

O *DESIGN THINKING* E A FABRICAÇÃO EM 3D DE EXPERIMENTOS FÍSICOS

Luiz Paulo Fernandes Lima¹
Gylly Peterson Fernandes Lima²
Francisco Levi Pereira Braga³
Francisco Herbert Lima Vasconcelos⁴

RESUMO

O *Design Thinking* é uma metodologia utilizada na engenharia, nos negócios e na gestão que, nos últimos anos, vem ganhando espaço nos processos de ensino e aprendizagem, principalmente na elaboração de novos produtos educacionais que atendam às necessidades da comunidade escolar. É nesse contexto que este trabalho propõe, como objetivo, mostrar um caminho metodológico baseado no *Design Thinking* para a fabricação em 3D de experimentos científicos, mais precisamente focados no ensino de Física. Para tanto, utilizou-se de quatro passos da metodologia em questão: a Imersão, para analisar qual problema resolver; a Ideação, para traçar estratégias de solução do problema; a Prototipação, que ocorreu através da modelagem computacional; e o Desenvolvimento, que consistiu na fabricação em 3D do experimento. Os resultados mostram os desafios enfrentados ao longo do processo bem como o produto educacional finalizado para fins de aplicação e experimentação nas aulas de Física com alunos do primeiro ano do ensino médio.

Palavras-chave: *Design Thinking*; Modelagem Computacional; Fabricação 3D; Ensino de Física.

INTRODUÇÃO

O *Design Thinking* (DT) é uma expressão que para muitos profissionais de diversas áreas do conhecimento pode representar palavras como “projetar” ou “prototipar”. Conhecida como “pensamento em *design*” ou “forma de pensar”, trata-se de um método de resolução de problemas baseado em soluções (ANDRADE, 2018). Outra forma de explicar o DT corresponde a uma maneira alternativa de pensar e abordar problemas; um modelo de pensamento centrado nas pessoas, procurando mostrar as possibilidades de rompimento com atitudes negativas e a valorização da capacidade de superação dos desafios apresentados.

Martins e Couto (2016) ressaltam o conjunto de conhecimentos e procedimentos que, a partir de uma atitude de conhecer, tendem a projetar e realizar concepções de prototipagem de

¹ Doutorando em Ensino de Ciências e Matemática do programa RENOEN da Universidade Federal do Ceará – UFC, luiz.lima@ifce.edu.br;

² Mestre em Ensino de Física pelo programa MNPEF da Universidade Estadual do Ceará – UECE, prof.peter@hotmail.com;

³ Doutorando em Ensino de Ciências e Matemática do programa RENOEN da Universidade Federal do Ceará – UFC, professorlevibraga@proton.me;

⁴ Professor orientador: Doutor, PPG Ensino de Ciências e Matemática (REDE) – UFC, herbert@virtual.ufc.br.

novos objetos. Neste sentido, a modelagem computacional e a fabricação em 3D são ferramentas poderosas e importantes que, atreladas ao *DT*, podem gerar produtos educacionais que favoreçam fortemente a aprendizagem de diversos conceitos.

Quando se fala de resolução de problemas, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) prevê “o uso e o aprofundamento de conhecimento científico na construção e criação de experimentos, modelos, protótipos para a criação de processos ou produtos que atendam a demanda para a resolução de problemas identificados na sociedade” (BRASIL, 2017). Desta forma, há um consenso entre o que a BNCC exige e o que a metodologia do *Design Thinking* propõe.

Tratando-se da área Ciências Naturais e suas Tecnologias, a observação e a experimentação são fundamentais para garantir a assimilação do conhecimento (PERINI *et al.*, 2016), logo é uma área em que a prática deve cercear o processo de ensino. Pode-se imaginar um cenário em que a impressão 3D permita o desenvolvimento de produtos educacionais que possibilitem tornar as aulas de Ciências, mais especificamente as de Física, em atividades práticas por meio da experimentação, observação e pensamento crítico.

A justificativa desta pesquisa está relacionada aos diversos fatores que impossibilitam a realização do ensino teórico da Física com a prática experimental, dentre eles a inexistência de laboratório nas escolas, o que atrapalha de maneira relevante o trabalho do professor em sala de aula (ANDRADE e COSTA, 2016). Assim surge uma questão norteadora: A modelagem e a fabricação em 3D seria uma possível solução para construção de experimentos físicos?

