

MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA AUXILIAR NO ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos¹, Sara Stela dos Santos Telles Martins², Paulo Henrique Viana Araújo³ e Karla Vivianne Oliveira Santos⁴

Resumo

A criação de novos materiais para uso nas atividades cotidianas da humanidade é algo presente na sociedade desde os primórdios, quando busca-se aprimorar o que já existe para melhorar a utilização e otimizar o tempo. Esse conceito também se aplica à educação, onde professores se dedicam a aprimorar o processo de ensino-aprendizagem por meio do desenvolvimento de materiais didáticos. No entanto, sabe-se que o ensino de ciências e matemática é frequentemente considerado desafiador, especialmente quando envolve práticas que foram perpetuadas de maneira negativa ao longo da história. Com esse entendimento, a partir de um projeto de iniciação científica, foram propostos materiais de baixo custo, a partir da cultura maker, para auxiliar docentes das áreas de química, física, biologia e matemática do ensino médio. Os materiais desenvolvidos foram apresentados em eventos científicos e validados pelos docentes, demonstrando a importância de objetos para apoio ao ensino.

Palavras-chave: Materiais, Ciências, Matemática, Cultura Maker.

LOW-COST TEACHING MATERIALS TO HELP TEACH SCIENCE AND MATHEMATICS

Abstract

The creation of new materials for use in everyday human activities has been present in society since the beginning of time, when people sought to improve what already exists in order to improve its use and optimize time. This concept also applies to education, where teachers are dedicated to improving the teaching-learning process through the development of teaching materials. However, it is known that teaching science and mathematics is often considered challenging, especially when it involves practices that have been perpetuated in a negative way throughout history. With this understanding, based on a scientific initiation project, low-cost materials were proposed, based on the maker culture, to assist teachers in the areas of chemistry, physics, biology and mathematics in high school. The materials developed were presented at scientific events and validated by teachers, demonstrating the importance of objects to support teaching.

¹ Doutora em Ciência da Informação, Instituto Federal de Brasília (IFB), docente, e-mail sylkarla@gmail.com.

² Discente do curso Técnico em Informática integrado ao ensino médio, Instituto Federal de Brasília (IFB), e-mail stelatelles35@gmail.com.

³ Discente do curso Técnico em Informática integrado ao ensino médio, Instituto Federal de Brasília (IFB), e-mail paulo.araujo2@estudante.ifb.edu.br.

⁴ Mestra em Estudos Literários, Instituto Federal de Brasília (IFB), docente, e-mail viviannekarla2@gmail.com.

Keywords: Materials, Science, Math, Maker Culture.

MATERIALES DIDÁCTICOS DE BAJO COSTO PARA AYUDAR A ENSEÑAR CIENCIAS Y MATEMÁTICAS

Resumen

La creación de nuevos materiales para su uso en las actividades humanas cotidianas ha estado presente en la sociedad desde el inicio de los tiempos, cuando las personas buscaban mejorar lo ya existente con el fin de mejorar su uso y optimizar el tiempo. Este concepto también aplica en la educación, donde los docentes se dedican a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje a través del desarrollo de materiales didácticos. Sin embargo, se sabe que la enseñanza de las ciencias y las matemáticas muchas veces se considera desafiante, especialmente cuando involucra prácticas que se han perpetuado de forma negativa a lo largo de la historia. Con este entendimiento, a partir de un proyecto de iniciación científica, se propusieron materiales de bajo costo, basados en la cultura maker, para ayudar a los docentes en las áreas de química, física, biología y matemáticas en la educación media. Los materiales desarrollados fueron presentados en eventos científicos y validados por los docentes, demostrando la importancia de los objetos para apoyar la enseñanza.

Palabras-clave: Materiales, Ciencias, Matemáticas, Cultura Maker.

Introdução

A produção e adaptação de materiais didáticos têm sido uma constante na história da educação, refletindo a busca incessante pela melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Desde o início da civilização, a humanidade tem procurado aprimorar seus recursos e ferramentas para facilitar a transmissão e assimilação do conhecimento.

