

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

**PROJETO DE UMA EMBALAGEM SUSTENTÁVEL PARA O SETOR
CALÇADISTA**

BERNARDO GÓMEZ WEBER

ORIENTADOR: FLÁVIO SANSON FOGLIATTO

PORTO ALEGRE
JANEIRO/ 2024

PROJETO DE UMA EMBALAGEM SUSTENTÁVEL PARA O SETOR CALÇADISTA

Bernardo Gómez Weber (UFRGS)

bergw20@gmail.com

Flávio Sanson Fogliatto (UFRGS)

ffogliatto@gmail.com

RESUMO

O setor calçadista carece de alternativas que minimizem os impactos ambientais das embalagens feitas de papelão utilizadas nas operações logísticas, além de sanar a dependência desse tipo de material que prejudicou o setor durante a pandemia. Nesse contexto, esse artigo propõe o desenvolvimento de uma alternativa que possa amenizar o problema aliando conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento de produto, com vistas a estimular a reutilização de recursos e firmar a economia circular como um valor de produto. O presente estudo utiliza o método de Brod adaptado para o desenvolvimento de embalagens e utiliza a tecnologia de estereolitografia, popularmente conhecida como impressão 3D. O resultado final desse estudo foi a prototipagem de uma embalagem sustentável, de visual e função inovadores para o setor.

Palavras-chave: embalagem, setor calçadista, economia circular, ecodesign, impressão 3D

ABSTRACT

The footwear sector lacks alternatives that minimize the environmental impacts of cardboard packaging used in logistics operations, as well as remedy the dependence on this type of material that harmed the sector during the pandemic. In this context, this article proposes the development of an alternative that can alleviate the problem by combining concepts of sustainability and product development, with a view to stimulating the reuse of resources and establishing the circular economy as a product value. The present study uses Brod's method adapted for packaging development and uses stereolithography technology, popularly known as 3D printing. The result of this study was the prototyping of sustainable packaging with an innovative look and function for the sector.

Keywords: packaging, footwear sector, circular economy, ecodesign, 3D printing.

1. INTRODUÇÃO

No atual contexto, muitos esforços têm sido despendidos para a divulgação e propagação de ideias de consumo sustentável. Ao longo dos últimos dois séculos, o modelo adotado pelas organizações se consolidou com a característica linear de produção em que a matéria prima é extraída, utilizada na confecção do produto e posteriormente descartada, levando ao esgotamento dos recursos naturais utilizados na produção (ACCENTURE STRATEGY, 2014). A jornada do usuário consumidor desse tipo de produção divide-se em três fases: aquisição, utilização e descarte (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021). Esse modelo acarreta prejuízo ao meio ambiente e intensifica a preocupação dos produtores, dos governos e da sociedade como um todo, devido aos seus impactos ambientais (BOCKEN *et al.*, 2016).

O conceito de economia circular oferece uma nova perspectiva de modo de produção. A economia circular é o princípio que leva em conta o valor do produto, ao longo de toda a jornada do usuário. Esse princípio preconiza a não geração de resíduos, bem como a sua reinserção no processo produtivo, diferentemente da economia linear, podendo ser resumido em três palavras: adquirir, utilizar e reutilizar (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021). A economia circular tem papel essencial para o desenvolvimento sustentável das civilizações modernas no futuro (MOESCH, 2019). A logística reversa e a coleta seletiva mostram-se como importantes pilares aliados à economia circular, pois impactam diretamente no seu sucesso (HOFFMANN; JACQUES, 2021). A logística reversa e o ecodesign são conceitos que estão interligados (GONTIJO; DIAS, 2014). O ecodesign pode ser definido como o design de produto sob uma perspectiva que considera todo o seu ciclo de vida e a sustentabilidade, ou seja, danos ao meio ambiente que esse produto pode gerar (SCHAFFER & LOWER, 2021). O ecodesign, por vezes, não é considerado no desenvolvimento de produtos (SANTOS NETO, 2000). Os resíduos advindos de embalagens geram impacto ambiental e, em sua maioria, não são reutilizados (LANDIM *et al.*, 2016).

Existem programas que estimulam a adoção de economia circular em diferentes setores de produção e serviço, como o automobilístico, construção e mobiliário (ISWA ANUAL REPORT, 2021). Entretanto, setores como o calçadista carecem de iniciativas que visem a produção sustentável; poucos são os investimentos em estudos relacionados aos resíduos envolvendo operações logísticas, que, normalmente, são focados na produção (VIER *et al.*, 2021; ZAVODNA; TREJTNAROVA, 2021). Este setor é um gerador de resíduos de

diferentes tipos, tais como tecidos, borrachas, couro e plásticos. A diversidade de materiais e a geração de grandes volumes de resíduos, dificultam sua produção de maneira sustentável e a criação de alternativas que contribuam para uma produção que não impacte o meio ambiente (FRANCISCO *et al.*, 2014). Os resíduos de uma indústria calçadista podem ser reutilizados e reciclados, contribuindo para um desenvolvimento sustentável — que, por sua vez, pode configurar diferencial competitivo —, mas ainda necessitam de uma sistematização eficaz de reaproveitamento (MASIERO, 2018).

Ao pensar na utilização das caixas de papelão para proteger os calçados, percebe-se que ela se tornará um resíduo desnecessário, visto que é descartada pela loja ou consumidor, causando danos ao ambiente no pós-consumo, se não reciclado. As empresas dependentes de embalagens de papelão sofreram com a escassez de material e tiveram suas operações de transporte prejudicadas, o que ocorreu devido à grande demanda de papelão gerada pelos pedidos online na pandemia de COVID-19, que fizeram os recursos de fabricação esgotarem (FARIAS *et al.*, 2022). Diante do cenário do setor calçadista, o estudo identificou, a dependência do setor do papelão como embalagem de calçados e impactos financeiros negativos que a dependência desse recurso pode causar nas empresas, além dos danos ambientais e busca propor alternativas que supram essa necessidade, vinculadas à minimização dos impactos ambientais.

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo propor uma solução de embalagens para o setor calçadista considerando os conceitos de logística reversa e ecodesign e tem por objetivos específicos desenvolver um projeto (protótipo) de uma embalagem que possua as seguintes características: *(i)* ser uma embalagem de segundo nível com potencial de cumprir funções logísticas, para reduzir o número de embalagens envolvidas na cadeia produtiva; *(ii)* ser retornável, contribuindo para a sustentabilidade através de sua reinserção na cadeia de produção ou reutilização; e *(iii)* possuir estética inovadora, agregando mais valor ao produto e motivando a adesão de ideias relacionadas a economia circular.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão abordados os seguintes assuntos: o setor calçadista no Brasil e seus resíduos, embalagens e suas classificações, definições de logística reversa e ecodesign, tecnologia de estereolitografia, bem como métodos de desenvolvimento de produto.

2.1 Setor calçadista e resíduos de produção

Em 2020, o Brasil ocupou a posição de quinto maior produtor, quarto maior consumidor e décimo segundo em importação de pares de calçados. Em 2021, houve significativa recuperação no setor. Segundo a Abicalçados, o setor calçadista também foi impactado no cenário global com os efeitos negativos da pandemia da Covid-19 em 2020, cuja normalização está prevista apenas para 2025. A competitividade reside na eficiência produtiva e design flexível, essenciais para o sucesso do setor no futuro (ROEHRIG *et al.*, 2020).

A produção de calçados está ligada à utilização de diversos materiais, o que gera muitos resíduos ao longo de sua cadeia produtiva, sendo o couro o mais nocivo (RENSBURG, 2020). Poluentes emitidos pela indústria calçadista atingem países do mundo inteiro; alternativas de insumos biodegradáveis como bioplásticos são possíveis, porém, apresentam altos custos (ZAVODNA; TREJTNAROVA; POSPISIL, 2020). Entre os principais resíduos estão o couro, borracha, poliuretano e fibra têxtil. Entretanto, é possível encontrar ao menos 40 tipos diferentes de materiais que nem sempre são reaproveitados. Esforços em reciclagem ainda são ineficientes quando comparados ao volume de resíduos gerados (RAHIMIFARD, 2007). Sobretudo, o reaproveitamento dos resíduos se torna um diferencial competitivo, visto que o *market share* desses produtos tem aumentado (CONTI, 2021).

No Brasil, as organizações percebem, de forma errônea, as práticas ambientalmente corretas como onerosas e sem retorno financeiro (VIER *et al.*, 2021). Além disso, os consumidores pouco exigem o seu cumprimento. Estratégias que incentivem os produtores a adotar o ecodesign e a logística reversa ainda são escassas no cenário calçadista (VIER *et al.*, 2021). Essa indústria necessita de novas ideias para suas embalagens que reduzam impactos negativos à natureza (ZAVODNA; TREJTNAROVA, 2021).

2.2 Embalagens

Segundo a ABRE (2022), a produção de embalagens atingiu patamares crescentes nos três anos anteriores à pandemia de 2020 e representa um setor importante na economia do país, com números relevantes em exportação. Plásticos e metais são os dois materiais mais utilizados nesse setor produtivo, representando 37,1% e 21,4% da produção, seguidos do papelão e dos diferentes tipos de papel que, juntos, ultrapassam os metais e representam um total de 31,7%. Os outros 9,8% correspondem a vidro, material têxtil e madeira. As embalagens são essenciais para o abastecimento do mercado consumidor e representam acessibilidade, redução de custos e incentivo a novos métodos de consumo e descarte (ABRE, 2022).

É possível classificar as embalagens quanto a sua função. Dividem-se em: embalagens primárias, secundárias, terciárias, quaternárias e de quinto nível (MOURA; BANZATO, 1997). O primeiro nível geralmente está associado à conservação; o segundo, à informação; o terceiro, à paletização e redução de custos (JORGE, 2013). Os níveis quatro e cinco estão diretamente ligados ao agrupamento e à otimização do transporte e logística (MOURA; BANZATO, 1997). É possível associar as embalagens do primeiro, segundo e terceiro nível ao consumidor, e demais níveis ao varejo e transporte (THE CONSUMER GOODS FORUM, 2011).

As embalagens estão relacionadas ao aumento da geração de resíduos ao longo do tempo e preocupam sociedades desenvolvidas (LEITE, 2009; LANDIM *et al.*, 2016). Apesar de políticas de gerenciamento de resíduos, o Brasil ainda segue com o padrão de consumo linear e apresenta níveis de resíduos cada vez mais altos (ABRELPE, 2021).

No contexto da sustentabilidade, não se pode apenas pensar na reutilização de embalagens, mas em sua minimização ao longo da cadeia produtiva (JOHNSON, 2013). As embalagens, quanto ao uso, são classificadas em três grupos: (1) as descartáveis, que são utilizadas só uma vez e não recebem o descarte correto por parte do consumidor; (2) as retornáveis, que serão utilizadas novamente pelo produtor após o processo de checagem e higienização, quando encaminhadas da maneira correta; e (3) as reutilizáveis, que recebem novas aplicações atribuídas pelos consumidores (CORTEZ, 2013). As metodologias de projeto de embalagem, em sua maioria, não contemplam as questões de sustentabilidade necessárias e carecem de novas ideias para embalagens de consumo (SANTOS NETO, 2001).

Embalagens podem ter diferentes vantagens e desvantagens, gerando impactos diferentes, a depender de seu material. O papelão é um material acessível, mas gera muitos danos ambientais durante sua produção e é sensível à umidade e a danos físicos. O plástico, por sua vez, é inerte, fácil de limpar e possui uma boa resistência mecânica (LANDIM *et al.*, 2016). Entretanto é difícil reciclar devido a problemas de gestão de resíduos e as especificidades e custos dos diferentes processos de reciclagem (DE OLIVEIRA, 2012).

