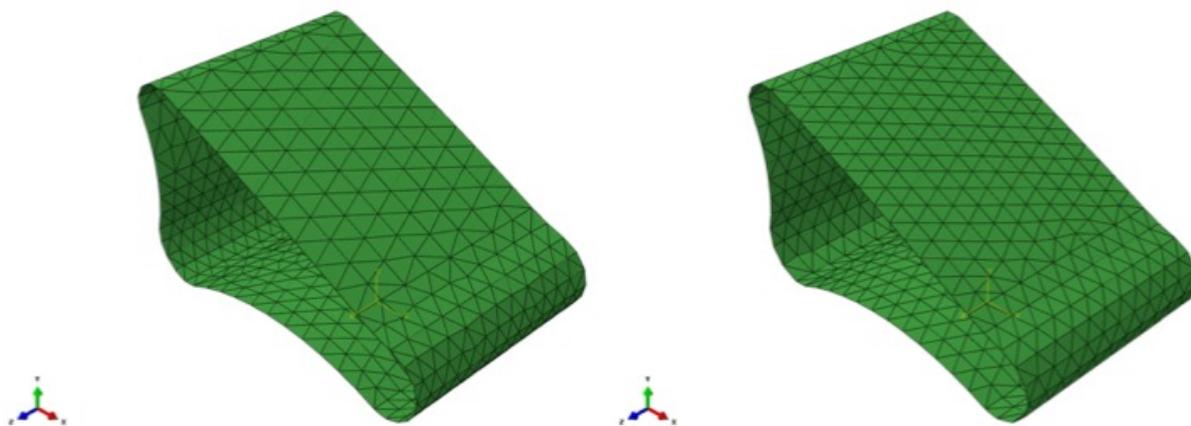


Simulação por aproximação para visualização do comportamento da estrutura





Malha gerada em software de FEM



**Modelo modificado mostrando duas densidades de malha aplicada.**

## Anexo IV

### Questionário para a validação dos protótipos

**1. Como você avalia os protótipos (expositores) desenvolvidos quanto ao design?**

A entrevistada avaliou como interessante, elegante. Não retiram o interesse do produto.

**2. Qual a sua percepção em relação à interação entre os expositores e os calçados?**

Depende do calçado. Transmite a ideia de pouca quantidade, de personalização. Tem um propósito, não interfere.

**3. Acha que pode ser utilizado para qualquer tipo de calçado (sandália, bota)?**

Pensa que pode ser usado para qualquer tipo de calçado. Com a ressalva das sandálias rasas, mais simples. Nelas acredita que pode ter mais impacto estético.

**4. Como você avalia os expositores quanto às dimensões físicas?**

Que possuem bom tamanho, mas sugere que poderiam ser ligeiramente mais estreitos, cerca de 1 centímetro.

**5. E quanto à cor dos expositores, qual a sua avaliação? Sugere alguma cor em particular que possa ter ligação à marca, à estação, talvez às tendências?**

A entrevistada diz ter preferência pela cor branca. Mas diz que os expositores também poderiam ser na cor preta, cinza para sapatos mais sofisticados. De forma geral os expositores poderiam ter cores neutras que não interferissem muito com os sapatos.

**6. Qual expositor você avalia melhor?**

A entrevistada avaliou como o melhor expositor entre, M3, M4 M5 E M6 o expositor com perfil circular e densidade diferente (M4).