Sob o contexto da evolução da escrita à revolução digital, os avanços tecnológicos desempenharam um papel fundamental nesse processo, expandindo as possibilidades de recursos educacionais disponíveis. Nesse sentido, cabe salientar que os estudantes devem ser protagonistas do seu próprio aprendizado, fazendo o uso, inclusive, de ferramentas digitais, a fim de ter um espaço de aprendizagem que seja rico, capaz de proporcionar momentos de reflexão, curiosidade e ludicidade (Meira; Ribeiro, 2016).

Esse processo de aprendizado perpassa também por conceitos metodológicos de ensino que compreendem, por exemplo, o que Moreira (2012) lembra ser a aprendizagem significativa (cunhada antes por David Ausubel, nos anos 2000). Conforme o referido autor:

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (Moreira, 2012, p. 2).

Nessa acepção, a questão envolvendo a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem contribui para o desenvolvimento dos conhecimentos já adquiridos por eles ao longo da jornada escolar. E isso, consequentemente, possibilita que novos assuntos possam ser compreendidos a partir de uma certa bagagem. Assim, no contexto específico da educação pública e, mais particularmente, no ensino de Ciências e Matemática no Ensino Médio, as metodologias aplicadas em sala de aula precisam explorar não só as novidades para os jovens, pois eles também precisam ter uma construção de conhecimento que não seja algo no caminho apenas da memorização. Essa afirmação corrobora o que foi dito por Márcia Cristina Bernardes Barbosa⁵, em uma audiência pública na Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), sobre a percepção social em relação à ciência e à inovação e o papel da educação.

Amparado sob o processo de modernização do mundo e das metodologias de ensino, tem sido recorrente o uso de estratégias ativas para o ensino de determinadas componentes curriculares, sobretudo aquelas de áreas consideradas menos agradáveis aos jovens, como as exatas e biológicas (Araújo *et al.*, 2023; Santos, 2018). Assim, a utilização de materiais didáticos tridimensionais (3D) mostra-se como uma alternativa promissora para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, especificamente das áreas mencionadas. Ao permitir uma representação mais tangível e imersiva dos conceitos abstratos, esses materiais têm o potencial de tornar os conteúdos mais acessíveis e compreensíveis para os estudantes, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa, nas palavras de Moreira (2012).

Considerando as metodologias ativas de ensino, pode-se compreender que os estudantes, tendo acesso a novas formas de compreender os conteúdos em sala de aula, sejam introduzidos em um ambiente de formação científica que lhes permite desenvolver a parte prática enquanto a teoria transforma-se em produção tecnológica, por exemplo. Sobre isso, Rodrigues, Palhano e Vieceli (2021) também comentam que:

[...] o uso da cultura maker potencializa a prática na qual o educando é protagonista do processo de construção de seus saberes, utilizando-se de temas de seu interesse e satisfação, permitindo também a valorização de sua

⁵ <https://www12.senado.leg.br/noticias/videos/2023/06/percepcao-social-sobre-ciencia-e-inovacao-e-tema-de-debate-na-cct>

experiência e a oportunidade da aprendizagem significativa a partir de seus erros e acertos dentro do processo de aquisição do conhecimento, mesmo ela não sendo pensada para escolas, sua utilização nesse espaço contribui de forma significativa e eficaz para o desenvolvimento de nossos educandos (Rodrigues; Palhano; Vieceli, 2021, s/p.).

Diante disso, este artigo relata a experiência de um projeto de iniciação científica que diz respeito às metodologias e processos de ensino-aprendizagem baseados, sobretudo, na cultura maker, conforme Meira e Ribeiro (2016):

O movimento maker é influenciado pela cultura do “faça você mesmo” ou, *Do-It-Yourself* (ou simplesmente DIY) em inglês. Esta cultura estabelece que qualquer indivíduo, mesmo que não seja um especialista, pode vir a construir, restaurar, transformar e fabricar os mais diversos tipos de objetos e projetos usando materiais de baixo custo e as suas próprias mãos (Meira; Ribeiro, 2016, p. 1).