Plástico e papelão são frequentemente utilizados em embalagens de transporte: o plástico ganha em durabilidade e leveza, mas perde para o potencial reciclável do papelão. Além disso, se descartado de maneira incorreta, o plástico causa mais danos ambientais (BARKER, 2018). No entanto, existem os chamados bioplásticos, que possuem as mesmas vantagens do plástico tradicional e ainda contribuem na redução de resíduos que são emitidos ao fabricar plástico comum, sendo o políácido láctico (PLA) um exemplo desse tipo de material (4 EUROPEAN BIOPLASTICS, 2016). Dada a produção de materiais plásticos no Brasil, a sua reutilização deve ser mais bem explorada pelas organizações (FORLIN, 2002). Não há solução

única para o gerenciamento de resíduos: a utilização de embalagens retornáveis é uma alternativa eficaz na busca pela sustentabilidade (INOUE *et al.*, 2017). A utilização de polímeros, associados à impressão 3D, se mostra eficiente na produção de materiais customizados retornáveis que atendam a critérios de logística reversa (DE ALMEIDA, 2016).

2.3 Logística reversa e ecodesign: conceitos aliados à sustentabilidade

A logística reversa é definida por Leite (2009) como a estratégia das empresas de direcionar esforços para agregar valores econômicos e ecológicos a produtos no pós-consumo, retornando esses produtos ao ciclo de produção. Além disso, pode ser entendida como uma alternativa eficaz para combater impactos ambientais e deve ser incentivada pelos consumidores ao escolherem fornecedores que utilizem essa estratégia (CORTEZ, 2011). O ciclo de vida do produto é uma responsabilidade que se estende do produtor até o consumidor final e carece de regulamentações incisivas que favoreçam o meio ambiente. A preservação ambiental tornou-se uma questão ética para toda cadeia produtiva (COMIN, 2016). Além disso, a logística reversa pode ser considerada um diferencial competitivo de mercado, reforçando laços entre os *stakeholders* (CRAMER, 2010). Consumidores buscam ganhos financeiros por destinarem corretamente os resíduos de produtos e não apenas ganhos ambientais (FLACH, 2018).

Em uma revisão a respeito do conceito de logística reversa, Buss (2013) indica que ela está associada a situações de redução de prejuízos, como defeitos ou danos, sendo pouco associado a embalagens e, em raros casos, à reutilização de embalagem. Além disso, complementa ressaltando que a logística reversa deve ser levada em consideração durante a confecção de embalagens, pois propicia oportunidades para organizações agregarem valor percebido pelos clientes, tanto econômico quanto ambiental. A logística reversa pode objetivar a preservação ambiental sendo considerada durante a prototipagem de produtos (WALLAUER *et al.*, 2016).

Logística reversa e ecodesign são conceitos a serem trabalhados em conjunto para sua devida compreensão e aplicação (GONTIJO; DIAS, 2014). O ecodesign é definido por Fiksel (1996) como um conjunto de práticas relacionadas ao projeto de produto que visam alcançar níveis ecológicos satisfatórios durante todo o ciclo de vida desses produtos, inclusive o pós consumo. O ecodesign é a oportunidade de aliar conceitos de preservação e ganhos financeiros durante a idealização de um produto (BORCHARDT, 2008). O ecodesign gera benefícios logísticos e ambientais; entretanto, requer um investimento inicial e só apresenta o retorno

financeiro a longo prazo (GONTIJO; DIAS, 2014). A retornabilidade e a reutilização estão ligadas a logística reversa e representam ganhos financeiros para as empresas (PEIXOTO, 2019).

Embalagem e logística reversa estão diretamente ligadas ao conceito de economia circular. Entretanto, o tema é relativamente novo e ganha espaço no meio científico. Estima-se que, no futuro, o entendimento sobre o assunto será exigido por parte de profissionais da área de desenvolvimento de embalagens (SASTRE *et al.*, 2022).

Os consumidores que já conhecem conceitos relacionados à sustentabilidade demonstram interesse em aderir a práticas de consumo que incentivem os produtores, estando dispostos, em alguns casos, a pagar um pouco mais caro por um produto se esse for ambientalmente correto (SPOLIDORO, 2019). A captação de atenção do consumidor, bem como sua interação e experiência sensorial com a embalagem, podem ser fatores decisivos para compra e adesão de alguma ideia (MESTRINER, 2007).

2.4 Estereolitografia ou impressão 3D

A impressão 3D é uma tecnologia que consiste em realizar sucessivos empilhamentos de material sobre uma base para construir um determinado objeto, tendo sido inicialmente patenteada por Charles Hull (HULL, 1986). Este processo pode sofrer falhas devido à contração dimensional e posição do apoio da base, alterando o resultado final (CHANG *et al.*, 2013; COELHO *et al.*, 2018). Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) e Poliacido Láctico (PLA) são substâncias comumente utilizadas nesse tipo de manufatura, sendo a segunda biodegradável (CICALA *et al.*, 2017). O processo pode ser feito por extrusão de material fundido e seu resfriamento camada a camada, para formar o objeto, ou mediante polimerização de resina líquida através de luz ultravioleta (UV), que solidifica o material. Além disso, a tecnologia permite personalização dos objetos produzidos (MIRANDA; DEL VECHIO, 2020).

2.5 Métodos de desenvolvimento de produto e embalagem

Para guiar o desenvolvimento de produtos e embalagens, existem diversos modelos de desenvolvimento de produto descritos na literatura. O modelo descrito por Rozenfeld é tido como referência nesta área; sua contribuição, no entanto, está voltada para os macroprocessos e aspecto geral de gerência (SALES; NAVEIRO, 2010). Um estudo de caso avaliou o método Seragini (CAMARGO; NEGRÃO, 2008) no processo de desenvolvimento de embalagem

demonstrando ser uma alternativa interessante, detalhada e extensa (BARROS; BORGHI, 2014). O modelo proposto por Brod (2004) é enfático nos aspectos ecológicos e propõe uma sistemática enxuta que contempla todo o desenvolvimento de um produto sustentável em cinco etapas. O desenvolvimento de uma embalagem alternativa para leite foi realizado seguindo este método (BROD, *et al.*, 2009). Por abordar os fatores ecológicos, apresentar uma sequência de etapas enxuta e ter sido utilizado em projetos semelhantes, se mostra como um modelo promissor para o desenvolvimento de embalagens sustentáveis.

3. METODOLOGIA

Após o levantamento de informações sobre o tema no referencial teórico, foi possível identificar uma lacuna que leva em consideração as alternativas sustentáveis no setor calçadista. Identificou-se uma tendência por modelos de produção sustentáveis que impactarão na maneira de produzir das indústrias; entretanto, percebe-se que o setor calçadista necessita de iniciativas em embalagens sustentáveis. Este segmento gera diversos resíduos poluidores, em que se destaca a utilização de embalagens descartáveis em papelão para transporte, gerando resíduo em excesso.

A sustentabilidade deve ser alcançada através da soma de diferentes esforços, como a minimização, a retornabilidade, reutilização e a reciclagem, esforços estes que contribuem para alcançar uma produção que amenize os impactos ambientais.

3.1 Classificação da pesquisa

A presente pesquisa pode ser classificada levando em conta os critérios de natureza, abordagem, objetivos e procedimentos. Considerando o aspecto natureza, é classificada como aplicada, pois busca soluções práticas para um nicho específico (GERHARDT; SILVEIRA, 2009), o setor calçadista. Considerando o aspecto abordagem, se configura como uma pesquisa qualitativa, visto que não há atribuições de valores que permitam comparações e, sim, a busca de um conceito ideal do que deve ser feito, levando em conta aspectos subjetivos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009), nesse caso, uma embalagem. Quanto aos objetivos, é classificada como exploratória, pois busca elucidar o conceito a fim de trazer novas informações para discussão e formular hipóteses (GIL, 2007), nesse caso, novas embalagens. Quanto aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa experimental, visto que existe a busca de relações de

causa e efeito em características específicas (FONSECA, 2002), nesse caso, formato, material, design, durabilidade, sustentabilidade e possibilidade logística.

3.2 Etapas do trabalho

Esta pesquisa foi realizada inspirando-se nas cinco etapas do desenvolvimento de produto industrial propostas por Brod (2004). Este método encontra aplicação em trabalhos que contemplem aspectos relacionados à sustentabilidade e embalagens. O método proposto divide-se em Doutrinação, Desenvolvimento, Desenhação, Produção e Promoção, conforme Figura 1.

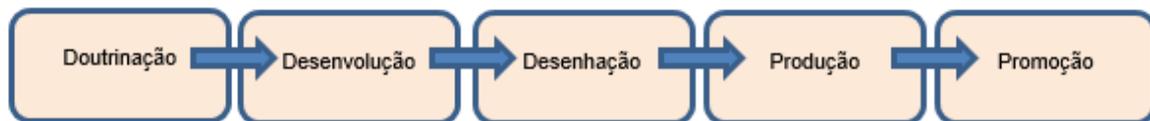


Figura 1. Etapas do desenvolvimento de produto propostas por Brod.

Fonte: adaptado de Brod (2004)

Na Doutrinação, ocorre a identificação do problema, sendo levados em conta os anseios dos consumidores e *stakeholders*, aliados à preservação do meio ambiente. A partir dessas considerações, um novo produto ou redesenho será idealizado para atingir os objetivos da pesquisa. Seu *output* é o problema de projeto.

Na Desenvolvimento, visa-se, através do processo criativo, alcançar os objetivos estratégicos do projeto, considerando os aspectos definidos na doutrinação. Seu *output* é o conceito de solução que responde ao problema de projeto.

Na Desenhação, o projeto é definido, incluindo seus materiais, como o produto será feito, suas dimensões e aspecto. Essa etapa está associada a medidas precisas e precede a materialização do projeto.

Na Produção, o projeto é materializado e são feitos os ajustes práticos e pequenas correções. Os requisitos definidos nas etapas anteriores são analisados na peça materializada, para sua aprovação ou eventual melhoria.

Finalmente, na etapa de Promoção, o produto já está fabricado, isto é, ocorre a sua efetiva implementação e produção em grande escala, mediante a articulação com os *stakeholders* do setor. Nessa etapa, ocorrem melhorias contínuas que podem vir de demandas não previstas.

Cabe ressaltar que este trabalho é inspirado nos estudos de um grupo focal de uma disciplina de desenvolvimento de produto, que consistiu das etapas de doutrinação e desenvolvimento que forneceram embasamentos para esse projeto. As etapas de desenhação e

produção foram executadas no âmbito do presente trabalho e serão detalhadas a seguir. A etapa de promoção é discutida como uma etapa futura do processo de desenvolvimento de produto.

A primeira etapa do presente trabalho foi analisar, organizar e formalizar as ideias já estudadas, considerando o método de Brod. A partir dos dados compilados, foram desenvolvidos três projetos de embalagens.

Na Desenhação, cada projeto foi elaborado em 3D no software Fusion e foram geradas suas vistas em verdadeira grandeza para comparação. Os tipos de encaixe foram feitos em desenho manual e também no mesmo software. Foram elaborados *mockups* em uma cortadora a laser utilizando papel duplex, de espessura de 0,5mm, e analisadas suas aderências aos requisitos elencados nas etapas anteriores. Os protótipos foram comparados entre si e, após validação, seguiu-se a Produção. A cortadora a laser é apresentada no Apêndice A.

