

Desenvolvimento CAD de Case pelo Método de Injeção Plástica Para Fabricação com Material ABS

PARENTE, Jozias de Oliveira

Doctor, Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

GARCIA, Edry Antonio Cisneros¹

Doctor, Professor of Mechanical Engineering at Amazonas State University, Brazil

PRINTES, André Luis

MSc Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

SOUZA Gomes Raimundo Cláudio

Doctor, Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

CARDOSO, Fábio de Sousa

Doctor, Professor of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

TORNÉ, Israel Gondres

Doctor, Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

DA SILVA Navarro Pedro Emanuel

FARIAS, Yuri dos Santos

Student of Automation and Control Engineering of Embedded Systems Laboratory at Amazonas State University, Brazil

PEDRAÇA JÚNIOR, Neirival Rodrigues

ABREU, Furtado Diogo

SOBREIRA, Lucio Mateus

Student of Mechanical Engineering of Embedded Systems Laboratory at Amazonas State University, Brazil

Abstract

The main purpose of the design is to produce a functional part that meets all usage requirements such as: working temperatures, mechanical stresses, and chemical resistance. When considering the molding of plastics by the injection process, one must consider the multitude of factors that can affect the results both in terms of performance and economics. The mold is the central core of the injection molding process, it is the tool that gives the desired shape and surface texture to the molten plastic and determines the condition of the final article. The mold also has an influence on the internal stresses of the molded part and consequently a significant effect on the properties and performance in the end use of the same. In the present work, a sequence of followed operations is presented to obtain a design of mechanical parts (case and cover) by the plastic injection method for manufacturing with ABS

¹ Corresponding author: edry1961cu@gmail.com

PARENTE, Jozias de Oliveira; GARCIA, Edry Antonio Cisneros; PRINTES, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Cláudio; CARDOSO, Fábio de Sousa; TORNÉ, Israel Gondres; DA SILVA Navarro Pedro Emanuel; FARIAS, Yuri dos Santos; PEDRAÇA JÚNIOR, Neirival Rodrigues; ABREU, Furtado Diogo; SOBREIRA, Lucio Mateus–
Desenvolvimento Cad de Case pelo Método de Injeção Plástica Para Fabricação com Material ABS

material, in this case where a printed circuit board (PCB) will be installed, as well as the others. Inputs and outputs that guarantee its functionality in a given application. The results obtained showed the viability of the sequence followed and it is suggested the application of these concepts in the practice of plastic injection of products with similar characteristics.

Keywords: CAD, Plastic injection, Case, PCB

1. INTRODUÇÃO

O principal propósito do desenho é produzir uma peça funcional que cumpra com todos os requerimentos de uso, tais como: temperaturas de trabalho, esforços mecânicos e resistência química. Recentes melhorias nas técnicas de Fabricação Aditiva (FA) mudaram não somente os materiais utilizados nestes processos, como também a qualidade das peças produzidas. A inclusão de materiais metálicos abriu novas oportunidades de aplicações para indústrias como a aeronáutica, automóvel e médica. A FA é um processo produtivo no qual um componente é produzido por consecutiva adição e compilação de camadas de material. A sua flexibilidade geométrica, associada às reduções de tempos e custos de produção, são as principais características que tornam estes processos tão procurados pelas indústrias mais exigentes. Otimização Topológica (OT) é um tipo de otimização estrutural que calcula a distribuição ideal de material para um determinado problema. (Soares, 2020)

Neste trabalho é apresentado o resultado do desenvolvimento CAD do case de um produto visando obter um desenho dessas peças mecânicas pelo método de injeção plástica para fabricação com material ABS. Uma vez fabricadas essas peças, no case foi instalada uma placa de circuito impresso (PCB) assim como os demais componentes visando a sua funcionalidade em uma determinada aplicação. Os resultados obtidos mostraram a viabilidade da sequência metodológica estabelecida, o que sugere a aplicação destes conceitos na prática de injeção plástica de produtos com características similares.

2. DESENVOLVIMENTO

A fabricação moderna de artigos de plástico tem difundido muito as aplicações de injeção plástica devido fundamentalmente a qualidade final destes produtos assim como ao fato de que não precisam de operações adicionais de

acabamento. A qualidade final do processo de injeção plástica depende muito do material a ser usado, do molde desenvolvido assim como da máquina de injeção a ser utilizada. Inicialmente é necessário selecionar o material, projetar o molde e finalmente desenvolver a modelagem e dimensionamento da peça em questão.

O processo de modelagem é feito mediante o uso de softwares especializados como NX Siemens, Solid Edge, SolidWorks e outros.

Nos tempos atuais onde a chamada indústria 4.0 tem um incremento significativo no desenvolvimento industrial mundos os elementos componentes deste conceito são levados em consideração, entre eles se destacam:

2.1. Simulação

No âmbito da engenharia de concepção de produto, as simulações 3D já usadas atualmente, irão obter maior preponderância, a partir do momento em que começarem a ser utilizadas em tempo real, ou seja, espelhar no mundo físico e real os dados coletados no mundo virtual (Syam & Sharma, 2018).