É nesse contexto que este trabalho objetiva mostrar um caminho metodológico baseado no *DT* para a modelagem e a fabricação em 3D de experimentos científicos, mais precisamente focados no ensino de Física, como uma possível maneira de solucionar a ausência de produtos educacionais nas escolas de ensino médio.

A metodologia desta pesquisa foca na elaboração de um produto educacional focado na experimentação para o ensino de Física através dos passos do *DT*, a saber: Imersão, Ideação, Prototipação e Desenvolvimento, tendo como ferramentas a modelagem computacional e a fabricação 3D para o alcance do objetivo.

O resultado da pesquisa foi positivo, considerando que a fabricação do produto educacional foi realizada com sucesso e trouxe possibilidades para a experimentação em conteúdos como lançamento em duas dimensões, aplicações das Leis de Newton e energia e suas conservações. No entanto, algumas dificuldades foram enfrentadas no caminhar da produção, como modelagem mal dimensionada, características incorretas de impressão e escolha inadequada do filamento.

REFERENCIAL TEÓRICO

O uso da metodologia *Design Thinking* no campo da educação entra no grupo de metodologias modernas denominadas ativas (GONSALES, 2018), em que a abordagem é completamente diferente do habitual e que permite professores e alunos participarem ativamente dos processos de construção dos modelos na impressora 3D.

De acordo com Brow (2009), a metodologia está subdividida em cinco etapas: Imersão, Interpretação, Ideação, Prototipação e Desenvolvimento (ou testes). É na Imersão que o problema é identificado, buscando entender os desafios acarretados a eles. Na Interpretação os dados da Imersão são organizados com o objetivo de buscar significados e inspiração para as ações seguintes. Na Ideação desenvolvem-se as possibilidades e ocorrem os planejamentos para criar protótipos com potencial de resolução dos problemas identificados. A Prototipagem é a materialização das ideias onde o abstrato ganha forma física com o intuito de representar a realidade. Por fim, o Desenvolvimento consiste na criação e testagem dos materiais modelados na fase anterior, com o objetivo de analisar se o problema inicialmente pensado foi realmente resolvido com o objeto produzido.

Quando se trata de educação, a impressora 3D vem se tornando uma ferramenta poderosa capaz de potencializar os processos de ensino e aprendizagem (SANTOS & ANDRADE, 2020). O principal motivo para a popularização das impressoras 3D ocorreu após o compartilhamento de códigos-fonte em repositórios virtuais, permitindo acesso fácil e gratuito ao público em geral, inclusive no meio educacional. De acordo com Blikstein (2013), a redução drástica dos preços das impressoras e componentes contribuiu para que pessoas e grupos pequenos pudessem desenvolver seus próprios modelos em 3D de maneira rápida e eficiente.

A fabricação em 3D no meio educacional é realidade em diversos países e um estudo realizado pela *The New Media Consortium* (NMC), em 2014, revelou que as escolas ao redor do mundo sofrerão grande revolução. Hoje inúmeras escolas possuem impressoras 3D, o que nos permite validar os seus resultados e, no Brasil, apesar de investimentos menores, há muitos exemplos de escolas que investem nos FabLab (Laboratório de Fabricação Digital). Cita-se como um exemplo de sucesso a cidade de Sobral, no interior do Ceará, onde as escolas do ensino fundamental 2 vêm recebendo investimentos para uma nova estruturação de seus laboratórios com computadores, impressoras 3D, máquinas de corte a laser, dentre outros equipamentos, além de possibilitar a formação dos professores para o uso dessas ferramentas

como também inserir no planejamento de aula a utilização desses ambientes (GONDIM *et al.*, 2023).