A etapa de Produção foi caracterizada pela utilização de tecnologias de impressora tridimensional, ajustes com ferramentas manuais como lixas e espátulas com lâmina, e entrega do produto final. Esta etapa ocorreu em laboratório utilizando a tecnologia de impressão 3D, que permite personalização de objetos e utilização de material sustentável. Foram impressas caixas sólidas (caixa e tampa), uma usando a impressora 3D Ultimaker, que emprega o material (PLA), e outra utilizando a impressora Halot, que emprega o material polímero foto sensível (ABS). Os testes foram realizados no Laboratório LIFEELAB da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e em uma empresa externa. Os ajustes manuais foram feitos nas partes de encaixe, pois as máquinas falham ao confeccionar alguns detalhes. A impressora Ultimaker e a impressora Halot são apresentadas nos Apêndices B e C, respectivamente.

Diante da complexidade e da necessidade de articulação dos *stakeholders* do setor calçadista para produção em maior escala, a última etapa do método é discutida dentro de um panorama para futuros estudos e oportunidades. Os resultados e discussões estão registrados nos tópicos seguintes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são detalhadas as ações realizadas nas etapas adaptadas para o desenvolvimento do projeto da embalagem retornável. Para fazer as análises define-se que uma caixa comum de calçados possui as seguintes dimensões: 330 mm x 210 mm x 130 mm. O sapato, por sua vez, possui o volume de um bloco de 300mm x 180 mm x 100 mm. Em duas tentativas de chegar a um design final, foram encontrados fatores críticos que obrigaram a repensar alguns dos requisitos do projeto e redefinir os designs.

4.1 Doutrinação e desenvolvimento

As etapas citadas vieram de estudos do chamado grupo focal. O grupo focal foi um conjunto de alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que, durante uma disciplina de desenvolvimento produto, tiveram como tarefa averiguar o setor calçadista e encontrar uma oportunidade de aplicar os conhecimentos de desenvolvimento de produto, encontrar um problema de projeto e propor uma solução, bem como estudar a viabilidade dessa solução a partir de conhecimentos teóricos. Ao longo de um semestre, o grupo utilizou-se de ferramentas de gestão de inovação, entrevistas com os *stakeholders* do setor e análises de similares para levantar dados que embasassem o problema de projeto que encontrariam, bem como a solução conceitual proposta. No entanto, cabe destacar que o grupo não realizou estudos do tipo prático, como materialização da solução, nem definição de suas medidas. Analisando os estudos do grupo, concluiu-se ser uma solução promissora, porém carente de testes práticos.

O grupo focal partiu do seguinte problema: “Como otimizar a utilização das caixas de sapato por meio de uma solução sistêmica circular que diminua o uso e o desperdício de papelão e, ainda, cumpra as funções logísticas de proteção, organização e marketing que a embalagem se propõe?”. O problema foi elaborado a partir dos estudos do próprio grupo.

O grupo utilizou-se de técnicas criativas e ferramentas que culminaram no conceito de solução inovadora que, em teoria, responderia o problema de projeto. Os conceitos finais escolhidos foram solução baseada em colmeia plástica para a embalagem de segundo nível e ecobag para a de primeiro. Dessa forma, o calçado é armazenado diretamente na embalagem de colmeia plástica retornável até o ponto de venda; quando adquire o produto, o consumidor o armazena diretamente em sua ecobag, não levando qualquer embalagem descartável consigo. A solução apresentada também foi fruto dos estudos do grupo, no entanto, teve como limitação ser uma solução conceitual e sustentada por ideias. Não houve prototipagem, nem testes envolvendo a adesão das embalagens aos requisitos que deveriam em teoria cumprir, tão pouca articulação com os *stakeholders* do setor.

Conforme Jorge (2013), a embalagem primária mais comum neste setor é o papel envolto no calçado que está dentro da caixa de papelão, pois tem contato direto com o produto e está associado à conservação. A caixa de papelão, por sua vez, seria uma embalagem de segundo nível, por ser a segunda embalagem presente e associada a informações do produto. Entretanto, a caixa de papelão pode ser associada à logística, dependendo de sua paletização (THE CONSUMER GOODS FORUM, 2011). Dessa forma, o conceito de colmeia plástica é

uma embalagem que se comporta como nível misto, pois ela teria funções de segundo nível e, caso apresente eficiência logística, funções de terceiro nível. A colmeia plástica tem o viés de substituir as caixas de papelão utilizadas, bem como a embalagem utilizada na paletização das caixas de papelão.

Sendo assim, o presente trabalho se concentrou em desenvolver, prototipar e apresentar a embalagem de segundo nível, com potencial de desempenhar funções logísticas (funções de terceiro nível). Os requisitos principais definidos foram ser de segundo nível, ser retornável ou reutilizável, ter um design inovador e poder ser feita de material biodegradável. A tecnologia escolhida para atender a esses critérios foi a estereolitografia, pois permite grande customização de projetos e utilização de recursos sustentáveis.

4.2 Desenhação

Nessa fase intermediária, as vistas do objeto foram desenhadas descrevendo detalhes e dimensões. Foi possível evidenciar com precisão aspectos como volume e design e associá-los às viabilidades logísticas. A desenhação pode ser dividida em três momentos ou três formatos avaliados: Formato Colmeia, Formato Triangular e Formato Paralelepípedo, cada um com suas conclusões e ressalvas.

4.2.1 Formato Colmeia

O conceito colmeia plástica consiste em um contentor no formato de prisma hexagonal regular com encaixes, de forma a acoplar em outros iguais, que, quando agrupados, possuem semelhança com uma colmeia. Cada favo corresponderia a um par de calçados. Observou-se que vários vínculos de encaixe e designs criativos são possíveis; portanto, é um formato muito atraente visualmente. Todavia, um fator decisivo na mudança do design foi observado: o formato de prisma hexagonal não possui um volume interno otimizado quando comparado ao formato retangular. Através de uma projeção em software gráfico e um *mockup*, ficou evidente que para obter o mesmo volume da caixa tradicional, a base hexagonal do prisma deveria ser aumentada, o que compromete a logística, pois seriam transportados menos sapatos em volume mais disperso, ou os calçados teriam que ser armazenados comprimidos um sobre o outro, prejudicando sua integridade; ver Figuras 2 e 3. Além disso, verificam-se espaços ociosos quando as peças são acomodadas em veículos, geralmente de bagageiro quadrangular (vide Apêndice D). Uma prototipagem de baixa fidelidade é apresentada no Apêndice E.

Outro ponto a ser ressaltado é a necessidade de espaço para ser ocupado pela espessura das faces da peça. As vistas da base em verdadeira grandeza podem ser vistas no Apêndice F. Contudo, resalta-se que o formato colmeia pode ser interessante para calçados que possam ser prensados sem sofrer danos, como chinelos de borracha, conforme Apêndice G.

A embalagem em questão satisfaz os requisitos de ser retornável ou reutilizável, ter um design inovador e poder ser feita de material biodegradável. No entanto, não foi capaz de fornecer a proteção esperada ao produto, não satisfazendo completamente sua função esperada como embalagem secundária.

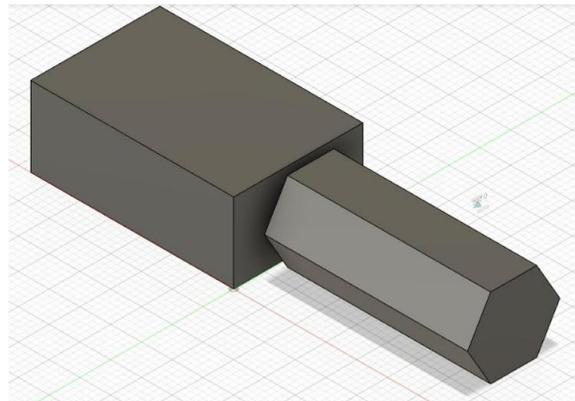


Figura 2: Projeção hexagonal em *software*

Fonte: autor

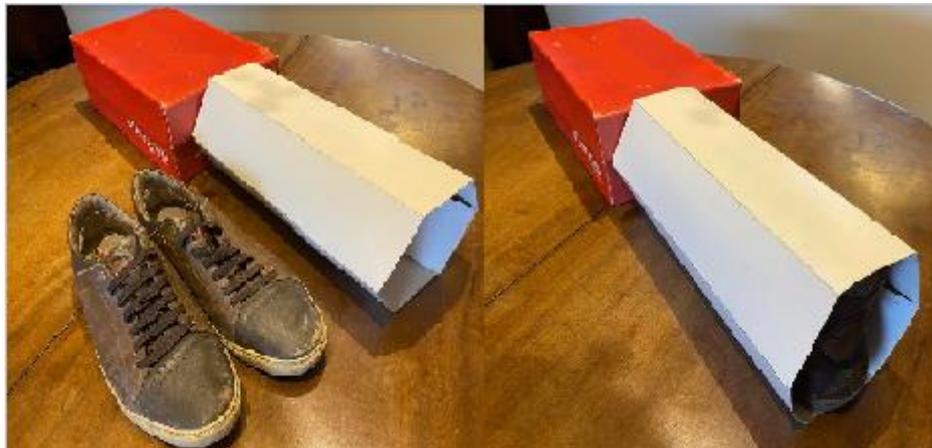


Figura 3: Projeção hexagonal em *mockup*

Fonte: autor

4.2.2 Formato Triangular

Buscando um melhor aproveitamento do uso de espaço de transporte, deu-se início aos desenhos de uma embalagem em forma de prisma triangular. As embalagens, mesmo triangulares, seriam agrupadas em grupos de quatro, formando um paralelepípedo reto e

resolvendo o problema dos espaços vazios do formato colmeia (conforme demonstrado no apêndice D), e ainda manteriam o design triangular inovador.

Entretanto, observou-se que o formato triangular possuiria pouco espaço interno para receber o calçado, que só poderia caber no recipiente se fosse amassado ou prensado. Conforme a projeção em software gráfico e um *mockup*, para obter o mesmo volume da caixa tradicional, a base triangular do prisma deveria ser aumentada, indicando ineficiência no aproveitamento de espaço, similar ao formato colmeia, conforme Figuras 4 e 5. A solução seria ampliar as medidas da base triangular do prisma, gerando um objeto com maior volume para caber o calçado e, conseqüentemente, um paralelepípedo maior quando agrupados os quatro prismas, conforme Figura 6. Essa configuração possuiria um volume maior do que quatro caixas de sapato comuns, já utilizadas na indústria, isto é, seria obtido um design diferenciado em estética, mas que precisaria de mais espaço para acondicionar a mesma quantidade de pares das caixas atuais. A vista da base triangular em verdadeira grandeza pode ser vista no Apêndice H.