Por meio dessa coleta de dados será possível, quase instantaneamente, testar novas configurações de forma virtual, tendo em conta os dados do mundo real e assim diminuir os tempos necessários para evolução das configurações de produção de um produto, bem como aumentar a qualidade de produção (The Boston Consulting Group (BCG) et al., 2015).

A maioria das empresas na indústria, não estão totalmente integradas, uma vez que raramente há uma ligação entre os fornecedores e clientes, entre os departamentos e o chão de fábrica. Assim o objetivo é fazer com que as empresas se tornem mais coesas e as funções e as capacidades dela sejam visíveis a todos por meio da integração dos dados, automatizando assim também estas informações. Tudo isto pode ser possível através da criação de sistemas de redes que contém informação privada e partilhada apenas entre os demais stakeholders (The Boston Consulting Group (BCG) et al., 2015).

2.2. Interconexão digital

Nos dias atuais, ainda não há uma interligação total entre os sensores, máquinas e outros dispositivos de análise de dados. De fato, este conceito permite fazer uma ligação entre os mais variados objetos físicos e o mundo virtual (Virat, Bindu, Aishwarya, Dhanush, & Kounte, 2018).

2.3. Nuvem de armazenamento

Para ser possível obter um sistema integrado é necessário recorrer a uma nuvem de informação onde todas as informações são compartilhadas. Assim será possível compartilhar toda a informação e acessá-la em milissegundos, facilitando assim o uso dos dados na melhoria dos processos (Plaga et al., 2019).

2.4. Realidade aumentada

Os sistemas de realidade aumentada, suportam uma variedade de serviços e podem ser consultados através de dispositivos moveis. Com o avanço desta tecnologia será possível no futuro tomar decisões em tempo real em função das informações fornecidas, bem como procedimentos para o trabalho a realizar. Isto pode ser conseguido por exemplo por meio de dispositivos como óculos de realidade aumentada, que conterà a informação que necessita no seu campo de visão. (Heiner Lasi; et al, 2014).

2.5. Fabricação aditiva

Uma das bases da indústria 4.0 é adotar a fabricação aditiva, como por exemplo, a impressão 3D para produzir pequenos lotes de produtos que permitirão em alguns casos reduzir as distâncias de transporte e o custo de posse de estoque por meio da descentralização da produção, isto é, buscando obter vários centros de fabricação aditiva (Heiner Lasi; et al, 2014).

Por exemplo, a indústria aeronáutica vislumbra esta alternativa como uma fonte de diminuição dos gastos uma vez que produzirá as aeronaves com menor peso estrutural, reduzindo assim os custos de titânio utilizado (The Boston Consulting Group (BCG) et al., 2015).

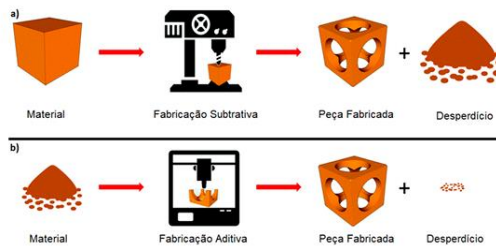
Em suma, pode-se concluir que os conceitos associados à indústria 4.0 promovem uma revolução no sistema produtivo através de recursos tecnológicos. A evolução destes sistemas poderá permitir agregar as funções de planeamento, desenvolvimento, modelagem, conceção e manutenção em um sistema de informação altamente dinâmico e versátil que levará as empresas a outro nível de competitividade (Heiner Lasi; et al, 2014).

A maquinagem é um exemplo dos vários processos de fabricação para remoção controlada de material. Um bloco de matéria prima pode ser cortado de forma intencional para a obtenção de um formato final desejado. Os processos que têm este princípio são conhecidos como fabricação subtrativa, em oposição à fabricação aditiva, que foi anteriormente mencionada na revisão bibliográfica.

Na fabricação aditiva os materiais termoplásticos são usados com muita frequência. O plástico ABS é uma resina termoplástica derivada do petróleo. Cada monômero possui suas propriedades, tornando possível a produção de tipos diferentes de ABS, que serão aplicados de variadas formas e em diferentes segmentos. (Mais Polímeros,2022 disponível em: <https://maispolimeros.com.br/2018/09/24/plastico-abs-e-suas-principais-caracteristicas-e-aplicacoes/> , acesso em 9 de maio de 2022.

Neste cenário é interessante uma comparação entre a manufatura aditiva e a subtrativa conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1. Comparação Fabricação Subtrativa e Fabricação aditiva.



Fonte: adaptado de 5S por Carreras (2017).

A comparação entres estes tipos de manufatura será feita segundo diferentes elementos: materiais, velocidade, complexidade, acabamento. A seguir cada um destes elementos é apresentado.

Material: A FA de metais é considerada atualmente ainda um processo recente. Apesar da sua elevada capacidade de utilizar uma grande variedade de materiais, desde polímeros, metais, cerâmicos, entre outros. (M. Saunders, 2016).

Existem algumas ligas metálicas mais sofisticadas, ou menos comuns, que ainda não foram testadas. Como tal, apenas por FS é possível trabalhar esses materiais. Contudo, em um futuro próximo, os especialistas acreditam que será possível fabricar em qualquer material, desde que sejam conhecidas as suas propriedades e caraterísticas (Digital Engineering, 2017).