A execução do projeto de iniciação científica intitulado “Propostas de materiais didáticos 3D de baixo custo para apoiar o Ensino de Ciências e Matemática no Ensino Médio” teve a duração de 12 meses e foi executado entre 2023 e 2024. Os integrantes foram dois estudantes matriculados no curso Técnico em Informática integrado ao ensino médio do Instituto Federal de Brasília, além de uma professora orientadora da área de Tecnologia e uma professora coorientadora da área de Linguagens. Essa interdisciplinaridade é de grande importância para a idealização, execução e criação dos materiais, na intenção de propor metodologias e processos de ensino-aprendizagem que considerem espaços onde educandos e educandas possam construir a sua aprendizagem (Santos, 2018). A propósito, este projeto se anora na possibilidade de a própria cultura maker, como mencionado, viabilizar a experimentação de recursos e estratégias que explorem a criatividade, o raciocínio e os desafios que a aquisição de conhecimento proporciona (Meira; Ribeiro, 2016).

Pelo exposto, este relato de experiência compreende a exploração das propostas de materiais didáticos 3D de baixo custo que possam auxiliar no ensino das áreas de Ciências e Matemática do Ensino Médio (Palaio; Almeida; Patreze, 2018). A relevância da experiência prévia do estudante é reconhecida na construção de novos conhecimentos, fato sobre o qual procura-se, neste trabalho, demonstrar como os materiais didáticos podem potencializar esse processo, promovendo uma aprendizagem mais autêntica e duradoura buscando apresentar soluções acessíveis que possam ser implementadas em diferentes contextos educacionais.

Considerando que o Instituto Federal de Brasília (IFB), campus Brasília, possui um Laboratório Maker (IFMaker) que disponibiliza uma máquina impressora 3D e uma máquina

cortadora laser CNC (Oliveira *et al.*, 2023), o projeto objetivou construir objetos físicos de baixo custo e em três dimensões para auxiliar os docentes que atuam no ensino médio nas disciplinas de Física, Química, Biologia e Matemática e facilitar a aprendizagem dos estudantes.

2. Material e Métodos

Os métodos adotados para a execução deste projeto passaram, primeiramente, por uma pesquisa bibliográfica, momento em que foram investigados os materiais utilizados comumente por docentes das áreas de Ciências e Matemática para o ensino dos conteúdos. A pesquisa foi realizada em bases de busca por meio de palavras-chave, como “materiais didáticos em 3D”, “ensino e cultura maker” e “materiais de baixo custo”. Alguns resultados indicaram experimentos já testados por professores de várias regiões brasileiras, a exemplo de vídeos disponibilizados pelo YouTube, como no canal Manual do Mundo⁶.

Em seguida, após as pesquisas, foi aplicada a metodologia de cunho exploratório, que compreendeu uma investigação dos professores da instituição, especificamente do curso Técnico Integrado em Informática, que poderiam atuar em colaboração ao projeto a fim de guiar os assuntos abordados em sala de aula que podem contar com materiais didáticos em 3D para assimilação do conteúdo (Araújo *et al.*, 2023).

Posteriormente, foi realizada a pesquisa experimental, que contou com a disponibilidade do Laboratório Maker (IFMaker), ora mencionado. Nesta etapa, foi utilizado o espaço para produção dos materiais com a impressora 3D, além do uso de materiais recicláveis e de baixo custo, como embalagens, garrafas pet, papel, cola, barbante, régua, palito, entre outros. Além da impressora 3D, foi empregada a cortadora laser CNC, abreviatura para *Computer Numerical Control*, também disponível no IFMaker para ser aplicada na modelagem de objetos feitos com papelão. O planejamento e execução de projetos com auxílio de tecnologias, como impressora 3D e CNC, reforçam a autonomia do estudante e a capacidade de criação para resolver problemas (Freitas Neto; Loubet; Albuquerque, 2018).

Feita a pesquisa, a abordagem exploratória e os testes práticos nos equipamentos disponibilizados no campus, partiu-se para a construção de protótipos dos experimentos selecionados. Em seguida, estes foram apresentados aos docentes que contribuíram para o projeto. Ressalta-se que a execução deste projeto foi financiada por meio de um edital de apoio organizado pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFB.