METODOLOGIA

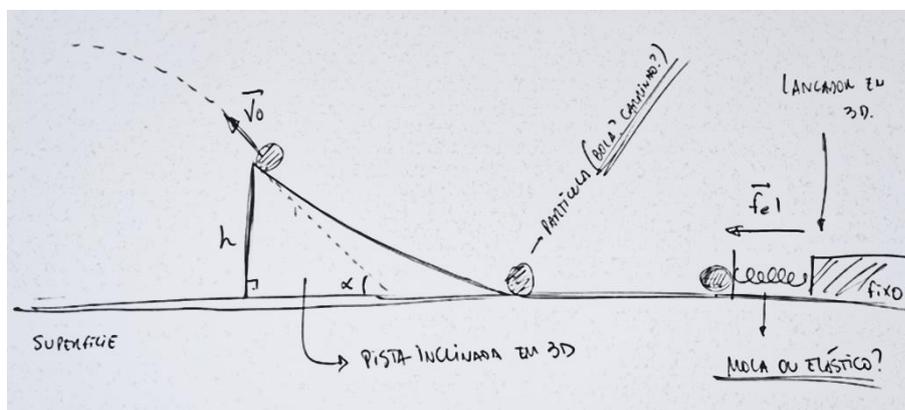
Esta pesquisa tem uma abordagem mista com desenho paralelo misto (*Parallel mixed design*), “onde usa recursos dos métodos qualitativos e quantitativos de forma simultânea, sendo previstas e executadas fases conjuntas, obtendo dados suficientes para responder aos aspectos relacionados com as questões de investigação” (COUTINHO, 2019). A pesquisa tem como etapas metodológicas as fases do *Design Thinking* no modelo proposto por Brow (2009) que é composto por cinco etapas: 1) Imersão, 2) Interpretação, 3) Ideação, 4) Prototipação e 5) Desenvolvimento. Nela, somamos a Imersão e Interpretação com resultado da 1ª etapa.

O método qualitativo está inserido nas etapas de Imersão, Interpretação e Ideação, nas quais ocorre o levantamento do problema a ser enfrentado, os conteúdos a serem trabalhados e o planejamento da produção desejada. O método quantitativo aparece nas etapas de Prototipação e Desenvolvimento onde ocorre a modelagem computacional e a fabricação em 3D do produto educacional voltado para a experimentação no ensino de Física.

1ª etapa: Imersão e Interpretação – Nesta fase, analisou-se que tipo de produto educacional poderia favorecer a experimentação no ensino de Física. Considerando a ausência de laboratórios nas escolas, a possibilidade de fácil deslocamento do experimento e as dificuldades matemáticas enfrentadas pelos alunos do ensino médio, pensou-se em fabricar um experimento de lançamento em duas dimensões e que também pudesse abranger outros conceitos da mecânica, como as Leis de Newton e Energia e suas Conservações.

2ª etapa: Ideação – Nesta fase, traçou-se um planejamento de como realizar a produção do experimento com a impressora 3D. Os pesquisadores se reuniram e chegaram à conclusão de que seria possível produzir um lançador de partículas usando a Lei de Hooke (Força Elástica) como base e uma rampa inclinada com uma ou duas angulações para a realização do lançamento em duas dimensões. A partir deste ponto, alguns rabiscos foram feitos no papel (Figura 1) para, em seguida, começar a modelagem computacional.

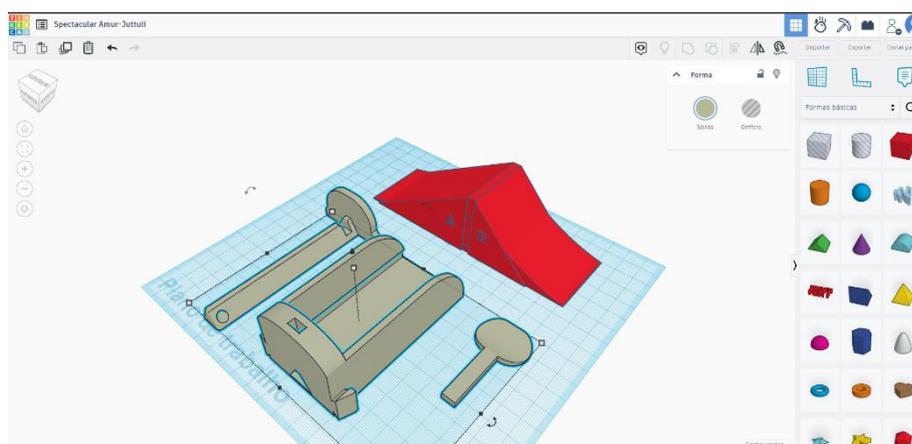
Figura 1: Fase de Ideação rabiscada no papel.