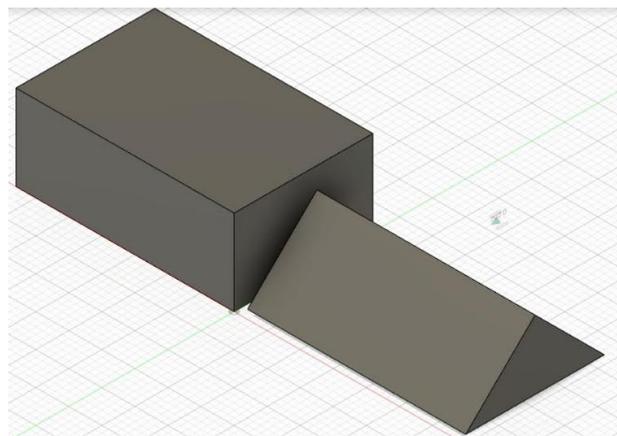


Figura 4: Projeção triangular em *software*

Fonte: autor

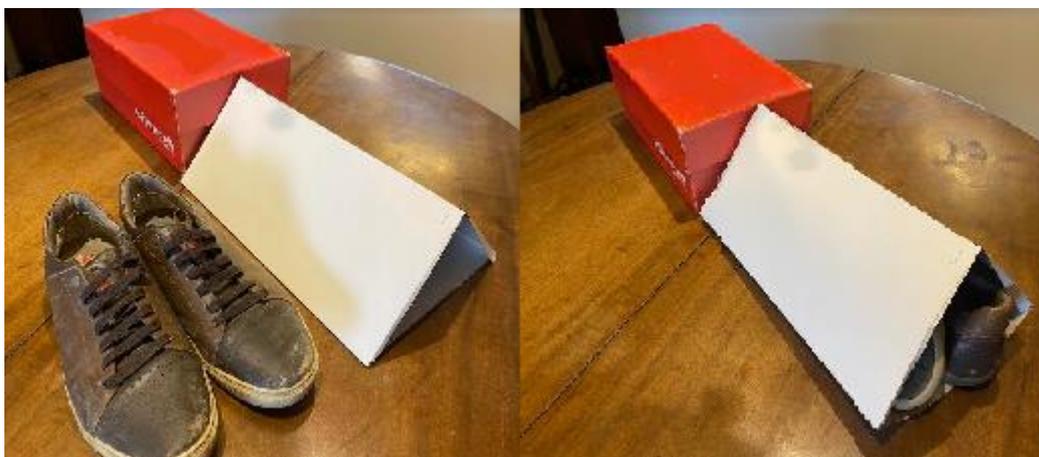


Figura 5: Projeção triangular em *mockup*

Fonte: autor



Figura 6: Formato triangular e volume de calçado

Fonte: autor

A embalagem triangular também satisfaz os requisitos de ser retornável ou reutilizável, ter um design inovador e poder ser feita de material biodegradável. No entanto, para fornecer a proteção esperada ao produto, teria que possuir um tamanho ou formato que demandaria um espaço excessivo para seu transporte, representando uma desvantagem logística.

4.2.3 Formato Paralelepípedo

O formato de paralelepípedo ou prisma retangular reto se assemelha a uma embalagem padrão da indústria calçadista; portanto, para responder ao requisito “ter um design inovador”, foi necessário explorar designs criativos. Acoplamentos de diversas características são possíveis no formato aderido, permitindo que o projetista exerça sua criatividade e ornamente o projeto. Optou-se por projetar um modelo com encaixes para que seja possível o empilhamento de caixas semelhantes, mantendo a estabilidade do conjunto obtido com o agrupamento de caixas, possibilitando transporte e abrindo mão da embalagem terciária.

Foram projetados dois modelos de caixa de sapato: uma dividida em caixa e tampa, versão sólida, vista na Figura 7, e outra em versão desmontável, vista na Figura 8 já desmontada. Para a versão desmontável, é indicada a produção em polímeros biodegradáveis, uma vez que necessita mais material para sua confecção. O empilhamento pode ser visto na Figura 9. As vistas para caixa sólida, caixa desmontável com pinos auxiliares e para tampa, que é a mesma para as duas versões, são apresentadas nos Apêndices I, J e K, respectivamente.



Figura 7: Versão sólida

Fonte: autor

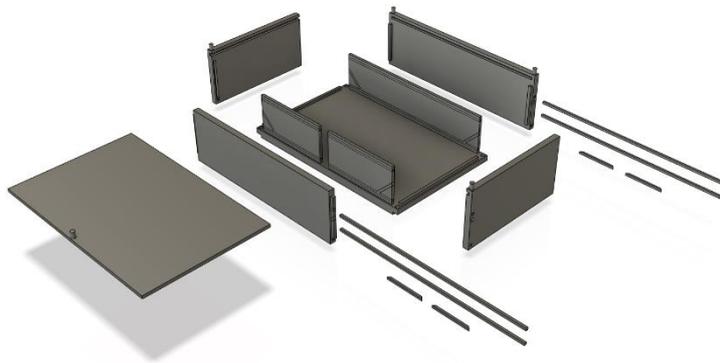


Figura 8: Versão desmontável

Fonte: autor

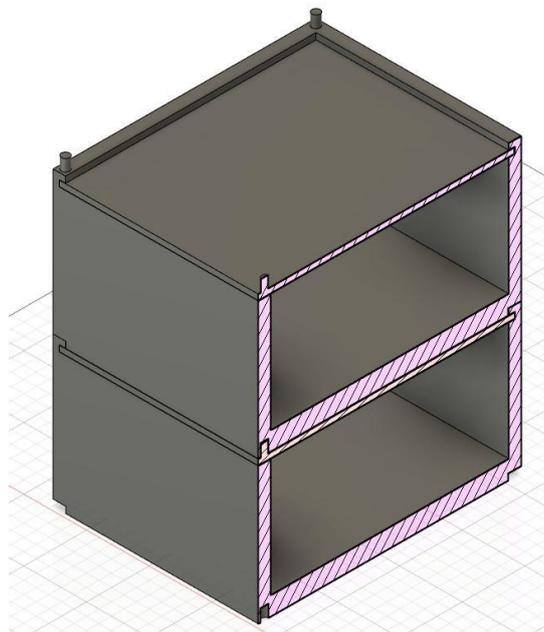


Figura 9: Empilhamento teórico

Fonte: autor

A embalagem em formato paralelepípedo satisfaz os requisitos de ser de segundo nível, ser retornável ou reutilizável, ter um design inovador e poder ser feita de material

biodegradável. O design inovador foi obtido por meio de encaixes que permitem abrir mão da embalagem terciária. Optou-se por prosseguir para a etapa de Produção com a embalagem em formato paralelepípedo.

4.3 Produção

Na etapa de produção, os desenhos que foram cotados anteriormente foram testados de forma prática, através do uso da técnica estereolitografia. Para economia de tempo e material, reduziu-se as medidas das peças para a produção de miniaturas idênticas às peças finais. A miniatura possui 25% das medidas da original.

A confecção da versão sólida foi feita em duas etapas. A primeira consiste na impressão da parte que guarda o calçado e, a segunda, na impressão da tampa. Duas cópias de cada (duas caixas e duas tampas) foram feitas para testar a qualidade de empilhamento. As partes passaram então por lixamento, com espátulas e lixas (conforme Apêndice L), para melhorar a adesão do encaixe entre as caixas. A caixa na versão sólida, montada, é apresentada na Figura 10. O empilhamento de duas caixas na versão sólida é apresentado na Figura 11.

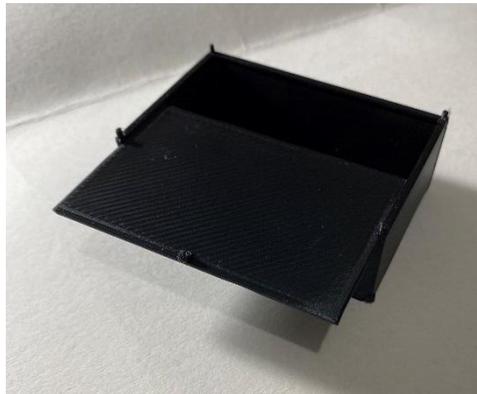


Figura 10: Caixa sólida montada

Fonte: autor



Figura 11: Empilhamento prático

Fonte: autor

Para a confecção da versão desmontável, a impressão em PLA resultou em falhas que inviabilizaram a eficiência dos encaixes, comprometendo a funcionalidade pretendida da caixa. Dessa forma, o projeto previamente validado em forma gráfica não se mostrou viável na etapa de produção, a partir das tecnologias disponíveis, dentro da espessura e resistência desejadas para o produto em questão. A simulação do calçado dentro da caixa, com as medidas reduzidas para 25%, é apresentada na Figura 12.



Figura 12: Simulação calçado na caixa

Fonte: autor

4.4 Promoção

Nesta etapa, a embalagem sólida com tampa foi validada, uma vez que se mostrou resistente, com encaixes adequados e permite abrir mão de embalagens terciárias. Essa possibilidade ocorre, pois, os encaixes da embalagem permitem que ela cumpra, além das funções de proteção, a função de agrupamento e transporte. Dessa forma, funções que seriam desempenhadas por dois tipos de embalagem, podem ser feitas por apenas uma, reduzindo o número de embalagens envolvidas na cadeia produtiva. No entanto, para a promoção da produção industrial dessa embalagem, devem ser levados em conta aspectos como: setup da máquina que produzirá as caixas em larga escala; mecanismo de fechamento industrial das caixas em uma linha de produção; resistência da caixa a impactos no transporte; estimativa de número de usos que a caixa retornável tolera antes de ser danificada e local onde será inserido o rótulo e mecanismos de substituição do rótulo para a nova utilização em outros calçados, além de qual tecnologia será escolhida para a essa produção, já que a tecnologia de impressão 3D se mostra viável, apenas, para protótipos e não para produção em larga escala.

Além disso, a receptividade dos consumidores quanto a este modelo de negócio deve ser avaliada, verificando sua reação à ausência de embalagem primária e ao uso de ecobag; e o impacto na forma de armazenamento nos pontos de venda e nos domicílios.

Modelos de logística reversa enfrentam desafios culturais e geográficos (DEMAJAROVI *et al.*, 2016). A implantação de modelos representa ganhos financeiros e ambientais (LOURENÇO *et al.*, 2016). Silva (2018) mostra que modelos que beneficiam os consumidores com descontos possuem maior aderência. Modelos, como o proposto aqui, podem ser interessantes ao setor calçadista, já que um dos principais desafios é a adesão, seguido da produção em grande escala.

5. CONCLUSÃO

O objetivo de propor uma solução de embalagens para o setor calçadista considerando os conceitos de logística reversa e ecodesign foi atingido com sucesso, bem como os objetivos específicos de desenvolver uma embalagem para calçado, de segundo nível, com potencial logístico, retornável ou reutilizável e inovadora. Obteve-se um modelo em formato de paralelepípedo, com encaixes para que seja possível o empilhamento de caixas semelhantes, mantendo a estabilidade do conjunto obtido com o agrupamento de caixas, possibilitando transporte e abrindo mão da embalagem terciária. A estética inovadora foi atingida, possuindo abertura da tampa não tradicional, aliada à possibilidade de empilhamento com encaixe. Espera-se que o protótipo apresentado possa despertar interesse de consumidores, alavancar vendas e incentivar a adesão de ações que minimizem o impacto ambiental. Propõe-se a realização de novas pesquisas futuras para entender o quanto as organizações e os consumidores estão dispostos a aderir a ideias sustentáveis e como alavancar esse interesse para impulsionar projetos de popularização de embalagens sustentáveis. A estimativa de custos para a produção de embalagens apresentou-se como uma limitação no desenvolvimento do presente estudo. Diante dessa limitação, observa-se uma oportunidade de futuro estudos que contemplem a análise da viabilidade financeira da produção das embalagens em grande escala, bem como, análise de tecnologias que viabilizem essa produção.

Conclui-se que esse trabalho contribui na construção da sustentabilidade como um valor que deve estar presente nas inovações e incentive estudos de minimização dos custos de produção para gerar adesão do mercado. O presente estudo se consolida como um exemplo e uma sugestão de como conduzir o desenvolvimento de prototipagens inovadoras que buscam alcançar minimização dos impactos ambientais.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma colaboraram para a execução desse trabalho, seja com algum ensinamento ou palavra motivadora. Agradeço também aos colaboradores do laboratório LIFEELAB pelo seu atendimento cordial e instruções. Espero que todo estudante que leia esse trabalho lembre-se de não desistir das conquistas, em virtude de problemas de saúde física ou mental, ou outra adversidade, e sempre acredite na superação das dificuldades e no sucesso de seu esforço.