Velocidade: A fabricação aditiva permite produzir peças complexas em um menor tempo que a maquinagem CNC [50]. Para além disso, não necessita de ferramentas específicas ou suportes. Isto permite ao fabricante uma capacidade de resposta superior, podendo assim alocar algum desse tempo para o desenvolvimento do produto. A fabricação subtrativa requer a instalação de ferramentas, e até mesmo de programação para peças novas.

Saunders (2016), define a Complexidade: Com a fabricação aditiva, é possível a produção de peças com geometrias complexas (forma livre). Como é um processo de deposição, onde a peça é construída por camadas, pode conter vazios e até mesmo uma estrutura oca. Com a maquinagem, a criação de algumas estruturas internas mais complexas não é possível, devido a não haver nenhum acesso para a ferramenta.

O próprio Saunders (2016), explica sobre o acabamento: Apesar de ser possível na fabricação aditiva atingir uma boa tolerância dimensional e na maioria dos casos com resultados precisos, a fabricação subtrativa é capaz de atingir melhores tolerâncias e acabamentos superficiais.

Quantidade: A fabricação aditiva é mais adequada para fabricação de peças isoladas ou pequenas séries, quando os aspectos primordiais são o material, a tolerância e o acabamento, pois considera-se que não necessita de tempo de montagem (Additive Manufacturing Research Group, (2017).

A fabricação aditiva requer mais tempo de preparação (programação e montagem), bem como conhecimentos por parte do operador (Creative Mechanisms (2016). Contudo, se for para produzir um grande volume de peças, provavelmente então considera-se a mudança para um processo subtrativo.

Os resultados segundo CARREIRA (2017), mostraram que a fabricação aditiva traz vantagens quando referidas a economia, diminuição de material de desgaste, redução de massa e com isso de custos. Além disso, ele menciona que este tipo de manufatura permite também a fabricação de peças com geometrias complexas, porém tem algumas limitações em relação ao acabamento quando comparada com a manufatura subtrativa tradicional.

Pode-se então concluir, analisando esses parâmetros, que os fatores de destaque na impressão 3D são a velocidade, flexibilidade e o custo. Porém estes fatores são apenas vantajosos, aos dias de hoje, em produção de pequenas quantidades, sendo superadas pelos métodos tradicionais em grandes quantidades produtivas uma vez que o custo dilui ao longo do tempo, bem como a velocidade e flexibilidade tendem a diminuir em uma produção em massa, para além dos problemas de ajuste e desgaste oriundos deste processo. Assim, percebemos em grande parte o porquê de ainda não haver uma grande aposta a nível mundial por parte das grandes empresas, uma vez que ainda não se deu um grande passo competitivo, isto é, uma diminuição significativa deste déficit em relação aos métodos tradicionais nas produções em massa (Tserovski et al., 2019).

García et al (2022) mencionam que em projetos mecânicos o uso de tecnologias CAD é uma premissa de trabalho pois ela permite obter soluções

PARENTE, Jozias de Oliveira; GARCIA, Edry Antonio Cisneros; PRINTES, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Cláudio; CARDOSO, Fábio de Sousa; TORNÉ, Israel Gondres; DA SILVA Navarro Pedro Emanuel; FARIAS, Yuri dos Santos; PEDRAÇA JÚNIOR, Neirival Rodrigues; ABREU, Furtado Diogo; SOBREIRA, Lucio Mateus–
Desenvolvimento Cad de Case pelo Método de Injeção Plástica Para Fabricação com Material ABS

com alto grau de exatidão, assim como um nível de detalhamento que facilita depois o processo de construção das partes componentes, bem como do modelamento das soluções. Com muita frequência estes projetos levam ao desenvolvimento de novos produtos nas indústrias.

Os projetos CAD das tecnologias aditivas visam justamente aproveitar as mencionadas vantagens sobre os processos tradicionais.

Da Silva (2021), no seu trabalho de mestrado em Eng. Mecânica, descreve acerca dos processos subtrativos e aditivos, cujas vantagens estão resumidas da tabela 1

Tabela 1. Resumo comparativo entre impressão 3D e métodos de fabrico tradicionais.

Características	Fabricação aditiva (impressão 3D)	Métodos de fabrico tradicionais
Velocidade	Velocidade maior em protótipos e produções pequenas	Velocidade maior para produções em massa
Custo	Custo baixo para pequena produção	Custo baixo para produções em massa
Flexibilidade	Maior flexibilidade	Menor flexibilidade
Repetibilidade	Possibilidade de detectar erros em tempo real de produção	Percentagem de defeitos em lote existe, mas é menor que na impressão 3D onde é preciso garantir varias especificidades

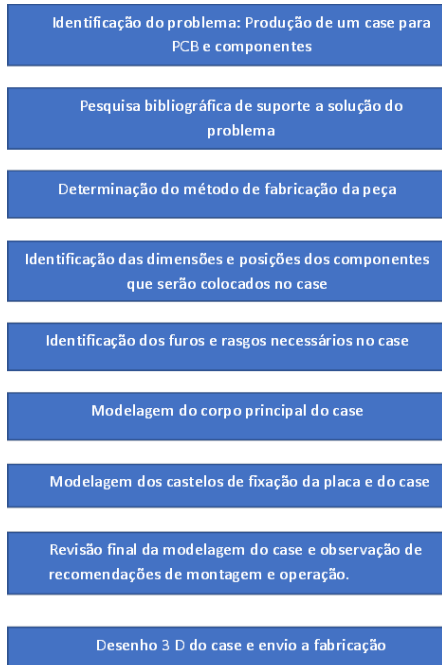
Fonte: Da Silva (2021).