Fonte: Os autores (2023)

3ª etapa: Prototipação – Nesta fase utilizou-se o *software* livre Tinkercad.com para a modelagem computacional 3D e o *software* Ultimaker Cura para a caracterização da impressão 3D. Na modelagem, encontraram-se alguns modelos disponíveis na internet de lançadores de carrinhos, o que norteou a equipe na produção de algo semelhante e que solucionasse o problema proposto utilizando elástico em vez de mola. Em seguida, modelou-se uma pista com duas inclinações (45° e 60°), uma de cada lado, e que pudesse fazer o melhor aproveitamento possível do experimento (Figura 2).

Figura 2: Modelagem do lançador de carrinho e da pista inclinada no Tinkercad.com

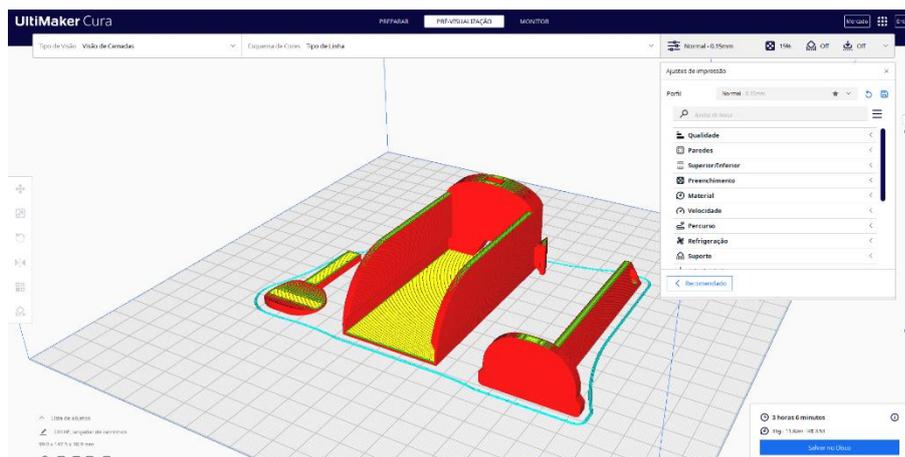


Fonte: Os autores (2023)

A utilização do *software* Ultimaker Cura (Figura 3) ocorreu para realizar a caracterização da impressão. Inicialmente pensou-se em fabricar com o filamento PETg com

temperatura do bico em 230 °C e da plataforma com 70 °C, no entanto alguns problemas enfrentados fizeram com que houvesse a troca do filamento para o PLA, com temperatura do bico em 200 °C e da plataforma em 60 °C. A Tabela 1 mostra os ajustes principais da impressão tanto do lançador como da pista inclinada.

Figura 3: Caracterização da impressão no *Ultimaker Cura*.



Fonte: Os autores (2023)

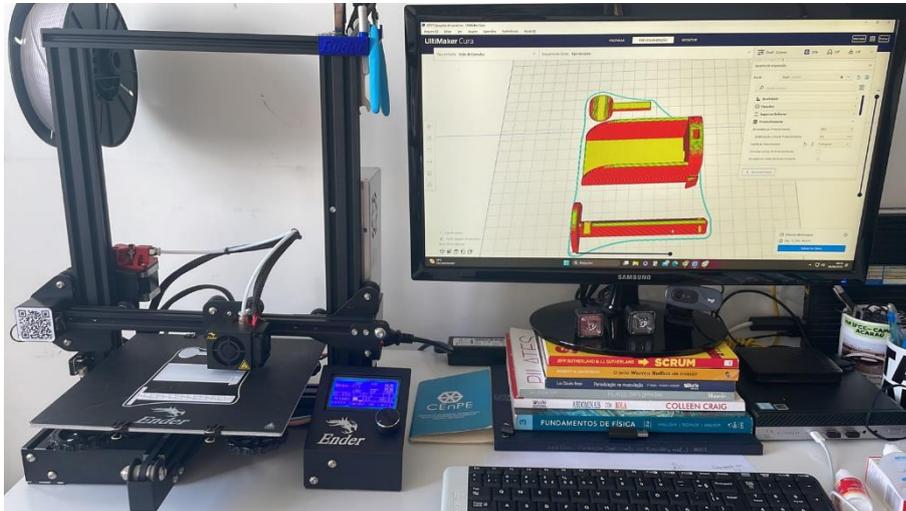
Tabela 1: Principais ajustes da impressão.