REFERÊNCIAS

- 4 EUROPEAN BIOPLASTICS. **Bioplastics Facts and Figures**, 2016. Disponível em: [https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP Facts and figures.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_Facts_and_figures.pdf). Acesso em: 25 dez. 2023.
- ABICALÇADOS. Relatório Setorial: Indústria de Calçados – Brasil. **Abicalçados**, 2021. Disponível em: <https://abicalcados.com.br/publicacoes/relatorio-setorial>. Acesso em: 20 set. 2022.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2021**. São Paulo: ABREL-PE, 2016.
- ACCENTURE STRATEGY. Circular Advantage. Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth, 2014.
- BARKER, T.; TRUFFULA LTD. Comparison of Carton and Plastic Packaging Sustainability. **Pro Carton: Packaging for a better world**, maio 2018.
- BARROS, A. De M.; BORGHI, N. C. **Processo de concepção e desenvolvimento de embalagens**: O caso das linhas de produtos de uma empresa de acessórios para banheiros. IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 03 a 05 de Dezembro de 2014.
- BOCKEN, N. M. P.; DE PAUW, I.; BAKKER, C.; VAN DER GRINTEN, B. Product design and business model strategies for a circular economy. **Journal of Industrial and Production Engineering**, v. 33, n. 5, p. 308-320, abr. 2016. ISSN 2168-1023. DOI: 10.1080/21681015.2016.1172124.
- BORCHARDT, M.; POLTOSI, L. A. C.; SELBITTO, M. A.; PEREIRA, G. M. Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. XI, n. 2, p. 341-353, jul./dez. 2008. ISSN 1809-4422. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2008000200009>.
- BROD JR., M. et al. Package Design: graphic and glyphic modeling for environmental awareness. **International Association of Societies of Design Research**. IASDR, Seoul, 2009.
- BROD JÚNIOR, M. **Desenho-de-embalagem**: o projeto mediado por parâmetros ecológicos. 2004. 227 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- BUSS, A. S. **Proposta de embalagem para logística reversa em projeto de design para o território**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CICALA, G.; LATTERI, A.; DEL CURTO, B. et al. “Engineering thermoplastic for additive manufacturing: a critical perspective with experimental evidence to support functional applications”. **Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials**, v. 15, n. 1, e10-e18, jan. 2017.

COELHO, A. W. F.; ARAUJO, A. C.; THIRÉ, R. M, da S. M. Manufatura aditiva por estereolitografia: análise da geometria da peça e da influência da posição e orientação de fabricação. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 23, 2018.

COMIN, K. Resíduos sólidos: Por uma gestão pós-consumo adequada das embalagens. **Webresol**, 16 abr. 2017. Disponível em: <https://limpezapublica.com.br/residuos-solidos-por-uma-gestao-pos-consumo-adequada-das-embalagens-2/>. Acesso em: 25 set. 2022.

CONTI, D. de M. Circular economy: A brief literature review (2015–2020). **Sustainable Operations and Computers**, v. 2, p. 79-86, maio 2021. ISSN 2666-4127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.05.001>.

CONTI T. M. **Reaproveitamento de resíduos de tecido de poliéster da indústria do calçado em palmilhas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

CORRÊA, J. O. da S.; DIAS, I. da C.; RAHHAL, N. D. F.; ALMEIDA, A. M. Estudo sobre benefícios e desvantagens do uso do plástico e do papel em embalagens para sustentabilidade. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 5, n. 2, p. 77–87, abr. 2019. ISSN 2447-5580. DOI: 10.0001/V05N02_8.

CORTEZ, A. T. C. Embalagens: o que fazer com elas? **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-15, jul./dez. 2011.

CRAMER, M. P. **Estudo de reaproveitamento de resíduos na Indústria do Plástico, com apoio da Logística Reversa**. 2010. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CRUZ, L. B. **Processo de formação de estratégias de desenvolvimento sustentável de grupos multinacionais**. 2007. 450 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas). Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

DE ALMEIDA, A. M. G. **Estudo da possibilidade de utilização do polímero acrilonitrilo-butadieno-estireno processado via impressão 3D para produção de embalagens retornáveis de fluxos logísticos para a indústria automotiva**. 2016. 55 f. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

DE OLIVEIRA, M. C. B. R. **Gestão de resíduos plásticos pós-consumo**: perspectivas para a reciclagem no Brasil. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2012.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. De. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 117-136, 2016.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2021. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 25 set. 2022.

FARIAS, F. F. et al. Impactos causados pela pandemia nos preços das embalagens para pequenos empreendedores. **Revista Fatec Sebrae em debate-gestão, tecnologias e negócios**, v. 9, n. 16, p. 155-155, 2022.

FIKSEL, J. Design for environment New York: Mc Graw Hill, 1996.

FLACH, S. L. **Criação de um programa de logística reversa de pós-consumo para uma varejista de cosméticos de pequeno porte**. 2018. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. de A. F. Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2002.

FRANCISCO, G. A.; DIAS, S. L.F. G.; NASCIMENTO, P. T. de S.; DE MELLO, A. M. Geração de resíduos ao longo da cadeia calçadista: uma discussão a partir do mapeamento da literatura. **XVI ENGEMA – Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, 2014.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GHISELLINI P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner production**, v. 114, p. 11-32, fev. 2016. ISSN 0959-6526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GONTIJO, F. K.; DIAS, A. M. P. Integrando logística reversa e ecodesign: proposta de um novo Framework. **GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, a. 9, n. 2, p. 1-15, abr./jun. 2014.

HOFFMANN, A. T.; JACQUES, J. J. de. Iniciativas de coleta seletiva e logística reversa em Porto Alegre como base para economia circular. **MIX Sustentável**, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 19-30, set. 2021. ISSN 2447-3073. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073>.

HULL, C. W. “Apparatus for Production of Three-Dimensional Objects by Stereolithography”. **United States Patent 4575330**, 11 Mar. 1986.

INOUE, P. K.; AKABANE, G. K.; DE OLIVEIRA, C. T. P.; BUSSOLA, F. J.; PANZA, G. B. A embalagem retornável como fator de sustentabilidade na cadeia automobilística: um estudo de caso. **IXI Engema**, dez. 2017. ISSN: 2359-1048.

JARA, M. C. **Concorrência dos produtos chineses e impactos na indústria calçadista do Rio Grande do Sul**. 2013. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

JI, L.; CHANG, W.; CUI, M., *et al*, “Photopolymerization kinetics and volume shrinkage of 1,6hexanediol diacrylate at different temperature”. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 252, p. 216-221, 2013.

JOHNSON, B. **Zero waste home: The ultimate guide to simplifying your life by reducing your waste**. New York: Scribner, 2013.

JORGE, N. **Embalagens para alimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica. Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; DE MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82-92, 2016. ISSN 1678-5169. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.1897>.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LOURENÇO, A. A. et al. Os desafios e oportunidades da utilização da logística reversa de embalagens de vidro: um estudo de caso de uma indústria de refrigerantes do interior de Minas Gerais. Monografia (Graduação). **Repositório de TCC Unincor**, 2016.

MASIERO, M. J. B. **Determinação de indicadores de geração de resíduos sólidos na produção de calçados femininos** (sapatos, tênis, sandálias, sapatilhas e botas). 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental), UNAERP, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2018.

MESTRINER, F. **Gestão Estratégica de Embalagem**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MORANDINI, M.; DEL VECHIO, G. H. Impressão 3D, tipos e possibilidades: uma revisão de suas características, processos, usos e tendências. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 67–77, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i2.866. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/866>. Acesso em: 26 jan. 2024

MOESCH, R. A. **Economia circular: um framework conceitual**. 2019. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

MOURA, R.A.; BANZATO, J. M. **Embalagem, unitização e containerização**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: IMAM, 1997.

MUHL, D. D.; DE OLIVEIRA, L. Tecnologias para a economia circular na agropecuária. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 77, 2022. ISSN 2446-8231. DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-82312022v77e2022008>.

NEGRÃO, C.; DE CAMARGO, E. P. **Design de embalagem-do marketing à produção**. São Paulo: Novatec Editora, 2008.

PEIXOTO, B. L. C. et al. A logística reversa no Brasil: responsabilidade ambiental e a perspectiva econômica. **Anais do XI SIMPROD**, 2019.

RAHIMIFARD, S.; STAIKOS, T.; COATES, G. Recycling of Footwear Products. **A Position Paper Prepared by Centre for Sustainable Manufacturing and Reuse/recycling Technologies (SMART) Loughborough University**, Reino Unido, dez. 2007.

RENSBURG, M. L. V.; NKOMO, S. L.; MKHIZE, N. M. Life cycle and End-of-Life management options in the footwear industry: A review. **Waste Manag Res**, v. 38, n. 6, p. 599-613, 2020. DOI: 10.1177/0734242X20908938.

ROEHRING, A.; RUFFONI, J.; GARCIA, R. Como vai o supercluster calçadista do Rio Grande do Sul? Uma análise da sua transformação estrutural recente (1995-2017). **Instituto de Economia da Unicamp**, Campinas, n. 385, jul. 2020. ISSN 0103-9466.

ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C. **Gestão de projetos em desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALES, A. M. G.; NAVEIRO, R. M. Modelo de processo de desenvolvimento de produtos e ciclo de vida de projetos do guia pmbok-uma análise comparativa. **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP**. São Carlos/SP, 2010.

SANTOS NETO, L. A. **Metodologias de desenvolvimento de embalagem: proposta de aprimoramento para ensino de projeto gráfico**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

SASTRE, R.; DE PAULA, I.; ECHEVESTE, M. (2022). A Systematic Literature Review on Packaging Sustainability: Contents, Opportunities, and Guidelines. *Sustainability*. 14. 6727. 10.3390/su14116727.

SCHÄFER, M.; LÖWER, M. Ecodesign—A review of reviews. *Sustainability*, v. 13, n. 1, p. 315, 2020.

SILVA, T. S. et al. **Modelo de logística reversa aplicado para embalagens em empresa do setor domissanitário**. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental). Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SPOLIDORO, L. S. **A problemática ambiental das embalagens de alimentos e bebidas: visão do consumidor brasileiro e iniciativas emergentes**. 2019. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

THE CONSUMER GOODS FORUM. **Global language for packaging and sustainability: a framework and a measurement system for our industry**. 2011.

VIER, M. B.; SCHREIBER, D.; JAHNO, V., D.; FROEHLICH, Cristiane. Ecodesign e logística reversa na indústria calçadista. *Desenvolvimento em Questão*, v. 19, n. 55, p. 246–266, 2021. DOI: 10.21527/2237-6453.2021.55.11239.

WALLAUER, L. A.; MARTINS, D. P.; SCHREIBER, D. Logística Reversa: Uma percepção ambiental com consumidores de calçados. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa, out. 2016.

ZAVODNA, L. S.; TREJTNAROVA, L.; POSPISIL, J. Z. A sustainable material for footwear industry: designing biodegradable shoes. *Applied Researches in Technics, Technologies and Education – ARTTE. Journal of the Faculty of Technics and Technologies – Trakia University*, v. 8, n. 1, p. 1-9, fev. 2020. ISSN 1314-8796. DOI: 10.15547/artte.2020.01.001.

ZAVODNA, L. S.; TREJTNAROVA, L. Sustainable packaging in footwear industry: Case study of PUMA. *Economics, Management and Sustainability*, v. 6, n. 1, p. 27-33, abr. 2021. ISSN 2520-6303. DOI: <https://doi.org/10.14254/jems.2021.6-1.2>.