3. MATERIAIS E METODOS

Neste tópico serão abordados todos os aspectos metodológicos da pesquisa realizada, descrevendo-se os procedimentos necessários para a fabricação do case por injeção plástica. Esse estudo teve por finalidade realizar uma pesquisa de natureza aplicada. Para alcançar os objetivos propostos e melhor apreciação deste trabalho, foi utilizada uma abordagem quali-quantitativa. Com intuito de conhecer a problemática sobre a área de estudo foi realizada uma pesquisa exploratória. Para obtenção dos dados necessários, foram utilizados os procedimentos técnicos: pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Para a obtenção do desenho CAD pronto para seu uso no processo de injeção plástica seguiu-se as etapas descritas na Figura 2. Cada etapa será detalhada nos resultados descritos a seguir. Este detalhamento será acompanhado pelos desenhos CAD obtidos no desenvolvimento do trabalho. O software utilizado foi o NX Siemens instalado em laptop Samsung Core i 7.

Figura 2. Estrutura analítica da pesquisa.



Fonte: Autores (2022).

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1. Identificação do problema.

Trata-se da necessidade de construir um case para alocar uma placa de circuito impresso (PCB) e outros componentes de entrada e saída de dados que devem garantir a funcionalidade destes elementos como um conjunto. O material selecionado para a fabricação da peça foi o ABS, devido a ser um material econômico, leve e fácil de moldar além de ter propriedades específicas como boa resistência a impacto, tração e abrasão.

4.2. Pesquisa bibliográfica de suporte a solução do problema

A pesquisa permitiu estabelecer as características principais do material selecionado, assim como aprofundar nos diferentes tipos de fabricação suas vantagens e desvantagens para estabelecer a sequência de trabalho descrita na metodologia. Foram usadas diferentes bases de dados como Latindex, Scopus e Scielo assim como repositórios de diferentes universidades do Brasil e Portugal.

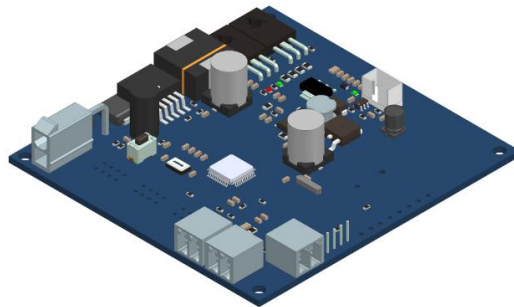
4.3. Determinação do método de fabricação da peça

Dos diversos métodos de fabricação analisados, optou-se pela fabricação aditiva via injeção plástica em função de suas vantagens supracitadas com relação a velocidade no processo, baixo custo, qualidade entre outras conforme apresentado no capítulo de desenvolvimento.

4.4. Identificação das dimensões e posições dos componentes que serão colocados no case.

Para a modelagem de um case de uma placa de circuito impresso (PCB) deve-se identificar as dimensões da PCB, os tamanhos de suas bordas e a altura dos componentes mais altos em ambos os lados, assim como a posição dos conectores, caso haja algum, os furos de fixação da placa e suas posições referente às bordas da placa, e qualquer outro rasgo (*feature*) que a placa venha a necessitar, tais como botão de tamper proof, sensores que necessitam externalização ou outros detalhes relevantes. Para exemplificar, demonstrar-se-á o processo com a placa ilustrada na figura 03.

Figura 3. Placa de circuito impresso.



Fonte: Autores (2022).

A PCB possui 9 conectores, sendo que 7 necessitam ser externados, sendo 6 na parte frontal da PCB e 1 na parte lateral direita dela. Os dois conectores restantes não necessitam serem acessados externamente quando o case estiver fechado. Uma bateria deve ser acomodada embaixo da placa, a qual será conectada no conector localizado na parte traseira da PCB. Os furos da PCB são do tipo M3 e encontram-se próximos aos cantos dela. Devido a posição em que a PCB será fixada no seu ambiente final (fixada verticalmente em uma parede), é necessário considerar pontos de fixação para o case nesta parede e pontos de fixação para fechar o case sem que a placa tenha uma queda quando for acessada para manutenção.