Filamento	PLA (Temperatura de impressão = 200 °C) (Temperatura da mesa de impressão = 60 °C)
Altura de camada	0.20 mm
Espessura de parede	0.8 mm
Preenchimento	20% (em grade)
Velocidade de impressão	60 mm/s
Refrigeração	100%
Tipo de aderência da mesa	Brim - 250 mm
Tempo de impressão	2 horas e 55 minutos

Fonte: Os autores (2023)

4ª etapa: Desenvolvimento – Esta fase corresponde à impressão 3D e à finalização completa do produto educacional. A impressora utilizada foi uma 3D Ender 3 32 Bits (Figura 4) com área de impressão 220x220x250 mm, cujas temperaturas máximas na extrusora e na mesa correspondem à 255 °C e 110 °C respectivamente. O material utilizado foi o filamento PLA da marca Voolt3D nas cores marrom e branca.

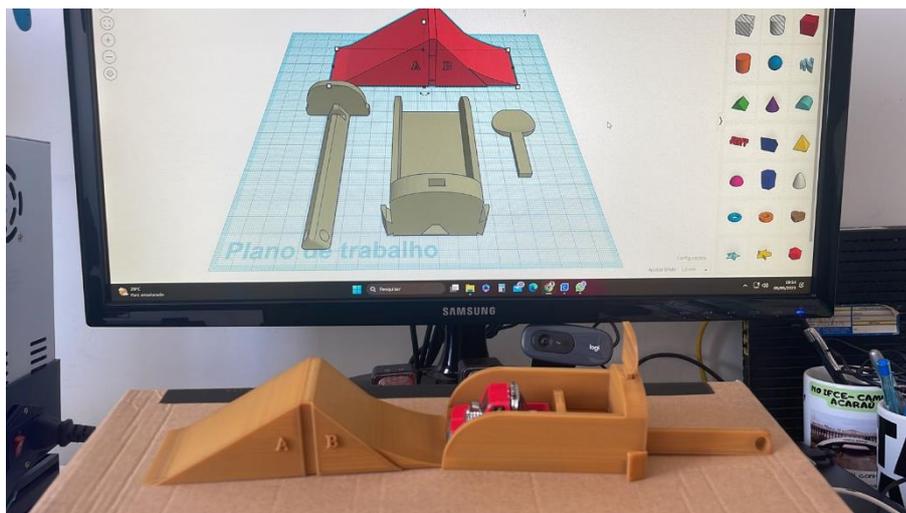
Figura 4: Impressora 3D, Ender 3 32 Bits utilizada nas impressões.



Fonte: Os autores (2023)

As dimensões da pista inclinada foram de 134 mm de comprimento, 44 mm de largura e 37 mm de altura, contendo uma inclinação de 45°, classificada como rampa A, e 60°, classificada como rampa B. A base do lançador ficou com 90 mm de comprimento, 44 mm de largura e 40 mm de altura (Figura 5).

Figura 5: Impressão 3D da rampa inclinada e do lançador



Fonte: Os autores (2023)

O lançador foi projetado com um furo em uma das extremidades para acoplar o elástico, enquanto a outra extremidade era mais larga para empurrar o carrinho. Para acionar o lançado, fez-se uma trava que, ao ser retirada da base, permitia a ação da força elástica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa consistiram na ideação, no planejamento e na escolha do produto educacional que seria modelado no Tinkercad, fatiado no *Ultimaker Cura* e impresso na 3D Ender 3 32 Bits. Salienta-se que em diversos momentos as etapas do *DT* foram reiniciadas com o intuito de gerar o melhor produto ao final de todo o processo.