⁶ Manual do Mundo. Disponível em: https://www.youtube.com/channel/UCKHhA5hN2UohhFDfNXB_cvQ

No próximo tópico, serão descritos os principais resultados obtidos com a execução do projeto de iniciação científica.

3. Resultados e Discussão

O ensino de Ciências e Matemática é ainda considerado desafiador devido a alguns fatores historicamente perpetuados na sociedade, dentre os quais pode-se citar: a necessidade de abstração de conceitos envolvidos, o uso de cálculos matemáticos na resolução de problemas, as dificuldades de compreensão e as reprovações recorrentes de estudantes que enxergam essas áreas como empecilho.

Nesse contexto, foi proposta a construção de objetos de aprendizagem físicos para serem utilizados nas aulas das áreas de Ciências e Matemática, a fim de auxiliar os docentes na contextualização e aplicação do conhecimento teórico. Os experimentos foram analisados quanto à relação com os conteúdos ministrados para as turmas de 1^a a 3^a séries do curso Técnico em Informática integrado ao Ensino Médio, considerando o Projeto Pedagógico do curso em questão (IFB, 2022). Assim, foi possível desenvolver um documento que serviu de base para orientar a construção dos primeiros materiais didáticos.

A partir dessa pesquisa inicial, foram escolhidos os conteúdos apontados como aqueles que demonstram maior dificuldade pelos estudantes, dentre os quais estão: equações e geometria na área de matemática, elementos químicos, óptica, hidrostática e citologia nas áreas de ciência.

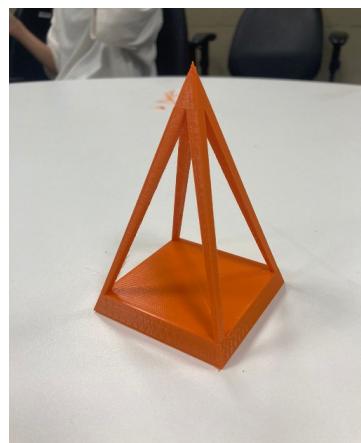
Em seguida, foram propostos oito experimentos para a construção dos materiais didáticos de baixo custo para auxiliar os docentes. Entre os experimentos, estão: a resolução de equações usando balanças e sólidos geométricos feitos com palitos de dente e massa de modelar para o ensino de matemática; a produção de carbono e tabela periódica interativa para o ensino de química; a análise da reflexão e refração da luz com uso de CDs e elevador hidráulico para o ensino de física; a execução da divisão celular e a osmose para o ensino de biologia (Silva; Iketani; Nogueira, 2021).

Durante o processo de execução dos materiais, juntamente com os professores das disciplinas, percebeu-se que alguns materiais poderiam ser aprimorados, construindo os materiais definitivos, sendo eles: sólidos geométricos 3D e plano cartesiano para o ensino de matemática; tabela periódica interativa para o ensino de química; reflexão e refração da luz

com uso de CDs e submarino de Pascal para o ensino de física; célula eucariótica 3D e Quadro de Punnet para o ensino de biologia.

Os ajustes dos materiais propostos para melhorias e alcance de uma versão final foram inspirados na escolha do experimento que melhor ajudaria o docente em sua disciplina e na durabilidade dos materiais. Sendo assim, a alteração dos sólidos geométricos, feitos com palitos de dente e massa de modelar, como experimentos de Matemática, passou a ser feita na impressora 3D (figura 1), pois assim teria mais durabilidade e praticidade em sua utilização.

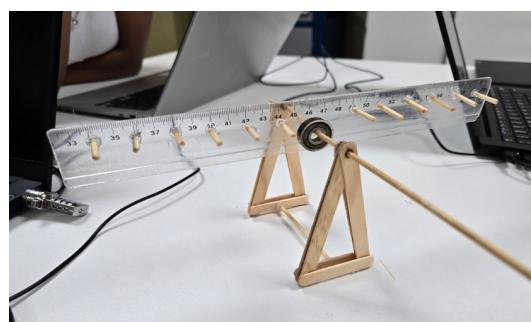
Figura 1. Pirâmide 3D.



Fonte: As autoras (2024).