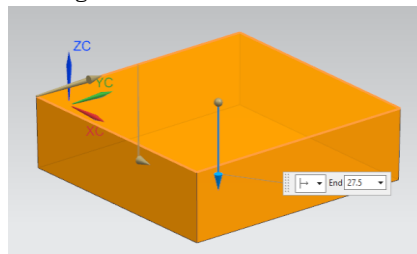
4.5. Modelagem do corpo principal do case

Todas as recomendações dimensionais e de ajustes feitas no desenvolvimento do trabalho seguiram as indicações sugerido pela empresa Innova no Manual de injeção plástica, 2022.

Recomenda-se criar um espaço entre as paredes do case e a PCB, com medidas de 1mm a 2mm, dependendo dos conectores situados nela. Quanto mais longe da borda, menor o espaço entre a PCB e as paredes do case. A espessura da parede deve ser selecionada nesse momento também. Quando se trata de injeção plástica, geralmente, trabalha-se na faixa de 0,5mm a 3mm de espessura nominal da peça como sugerido pela empresa acima mencionada. Especificamente neste caso, decidiu-se utilizar um espaçamento de 2mm da parede, já que os conectores estão alinhados com a borda da PCB e a espessura nominal do case foi estabelecida com a medida de 2mm por convenção interna. Com a necessidade de pontos de fixação extras para a tampa, foi adicionado 10mm no case para haver espaço para disposição dos pontos de fixação.

O conector mais alto na placa mede 11,75mm, a espessura da PCB mede 1,6mm, enquanto que a espessura da bateria a ser colocada abaixo da PCB mede aproximadamente 7mm. Considerando-se todos esses valores e uma certa tolerância para cima devido os conectores e para baixo devido a bateria, a altura máxima do case registra 27,5mm, levando-se em conta a espessura nominal de 2mm.

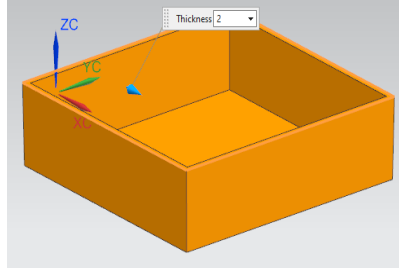
Figura 4. Desenho 3D do case.



Fonte: Autores (2022).

Como o método de produção desejado é de injeção plástica, deve-se considerar o ângulo de saída da peça do molde. Convenciona-se um ângulo de saída entre 1° e 2°. Neste caso, utilizou-se 1° para o ângulo de saída. Este ângulo será aplicado em toda a peça, sendo aplicado no eixo de remoção do molde, neste caso o eixo Z.

Figura 5. Formação da parede do case.



Fonte: Autores (2022).

4.6. Modelagem dos castelos de fixação da placa e do case

Após a modelagem do corpo principal do case, os castelos de fixação da PCB e da tampa são modelados nas posições necessárias. Os castelos modelados foram estabelecidos em cálculos aproximados que resultam em medidas recomendadas para eles, baseados no material utilizado, na espessura nominal de trabalho e no diâmetro do parafuso de fixação. Para este caso, o material é o ABS, a espessura nominal e o diâmetro do parafuso, conforme especificados anteriormente, são de 2mm e M3, respectivamente. Assim sendo, calcula-se o diâmetro do castelo, diâmetro do furo e a altura mínima do castelo segundo as equações 1, 2, e 3, respectivamente, conforme apresentado a seguir:

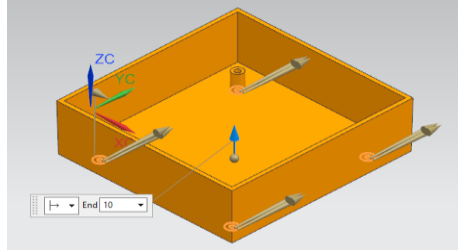
$$d_{castelo} = d_{parafuso} * fm_{castelo} \quad 1$$

$$d_{furo} = d_{parafuso} * fm_{furo} \quad 2$$

$$h_{min\ do\ castelo} = d_{parafuso} * fm_{altura\ min} \quad 3$$

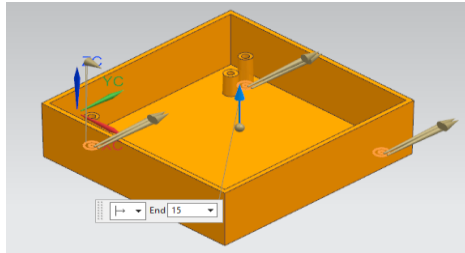
Onde os fatores fm são dados pelo material. No caso do ABS, os fatores do diâmetro do castelo, diâmetro do furo de fixação e altura mínima do furo são, respectivamente, 2, 0,8 e 2. O que resulta nos valores de $d_{castelo} = 6mm$, $d_{furo} = 2.4mm$ e $h_{min\ do\ castelo} = 6mm$. A altura escolhida para os castelos de fixação da PCB e da tampa do case foram, respectivamente, 10mm e 15mm, ambas sendo maior que a altura mínima recomendada que foi calculada. Na Figura 6 é mostrado o desenho com a altura mínima dos castelos de fixação da placa. Na Figura 7 é mostrada a altura mínima dos castelos de fixação da tampa do case.