Nas fases de Imersão, Interpretação e Ideação, fez-se um levantamento qualitativo dos problemas que envolviam o ensino de Física e decidiu-se criar um experimento de lançamento oblíquo (ou em 2D), mas que também abrangesse outros conceitos da Física. Nas fases de Prototipação e Desenvolvimento ocorreu a parte quantitativa, consistindo na modelagem computacional, no fatiamento com as características da impressão, na impressão 3D e nos testes do produto final para ajustes e correções. Entre o planejamento no papel, a modelagem computacional e a impressão 3D, alguns desafios foram enfrentados, principalmente no que dizia respeito ao tipo de lançador e ao formato da rampa.

Ao modelar o lançador, percebeu-se que seria mais adequado utilizar ligas elásticas em vez de molas devido ao fácil acesso que aquelas têm em relação a estas, além da agilidade de reposição do material. Outro desafio enfrentado foi a modelagem da base e do lançador para que o elástico conseguisse se fixar e pudesse empurrar o carro somente quando acionado; logo, modelou-se uma trava que poderia ser solta manualmente. Realizaram-se algumas impressões e fizeram-se alguns testes para que se chegasse ao resultado final, como mostra a Figura 6.

Figura 6: Aspectos do ajuste do elástico do lançador e da trava de segurança.

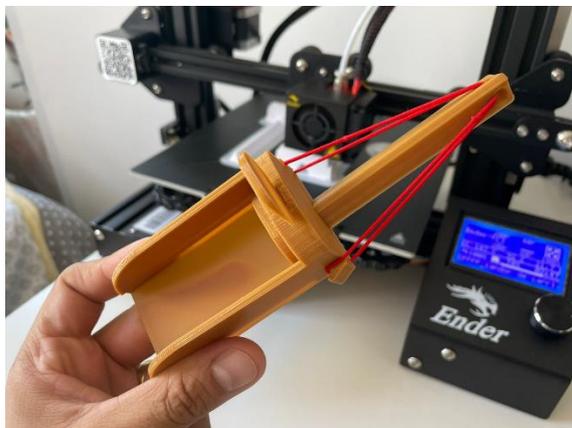


Figura 7: Rampa com leve inclinação na subida e triângulos expostos classificados por A e B.



Quanto à modelagem da rampa, percebeu-se que fazer apenas um triângulo de ângulos diferentes dificultava a subida do carrinho para o salto em 2D. Assim, após uma primeira impressão fracassada, modelou-se uma leve inclinação na subida para facilitar o acesso do carrinho ao topo, porém optou-se em deixar os triângulos expostos (A e B) para que os alunos tivessem condições de calcular as inclinações em cada lado, utilizando uma trena para medir os lados do triângulo e, com as bases trigonométricas, determinassem os ângulos. O resultado da rampa apresenta-se na Figura 7.

O *Ultimaker Cura* foi utilizado para fatiamento e consistiu em organizar as características de impressão. No primeiro momento tentou-se imprimir com o filamento PETg, que utiliza temperatura do bico em 230 °C e da mesa em 70 °C. Após inúmeras tentativas de insucesso por conta da não fixação do filamento, de ajustes mal feitos na velocidade de impressão, de filamento enganchado no extrusor e de impressões frágeis, decidiu-se trocar por filamentos em PLA da marca Voolt3D, que utiliza temperatura do bico em 200 °C e da mesa em 60 °C. As características das impressões que deram certo foram registradas na Tabela 1 na parte de metodologia.

O resultado do produto educacional foram cinco conjuntos contendo lançador e rampa em 3D, um carrinho de aço, uma fita métrica e ligas elásticas, com objetivos futuros de utilizar com alunos do 1º ano do ensino médio. Os conteúdos que o professor pode trabalhar com este produto estão associados ao lançamento em 2D, às Leis de Newton e ao tema Energia e suas Conservações. A Figura 8 mostra o resultado da produção feita na impressora 3D com base nas etapas do *Design Thinking*.

Figura 8: Resultado do produto educacional focado na experimentação em Física.