A proposta para auxiliar na compreensão de equações foi feita com a utilização de uma balança, a partir de uma régua em equilíbrio (figura 2). Após testes, optou-se pela construção de um plano cartesiano (figura 3) devido às dificuldades na criação da balança, tornando o plano cartesiano uma alternativa, podendo ser utilizados em cálculos voltados ao estudo de funções matemáticas.

Figura 2. Balança.



Fonte: As autoras (2024).

Figura 3. Plano cartesiano ampliado.



Fonte: As autoras (2024).

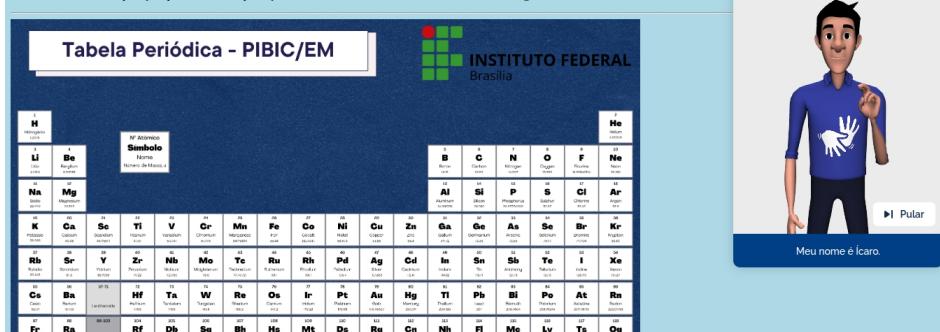
Para o conteúdo de Química, o experimento de produção de carbono deixou de ser elegível, devido a sua baixa durabilidade. Já a tabela periódica interativa passou por alterações em sua ideia, tornando-se uma tabela física construída com MDF, mais resistente por ser derivado da madeira. A proposta foi utilizar a CNC para corte e desenho de um QR Code para direcionar o usuário a uma plataforma digital com informações adicionais sobre os elementos da tabela periódica, tais como: contexto histórico; nome; símbolo; número atômico; série química; grupo; período; bloco e curiosidades. No entanto, a versão física da tabela periódica não foi finalizada devido à falta de material em tempo hábil para o corte. A aplicação web da tabela foi finalizada, como pode ser vista na figura 4, com a tela principal de consulta que conta com acessibilidade em Libras para auxiliar pessoas surdas e contraste de tela para auxiliar pessoas com deficiência visual.

Figura 4. Tabela periódica web.

Tabela periódica

A tabela periódica, uma das ferramentas mais importantes na química, é uma organização sistemática dos elementos químicos com base em suas propriedades físicas e químicas. Ela oferece uma representação visual da estrutura fundamental da matéria, facilitando a compreensão da relação entre os diferentes elementos e permitindo previsões sobre seu comportamento.

Sua história remonta ao século XIX, com contribuições notáveis de cientistas como Dmitri Mendeleev. Estruturada em períodos e grupos, a tabela periódica agrupa elementos com propriedades semelhantes. A disposição dos elementos é baseada na sua estrutura atómica, com o número atômico crescente da esquerda para a direita. A tabela é essencial em diversas aplicações práticas, desde a produção de materiais até o desenvolvimento de novas tecnologias.



Fonte: As autoras (2024).

Na disciplina de Física, o experimento reflexão e refração da luz foi construído com CDs (figura 5), como alternativa à ideia inicial de um experimento do elevador hidráulico, devido às dificuldades em sua criação. Para este novo experimento, foi consultado o professor da disciplina para buscar sugestões de materiais que poderiam ser utilizados em sua aula de maneira cotidiana.

Figura 5. Reflexão e Refração da luz.



Fonte: As autoras (2024).

Finalmente, para Biologia, o experimento da divisão celular e a osmose foi alterada para a impressão 3D da célula eucariótica (figura 6) e Quadro de Punnett (figura 7) para auxiliar no ensino de genética, construído primeiramente em protótipo de papel e, em seguida, com papelão, após ter sido modelado utilizando software específico para tal.

Figura 6. Célula eucarionte 3D.



Fonte: As autoras (2024).