Figura 6. Altura mínima dos castelos de fixação da placa



Fonte: Autores (2022)

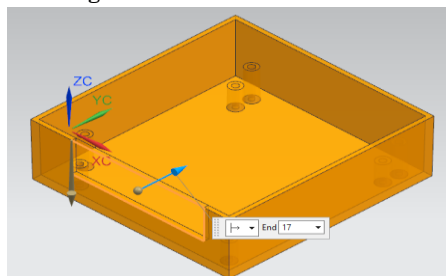
Figura 7. Altura mínima dos castelos de fixação da tampa do case



Fonte: Autores (2022)

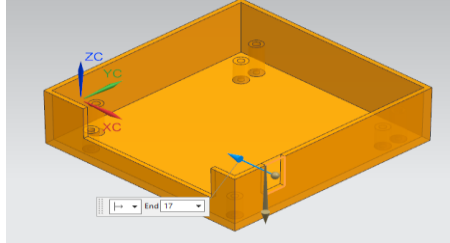
Nesta etapa também é feita uma avaliação da necessidade de rasgos para facilitar a montagem por conectores. Dessa maneira, visando se obter um bom acesso aos conectores, foram criados rasgos em algumas paredes do case. Na Figura 8 é mostrado um desenho com o rasgo frontal das entradas dos conectores. Na Figura 9 é mostrado um rasgo lateral da entrada dos conectores.

Figura 8. Rasgo frontal das entradas dos conectores.



Fonte: Autores (2022)

Figura 9. Rasgo lateral da entrada dos conectores.

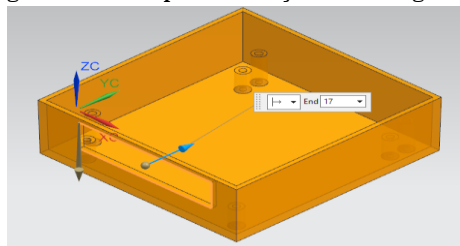


Fonte: Autores (2022)

A realização do rasgo evita o que é chamado de gaveta, ou contra ângulo. O contra ângulo é um detalhe ou característica da peça que se encontra em ângulo perpendicular ou, de forma geral, não concordante com o eixo de saída. Como o molde é modelado de acordo com seu eixo de saída, características que não concordem com esse eixo ficam presa no molde, tornando sua remoção perigosa a integridade da peça plástica. Para resolver esse possível problema, utiliza-se uma peça que deslize no molde do eixo deste contra ângulo, permitindo a realização de furos ou características não presentes no eixo de saída do molde.

A figura 10 mostra uma característica de contra ângulo. O furo para acesso aos conectores da PCB, para ser injetado, necessitaria de uma gaveta no seu molde. Gavetas, porém, adicionam custo e são condicionadas a desgaste de atrito devido ao constante movimento dentro do molde. Devido a isso, evita-se a modelagem de características em contra ângulo. Nervuras são características utilizadas para criar uma maior resistência em pontos da peça, aumentando a sua resistência e espessura nominal naquela área sem a necessidade de aumentar a espessura real da peça. Para aumentar a resistência e suporte dos castelos de fixação e da base como um todo, utiliza-se nervuras para dar suporte aos castelos, que conectam as paredes do case.

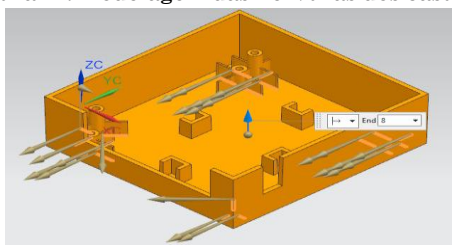
Figura 10. Exemplo da criação de uma gaveta.



Fonte: Autores (2022)

Uma boa prática para a modelagem de nervuras é de manter sua espessura entre $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da espessura nominal da peça conforme ilustrado na figura 11.

Figura 11. Modelagem das nervuras dos castelos.



Fonte: Autores (2022)

Para realizar a fixação do case no local designado, decidiu-se utilizar abas de fixação externa. Devido a sua localização na peça, isso faz com que parte da sua estrutura venha estar sob outra parte da peça, como mostra a figura 12.0

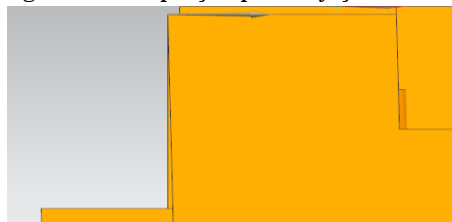
Figura 12. Vista frontal das abas de fixação externa do case.



Fonte: Autores (2022)

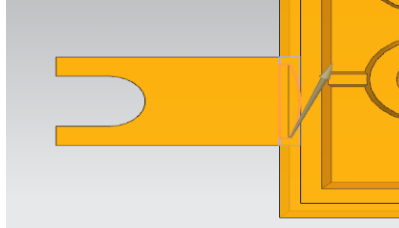
Esse detalhe faz com que haja a necessidade de um rasgo paralelo ao eixo de saída. Assim, torna-se possível realizar a injeção da característica em questão. Na figura 13 é ilustrada a adaptação efetuada para injeção da aba. Na figura 14 é mostrada a vista do rasgo de adaptação da aba.

Figura 13. Adaptação para injeção da aba.