Fonte: Os autores (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo mostrar um caminho metodológico baseado no *Design Thinking* para a modelagem e a fabricação em 3D de experimentos físicos; para tanto, utilizou-se de ferramentas de modelagem como os *softwares* Tinkercad e o *Ultimaker Cura* e a impressora 3D Ender 3 32 Bits.

Valeu-se de etapas do *DT* para solucionar um problema que envolve a experimentação no ensino de Física; logo, em cada etapa pôde-se analisar, pensar, planejar, modelar e fabricar um produto educacional que atendesse aos professores e alunos do ensino médio durante as aulas de mecânica básica.

Nas etapas de Imersão, Interpretação e Ideação houve uma análise qualitativa do problema, envolvendo análise de dados e planejamento de ações que foram executadas de maneira quantitativa nas etapas de Prototipação e Desenvolvimento. Após algumas tentativas malsucedidas, conseguiu-se realizar as impressões utilizando filamento PLA e foram fabricados cinco conjuntos para que pudessem ser aplicados com alunos do 1º ano do ensino médio.

Os principais desafios encontrados relacionam-se à modelagem e à impressão. Na fase de modelagem foi necessário ajustar o lançador aos parâmetros da rampa de lançamento, bem como criar maneiras de um elástico se ajustar na base do lançador e uma chave que travasse de forma manual. A rampa também teve que ser ajustada devido à falta de uma inclinação na entrada da base. Quanto à impressão 3D, foram feitas inúmeras impressões, algumas incompletas por conta de filamento enganchado, ajustes incorretos e escolhas de um filamento que não deu certo; além disso, ajustes tiveram que ser feitos na modelagem com base nas primeiras impressões para que o resultado saísse como planejado.

Por fim, acredita-se que há diversas possibilidades na fabricação 3D para qualquer área do ensino, desde que haja iniciativa, idealização e planejamento para execução da modelagem e da fabricação. Sem dúvida, a educação será transformada dentro desta perspectiva e o *Design Thinking* vem se mostrando uma metodologia adequada para esta transformação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. O. C. **Design Thinking para a formação de autores na educação a distância.** Março, p.1-17, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333353377_DESIGN_THINKING_PARA_A_FORMACAO_DE_AUTORES_NA_EDUCACAO_A_DISTANCIA>. Acesso em: 7 de mai. 2023.

ANDRADE, T. Y. I.; COSTA, M. B. O Laboratório de Ciências e a Realidade dos Docentes das Escolas Estaduais de São Carlos - SP. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 208-214, 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf> Acesso em: 5 de mai. 2023.

BLIKSTEIN, P. **Digital fabrication and ‘making’ in education: the democratization of invention**. Stanford: Stanford University, 2013.

BROWN, T. **Design Thinking: Uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2009.

COUTINHO, C. M. G. F. P. **Metodologias de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática**. 2. ed. Editora Grupo Almeida, Coimbra, Portugal, 2019.

GONDIM, R. S.; SILVA, D. M.; VASCONCELOS, F. H. L.; SANTANA, J. R.; BLINKSTEIN, P. A implementação de laboratório fablearn no município de Sobral: um estudo de caso sobre o uso da cultura maker no ensino de ciências no ensino fundamental. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, 13(1), 138-151. 2023. <https://doi.org/10.31512/encitec.v13i1.722>. Disponível em: <<https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/722>>. Acesso em: 8 de jun. 2023.

GONSALES, P. **Design Thinking e a Ritualização de Boas Práticas Educativas**. São Paulo: Instituto Educadigital, 2018.

MARTINS, B. M. R.; COUTO, R. M. S. Design como prática educativa: estudos de caso da aprendizagem baseada em design. **Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 5625 – 38, out, 2016.

PERINI, V.; OLIVEIRA, C. M.; CARNEIRO, M. A. M.; SANTOS, C. C. Os Desafios da Inserção de Aulas Práticas na Rotina de uma Escola Pública: Reflexões a partir de um Estudo de Caso. **Revista da SBEnBio**, São Paulo. v. 9, n. 1, p. 4325-4335, 2016.

SANTOS, T. G.; J.; ANDRADE, A. F. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, 2020. DOI: 10.22456/1679-1916.106014. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/106014>>. Acesso em: 8 jun. 2023.