Figura 7. Quadro de Punnett.



Fonte: As autoras (2024).

Ressalta-se que, durante todo o projeto, a parceria entre os estudantes bolsista e voluntário foi essencial para as fases de idealização, execução e criação dos materiais, mediante sugestões e troca de ideias baseadas nas pesquisas realizadas, sob orientação das docentes.

3.1. Avaliação dos materiais

Para certificar a importância e a utilidade dos materiais construídos, iniciou-se a fase de avaliação, determinada de duas formas: a avaliação inicial foi feita durante eventos científicos em que os estudantes do projeto puderam apresentar para visitantes, como público-alvo da pesquisa; e a avaliação final foi feita pelos docentes das áreas em questão e que atuam em cursos técnicos integrados ao ensino médio na instituição.

Em novembro de 2023, o projeto foi apresentado durante o ConectaIF, evento organizado pela instituição, na oportunidade do subevento Práticas e Vivências com o título “Materiais Didáticos para ensino de ciências e matemática com a Cultura Maker”. Foi oferecida uma oficina com apresentação de oito experimentos práticos, em desenvolvimento, sendo dois para cada uma das disciplinas: biologia, química, física e matemática. Destaca-se que, na apresentação do projeto no evento, muitos participantes da oficina afirmaram que “não lembravam ou não sabiam” de alguns conteúdos abordados, ressaltando a importância de um aprendizado mais interativo e significativo.

Em outro evento, realizado em fevereiro de 2024, os estudantes tiveram a oportunidade de apresentar, por meio de um relato de experiência com os resultados parciais obtidos até o momento. A oportunidade serviu para refletir e receber sugestões para aprimorar o que estava em desenvolvimento. Além desses eventos, os estudantes e a orientadora do projeto tiveram a oportunidade de participar do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC⁷), realizado de 21 a 25 de julho de 2024, em Brasília. Na ocasião, os estudantes puderam interagir com outros jovens de Institutos Federais, apreciaram trabalhos acadêmicos e conheceram experiências importantes na área da educação e computação relacionadas a este PIBIC-EM.

Os resultados do projeto também foram apresentados durante o Simpósio de Integração, Inovação e Tecnologia (SIIT), no mês de agosto de 2024, na modalidade de apresentação com demonstração prática. Durante a apresentação, foram expostos e apresentados alguns dos materiais finalizados. A última atividade para apresentação dos resultados finais foi realizada na Universidade de Brasília (UnB), durante o 30º Congresso de Iniciação Científica da UnB, momento em que o projeto foi premiado na categoria PIBIC-EM.

Para a validação dos experimentos, foram apresentados a quatro docentes das disciplinas do curso Técnico em Informática integrado ao ensino médio do Campus Brasília com o objetivo de avaliá-los. As respostas dos docentes foram registradas em um formulário, utilizando o *Google Forms*. O questionário continha perguntas referentes ao material ser bem utilizado na disciplina; aplicação dos conteúdos; utilização do material em sala de aula; e o real auxílio na disciplina.

Percebeu-se que o formulário criado teve respostas positivas. Os professores alegaram que os materiais seriam bem utilizados nas determinadas disciplinas, que possuem um bom caráter indisciplinar e forneceram algumas sugestões de melhorias dos materiais, a exemplo dos materiais de matemática para a mudança de cores dos eixos do plano cartesiano.

De forma geral, as respostas demonstraram que os materiais criados corresponderam às expectativas dos professores. Os docentes informaram que seria possível a aplicação em sala de aula e que os materiais seriam de grande ajuda.

⁷ <https://csbc.sbc.org.br/2024/>

4. Conclusão

A pesquisa de iniciação científica e sua conclusão evidenciam que a criação de materiais didáticos para o ensino de ciências e matemática pode melhorar o aprendizado dos estudantes, tornando-o visualmente prático. A produção dos materiais é baseada na cultura maker, promovendo a criatividade dos estudantes e ampliando o conjunto de recursos disponíveis aos professores em sala de aula.