APÊNDICE A – CORTADORA A LASER



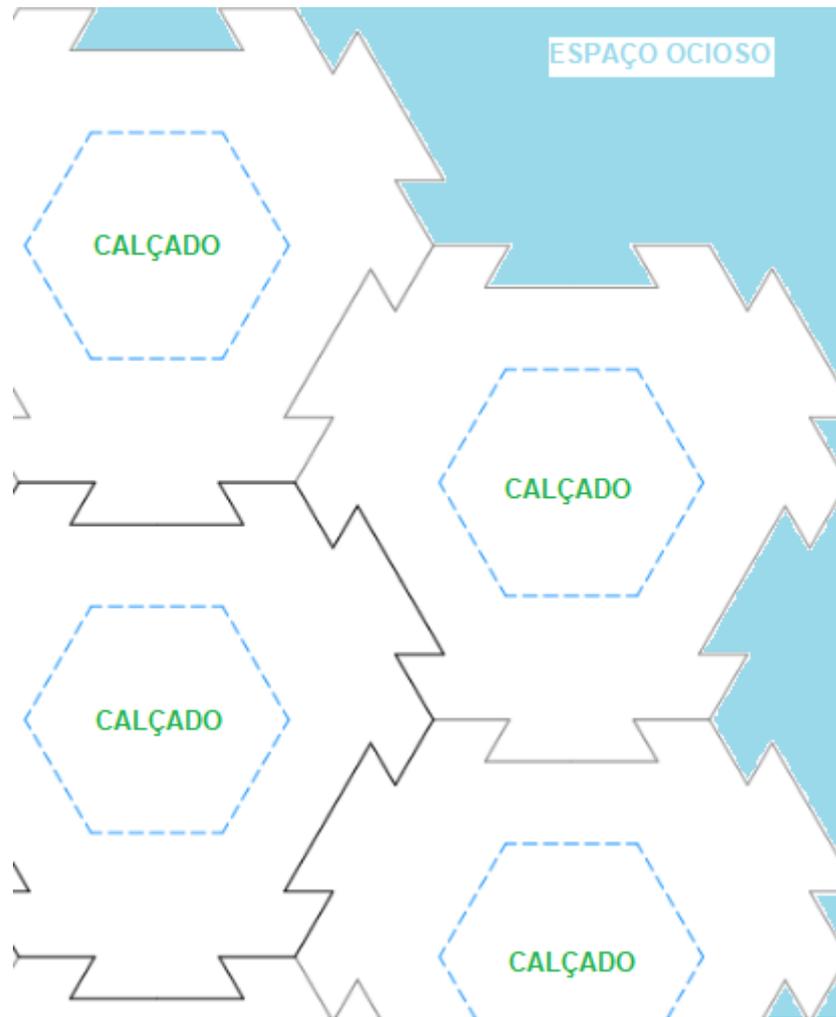
APÊNDICE B - ULTIMAKER IMPRESSORA DE FILAMENTO PLA



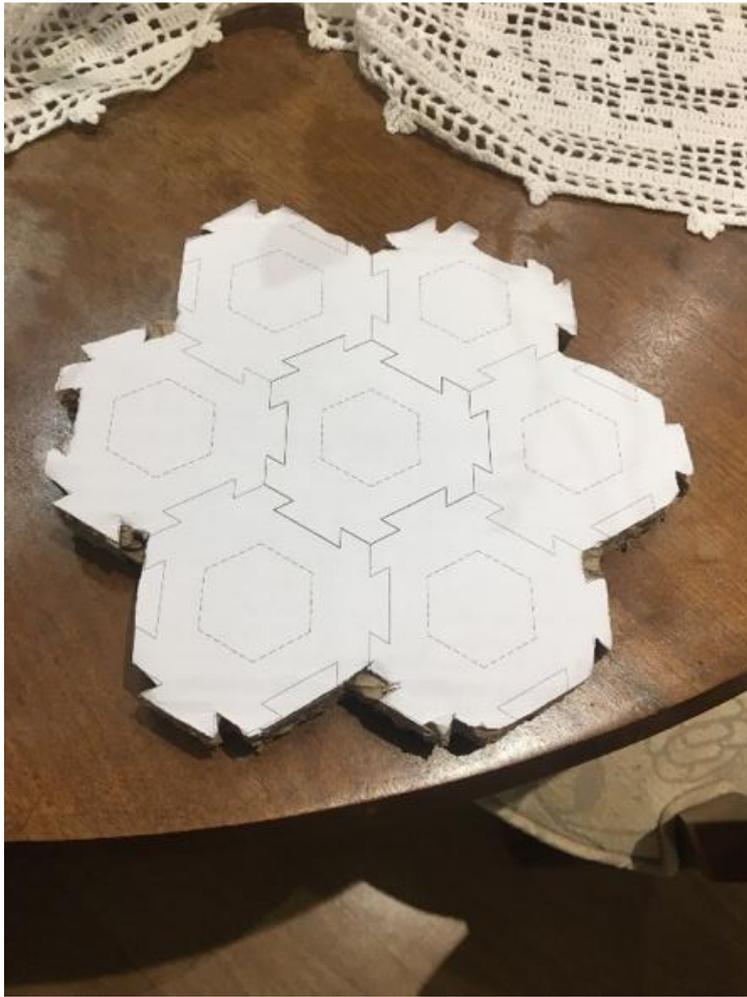
APÊNDICE C - IMPRESSORA DE RESINA FOTO SENSÍVEL



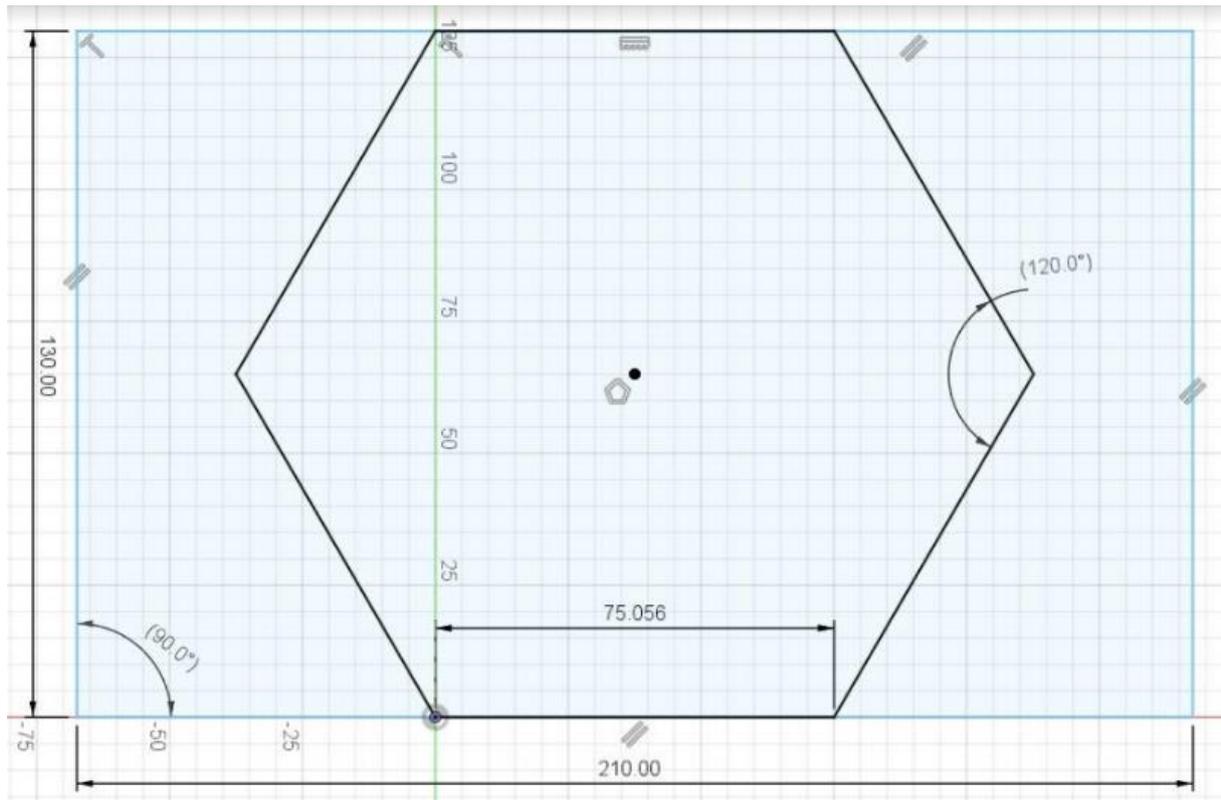
APÊNDICE D - ESPAÇO OCIOSO EM FORMATO HEXAGONAL



APÊNDICE E - PROTÓTIPO DE BAIXA FIDELIDADE



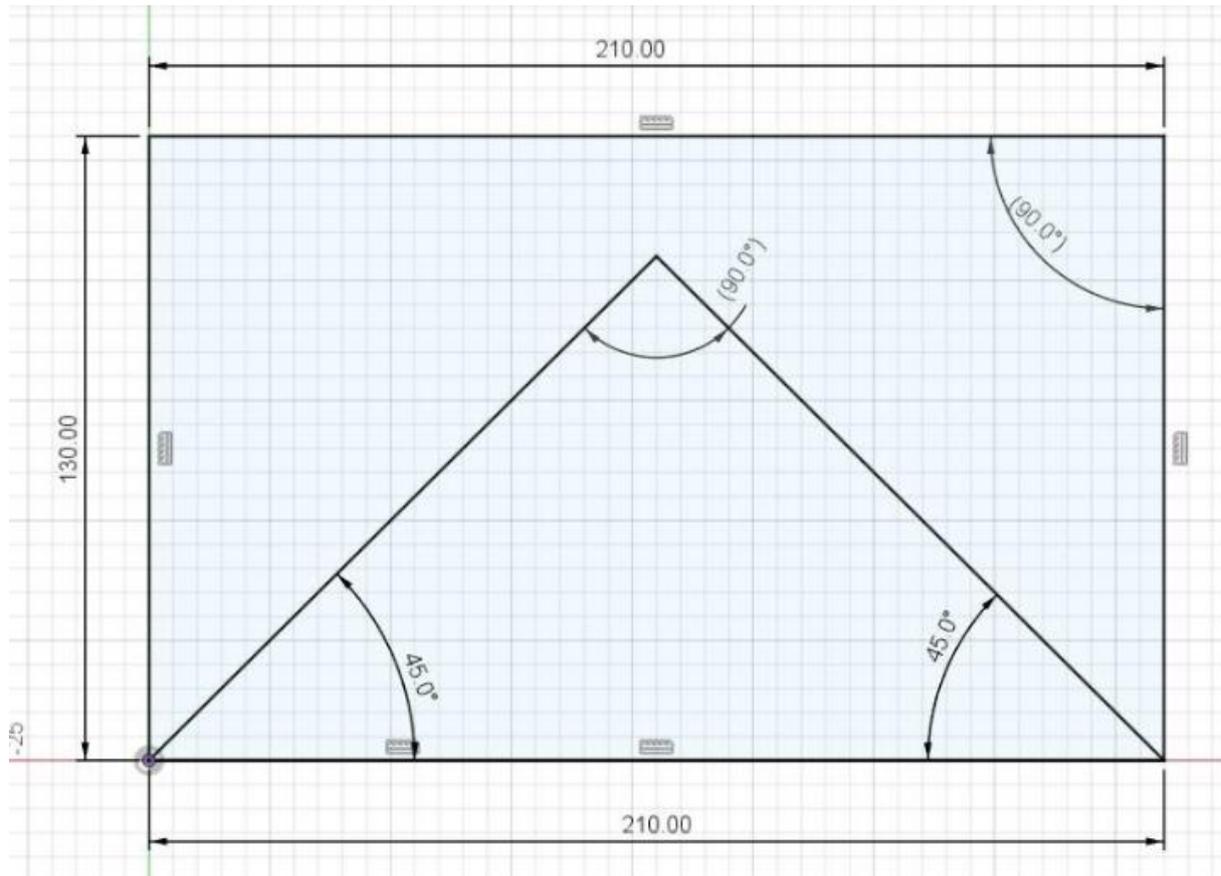
APÊNDICE F – VISTA DA BASE HEXAGONAL EM VG