Fonte: Autores (2022)

Figura 14. Vista do rasgo de adaptação da aba.



Fonte: Autores (2022)

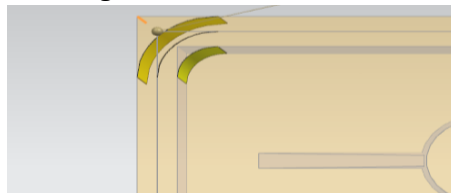
Como o processo de injeção plástica consiste na injeção com pressão de um material viscoso, isso acarreta um fluxo de material a percorrer o molde de injeção. Um fluxo de material não laminar pode vir a criar regiões onde há uma alta concentração de material mais quente que a sua proximidade, encolhendo de forma não uniforme com o resto da peça, criando pontos de depressão na peça, ou até falta de material como explicado em INNOVA. [9]

Para combater isso, uma boa prática é eliminar cantos vivos, optando por cantos com raios, ajudando assim o fluxo de material a atravessar o molde sem turbulência nas dobras com 90°. Uma relação recomendada entre a espessura dos raios nesses cantos vivos e a espessura nominal da peça é entre $\frac{3}{4}$ e 1.

Outro detalhe a ser considerado também é o raio dos cantos vivos de paredes. Os raios não se mantêm entre as paredes, mas na verdade a sua espessura é somada ao raio. Neste caso, adotou-se uma relação de 1 do raio para a espessura nominal da parede. E como as paredes têm uma espessura de 2mm, as arestas internas do case hão de possuir um raio de 2mm, enquanto as arestas externas um raio de 4mm. Na figura 15 são ilustrados os raios das arestas.

Aplicando todos os raios necessários nas arestas, castelos e nervuras, gera-se uma peça otimizada para o processo de injeção plásticas, reduzindo as chances de falhas e defeitos na peça.

Figura 15. Raios das arestas

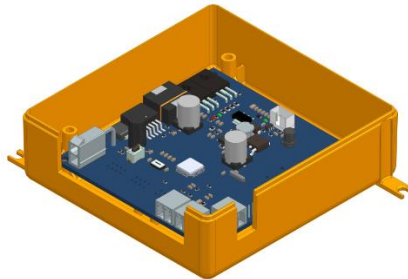


Fonte: Autores (2022)

4.7. Revisão final da modelagem do case, validação e observação de recomendações de montagem e operação.

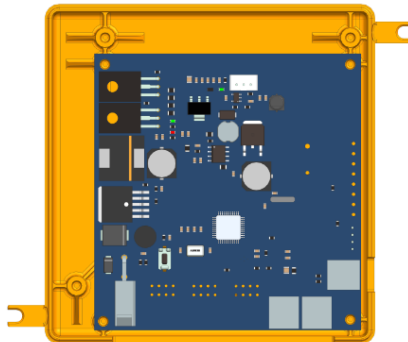
Uma vez cumpridas todas as etapas supracitadas, procedeu-se com a revisão do desenho de acordo com as especificações estabelecidas visando identificação e correção de possíveis desvios do projeto.

Figura 16. Simulação da montagem da placa PCB no case.



Fonte: Autores (2022)

Figura 17. Vista frontal da montagem da placa PCB no case.



Fonte: Autores (2022)

Visando a validação do desenho do case com a PCB, procedeu-se a simulação no software NX Siemens a montagem virtual do PCB com as dimensões reais, este processo permitiu validar o CAD ao se obter o case com todas as dimensões compatíveis com a placa a ser montada como mostrado na figura 16 e 17.

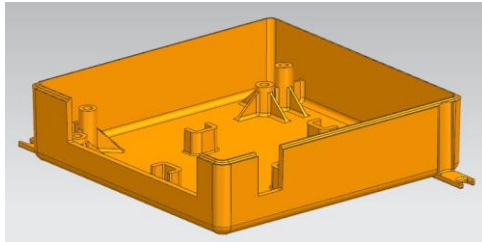
4.8. Desenho 3D do case e envio a fabricação

Uma vez concluídas todas as etapas anteriormente descritas, procedeu-se com a geração do desenho 3D do case visando a fabricação da peça

PARENTE, Jozias de Oliveira; GARCIA, Edry Antonio Cisneros; PRINTES, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Cláudio; CARDOSO, Fábio de Sousa; TORNÉ, Israel Gondres; DA SILVA Navarro Pedro Emanuel; FARIAS, Yuri dos Santos; PEDRAÇA JÚNIOR, Neirival Rodrigues; ABREU, Furtado Diogo; SOBREIRA, Lucio Mateus–
Desenvolvimento Cad de Case pelo Método de Injeção Plástica Para Fabricação com Material ABS

Na figura 18 é ilustrado o case finalizado segundo as etapas metodológicas supracitadas. Como resultado, obteve-se um case usando a injeção plástica como processo de fabricação aditiva que atende as necessidades de acomodação da PCB.

Figura 16. Case finalizado segundo a metodologia descrita.