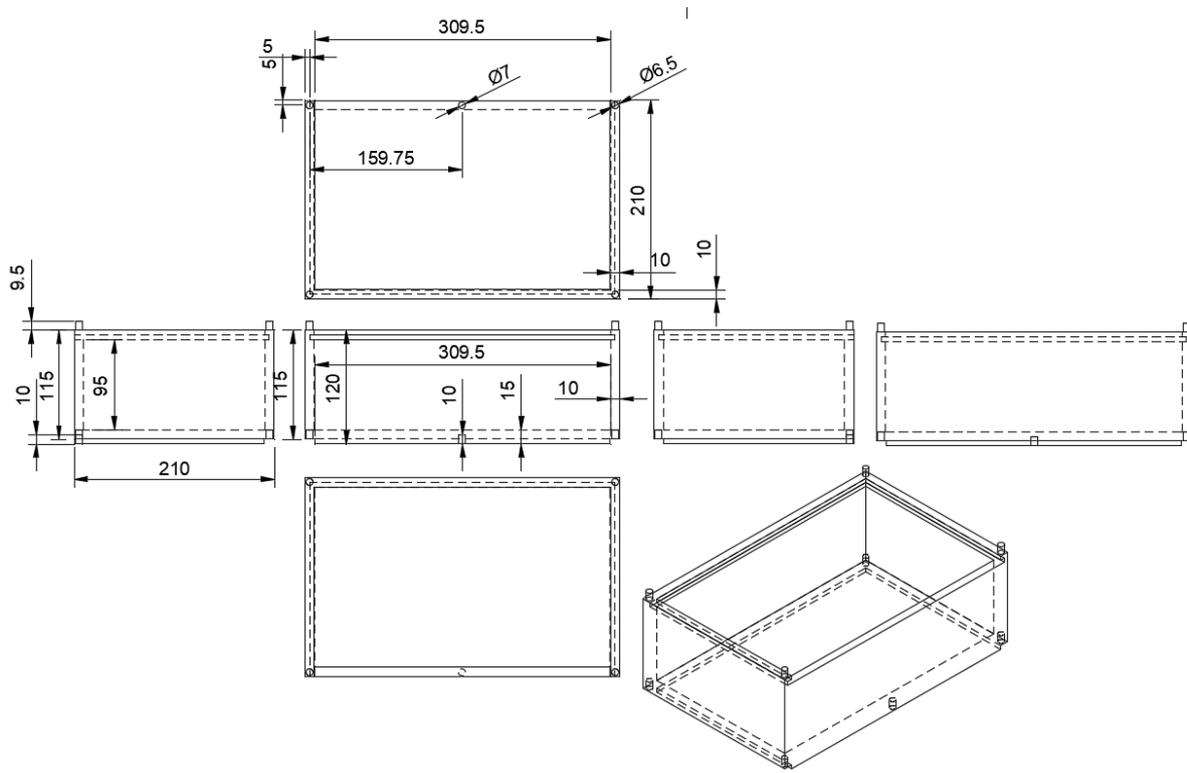
APÊNDICE G - SAPATO COMPACTADO EM FORMATO HEXAGONAL



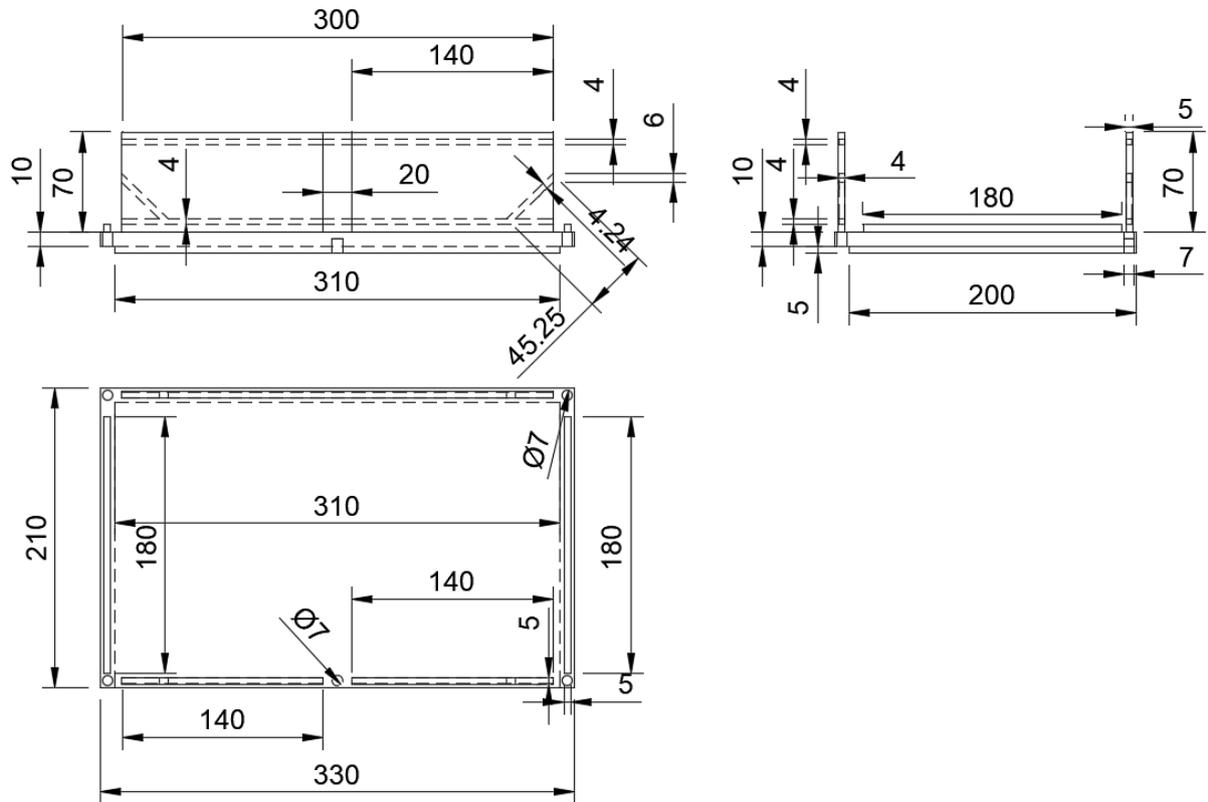
APÊNDICE H – VISTA DA BASE TRIANGULAR EM VG

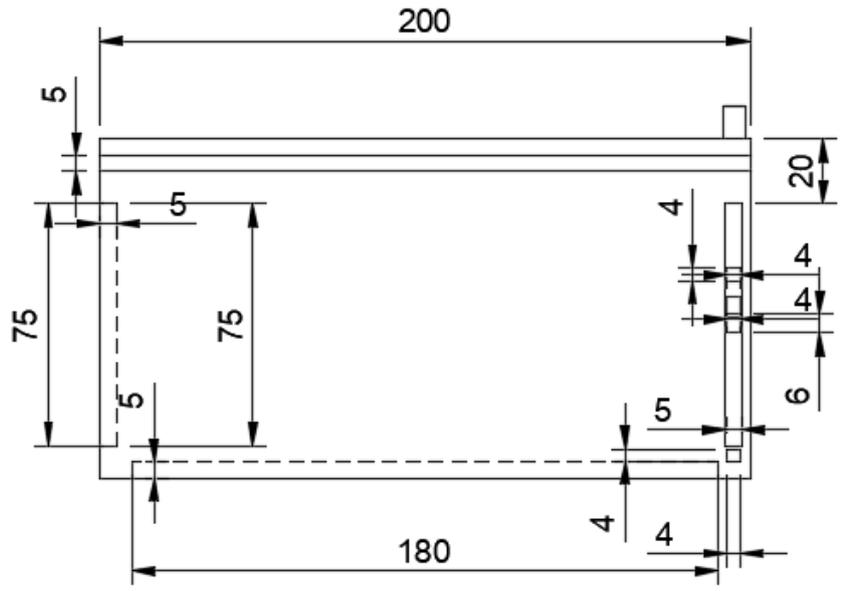
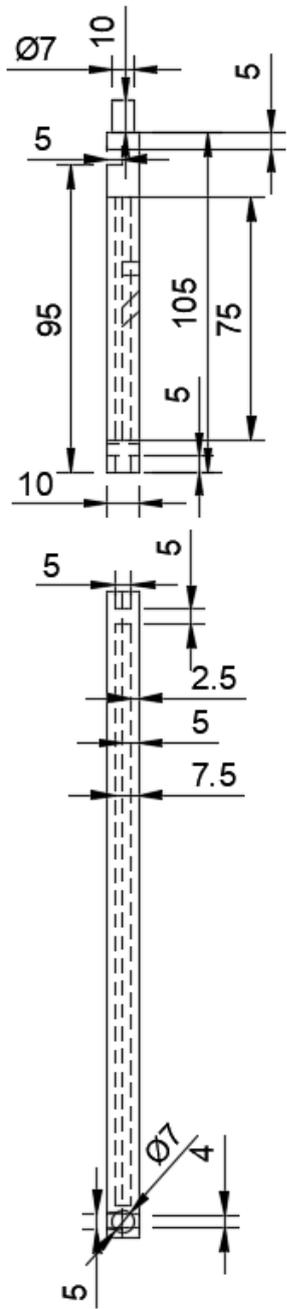


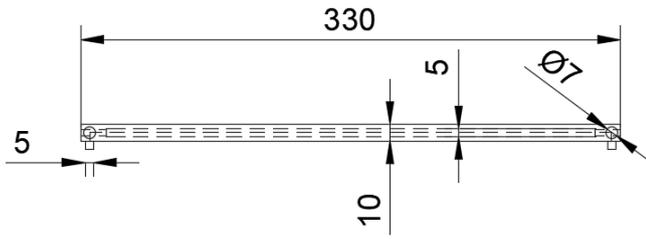
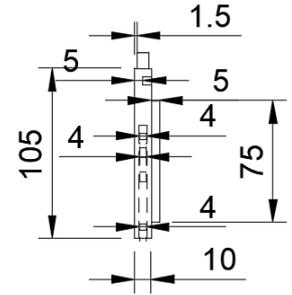
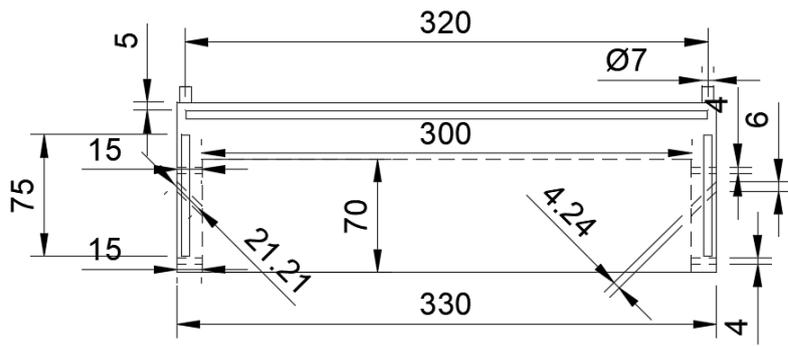
APÊNDICE I - COTAS PARA CAIXA SÓLIDA