Fonte: Autores (2022)

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento das etapas descritas no trabalho possibilitou a obtenção de Case para fabricação por injeção plástica visando a montagem nele de uma placa de circuito impresso (PCB) e outros componentes de entrada e saída de dados, garantindo assim a funcionalidade deste conjunto.

O material selecionado para a fabricação da peça (Case) foi o ABS, devido a ser um material econômico, leve e fácil de moldar além de ter propriedades específicas como boa resistência a impacto, a tração e abrasão.

A observação da sequência seguida possibilitou o cumprimento do objetivo da pesquisa o que evidencia a factibilidade de utilização em casos similares.

A fabricação por injeção plástica é um tipo de produção que corresponde a fabricação aditiva que tem vantagens sobre a tradicional para baixa produção, tais como baixo custo de produção, maior flexibilidade na produção, e maior velocidade na produção.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ADDITIVE MANUFACTURING RESEARCH GROUP, “The 7 Categories of Additive Manufacturing.” [Online]. Available: <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/>. [Accessed: 15-Jul-2017].
2. CARREIRA, A.J. A. DESIGN E OTIMIZAÇÃO DE PEÇ METÁLICAS PARA PROCESSOS DE FABRICAÇÃO ADITIVA. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Engenharia Mecânica. Mestrado em Materiais.Portugal.2017.

PARENTE, Jozias de Oliveira; GARCIA, Edry Antonio Cisneros; PRINTES, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Cláudio; CARDOSO, Fábio de Sousa; TORNÉ, Israel Gondres; DA SILVA Navarro Pedro Emanuel; FARIAS, Yuri dos Santos; PEDRAÇA JÚNIOR, Neirival Rodrigues; ABREU, Furtado Diogo; SOBREIRA, Lucio Mateus–
Desenvolvimento Cad de Case pelo Método de Injeção Plástica Para Fabricação com Material ABS

3. CREATIVE MECHANISMS, “Additive Manufacturing vs Subtractive Manufacturing,” 2016. Online: <https://www.creativemechanisms.com/blog/additivemanufacturin-g-vs-subtractive-manufacturing>. [Accessed: 29-Aug-2017].
4. DA SILVA R. J. S. Estudo do desenvolvimento do projeto aberto (open design) na perspectiva da fabricação aditiva. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Mestrado em Engenharia Mecânica. Portugal, 2021.
5. DIGITAL ENGINEERING, “Comparing Additive and Subtractive Processes.” [Online]. Available: <http://www.digitaleng.news/de/comparing-additive-and-subtractiveprocesses/>. [Accessed: 29-Aug-2017].
6. GARCIA, C. E. A.; PARENTE, O. J.; PRINTES, A. L.; GOMES, S. R.C; CARDOSO, F. S; NAVARRO P. E; PEDRAZA J.N.R; ABREU F.D; FARIAS D Y; SOBREIRA, L. M. considerações sobre aplicação de projetos mecânicos em projetos de pesquisas, desenvolvimento e inovação. International Multidisciplinary Research Journal: European Academic Research. ISSN 2286-4822; ISSN-L 2286-4822. Bucharest. Romania. 2022.
7. HEINER LASI. HANS GEORG KEMPER. PETER FELTKE. THOMAS FELD. MICHAEL HOFFMANN. (2014). Industry 4.0 in Business & Information System Engineering. *Business&Information System Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
8. HUNTER, S. L, “Ergonomic Evaluation of Manufacturing,” vol. 20, pp. 429–444, 2002.
9. INNOVA. Manual de injeção. 2022. Disponível em www.innova.com.br.
10. M. SAUNDERS, “DfAM essentials - print parts efficiently and effectively,” Renishaw, 2016. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/dfam-essentialsprint-parts-efficiently-effectively-marc-saunders/>. [Accessed: 10-Jul-2017].
11. PLAGA, S., WIEDERMANN, N., ANTON, S. D., TATSCHNER, S., SCHOTTEN, H., & NEWE, T. (2019). Securing future decentralised industrial IoT infrastructures: Challenges and free open source solutions. *Future Generation Computer Systems*, 93, 596–608. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.11.008>
12. SOARES, R.J.S. Estudo do desenvolvimento do projeto aberto (open design) na perspectiva da fabricação aditiva. Instituto Superior de Engenharia de Porto. Departamento de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial. 2020.
13. SYAM, N., & SHARMA, A. (2018). Waiting for a sales renaissance in the fourth industrial revolution: Machine learning and artificial intelligence in sales research and practice. *Industrial Marketing Management*, 69(January), 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.12.019>
14. THE BOSTON CONSULTING GROUP (BCG), Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *The Boston Consulting Group*, 20. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
15. TSEROVSKI, S., GEORGIEVA, S., SIMEONOV, R., BIGDELI, A., RÖTTINGER, H., & KINOV, P. (2019). Advantages and disadvantages of 3D printing for pre-operative planning of revision hip surgery. *Journal of Surgical Case Reports*, 2019(7), 1–4. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjz214>
16. VIRAT, M. S., BINDU, S. M., AISHWARYA, B., DHANUSH, B. N., & KOUNTE, M. R. (2018). Security and Privacy Challenges in Internet of Things. Proceedings of the 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2018, 454–460. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2018.8553919>.