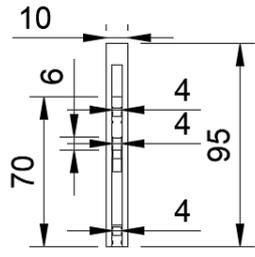
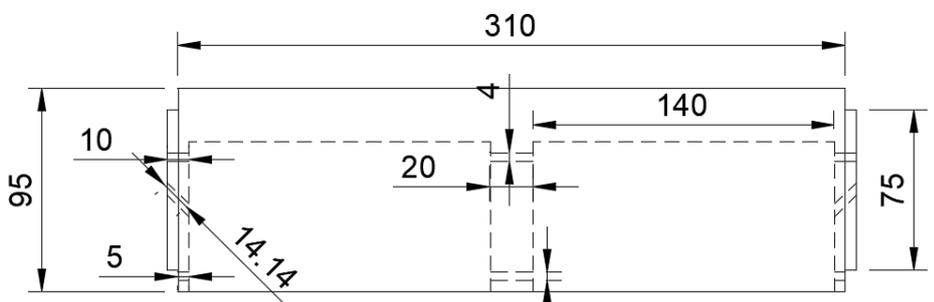
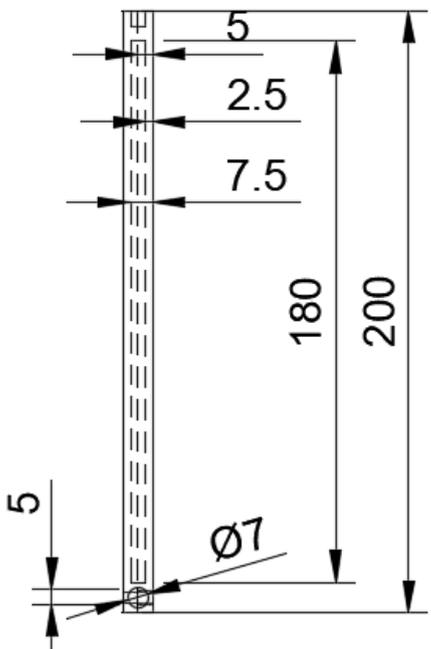
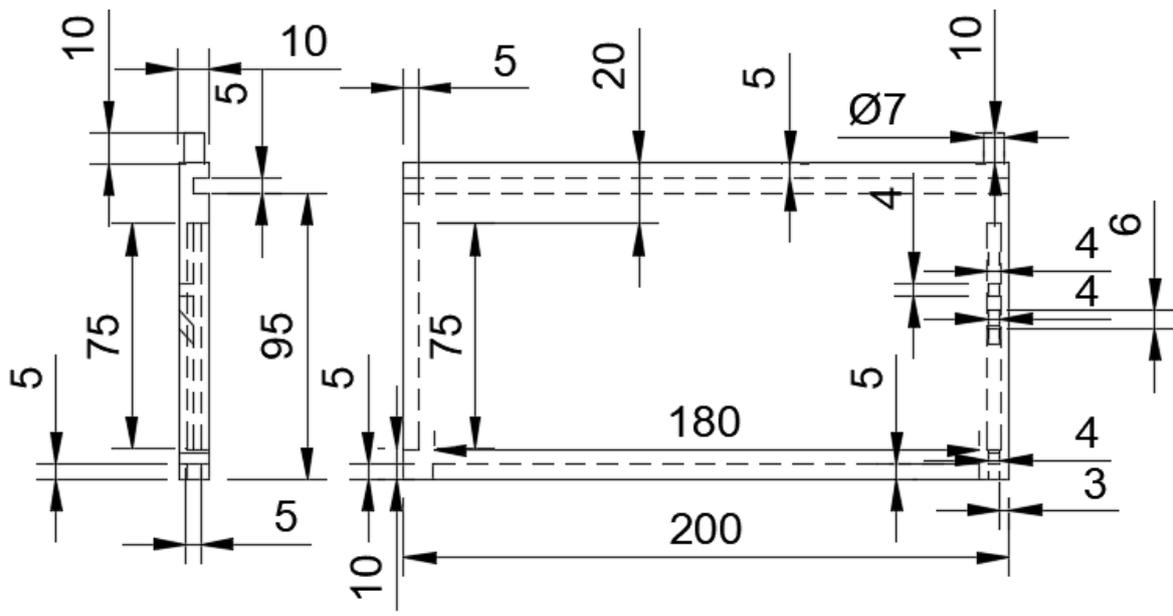


APÊNDICE J - COTAS PARA A CAIXA DESMONTÁVEL

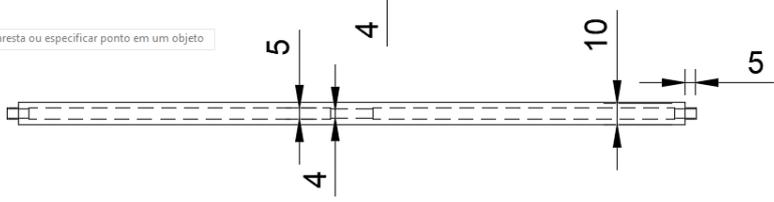


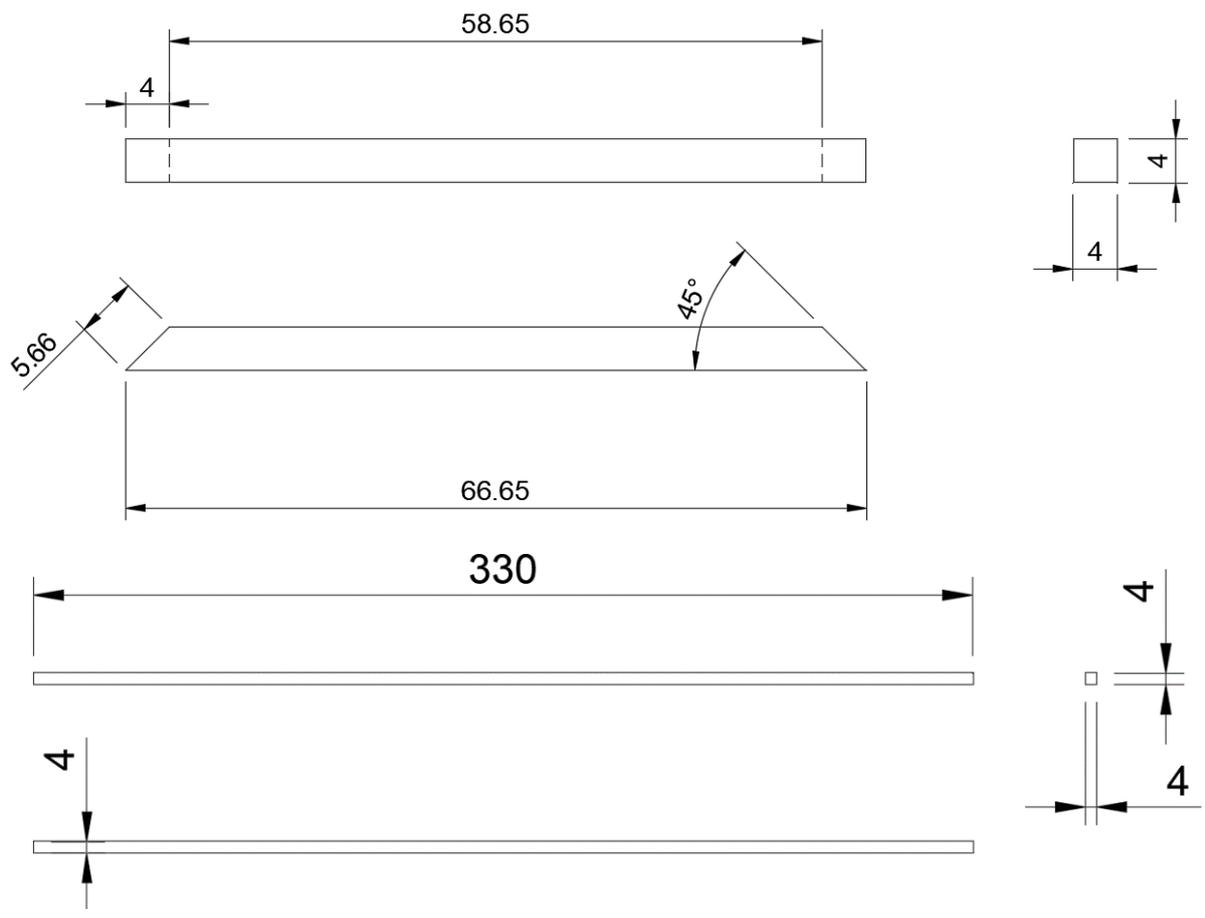




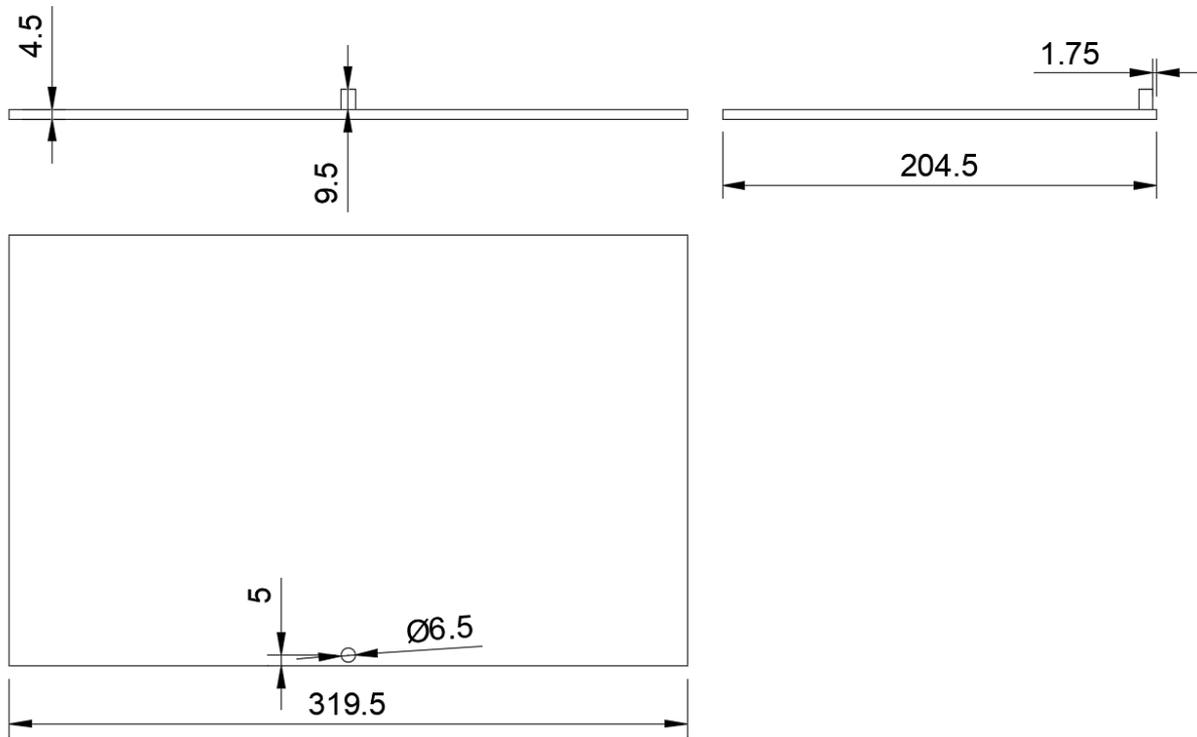


Selecionar aresta ou especificar ponto em um objeto





APÊNDICE K - COTAS PARA AS TAMPAS



APÊNDICE L – FERRAMENTAS DE CORREÇÃO