O desenvolvimento do projeto partiu de uma entrevista com os professores das disciplinas para buscar mais conhecimento sobre quais materiais poderiam ser úteis em suas aulas. Além disso, o projeto foi apresentado em eventos científicos que contribuíram para o desenvolvimento e a escolha das melhores opções de materiais, enfatizando a importância da inovação e da colaboração no campo educacional que, além de estimular o protagonismo dos estudantes, também empodera os(as) docentes, reforçando a ideia de que a construção do conhecimento é um processo dinâmico e coletivo.

Como trabalhos futuros, os materiais deverão ser utilizados pelos docentes das disciplinas para serem testados e validados com e pelos estudantes, além de melhorar e ampliar a variedade de objetos para auxiliar no ensino de Ciências e Matemática.

Por fim, ressaltamos a importância da participação de estudantes e docentes em projetos de iniciação científica no decorrer do ensino médio, promovendo a integração entre conhecimentos, o contato com a escrita científica e a interação social.

Referências

ARAÚJO, P. H. V.; SANTOS, S. K. S. L.; SANTOS, K. V. O.; LEMOS, E. R. S. Propostas de objetos didáticos para confecção 3D para o ensino de Ciências e Matemática. In: XI Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2023, Gama. **Caderno de Resumos da XI JEPE**, 2023. v. 7. p. 30-30.

FREITAS NETO, A.; LOUBET, S. S.; ALBUQUERQUE, L. M. O uso da impressora 3D no processo de ensino e aprendizagem. **Sala de Aula em Foco**, v. 10, n.2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36524/saladeaula.v10i2> Acesso em: 13 out. 2024.

IFB. Instituto Federal de Brasília. **Plano de curso Técnico em Informática na forma articulada ao ensino médio**. Brasília, DF: 2022. Disponível em: <https://www.ifb.edu.br/index.php/estude-no-ifb?id=8026> Acesso em: 13 out. 2024.

MEIRA, S. L. B.; RIBEIRO, J. L. P. A Cultura Maker no ensino de física: construção e funcionamento de máquinas térmicas. **Fablearn**, 2016. Disponível em: https://fablearn.org/wp-content/uploads/2016/09/FLBrazil_2016_paper_55.pdf Acesso em: 09 nov. 2024.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Curriculum**, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf> Acesso em: 12 mar. 2024.

OLIVEIRA, K. V. R.; SANTOS, S. K. S. L.; OLIVEIRA, F. H. M.; DAOUD, C. Ações do projeto IFMaker para impulsionar a criatividade no aprendizado Maker: um relato de experiência. In: Workshop de Informática na Escola, 29., 2023, Passo Fundo. **Anais** [...] Porto Alegre: SBC, 2023. v. 29. p. 508-518. DOI <https://doi.org/10.5753/wie.2023.234910>

PALAO, S. C. S.; ALMEIDA, M. V. L.; PATREZE, C. M. Desenvolvimento de modelos impressos em 3D para o ensino de ciências. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. v. 8, n. 3. set./dez. 2018. Disponível em: <http://srvapp2.santoangelo.uri.br/seer/index.php/encitec/article/view/2369> Acesso em: 12 mar. 2024.

RODRIGUES, G. P. P.; PALHANO, M.; VIECELI, G. O uso da cultura maker no ambiente escolar. **Revista Educação Pública**, v. 21, n. 33, 31 de agosto de 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/33/o-uso-da-cultura-maker-no-ambiente-escolar> Acesso em: 18 abr. 2024.

SANTOS, S. K. S. L. Produção de Conteúdo na Formação Técnica: uma experiência interdisciplinar. In: Congresso Internacional de Educação e Tecnologias, 2018, São Carlos. **Anais** [...], online. São Carlos: Novo Horizonte, 2018. v. 1. p. 1-7. Disponível em: <https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/224> Acesso em: 12 mar. 2024.

SILVA, J. C. A.; IKETANI, G.; NOGUEIRA, E. F. C. Utilização de materiais didáticos em 3D para o ensino da sistemática filogenética no ensino médio. In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia, 8., 2021. **Anais** [...], online. DOI: [10.46943/viii.enebio.2021.01.548](https://doi.org/10.46943/viii.enebio.2021.01.548) ISBN: 978-65-86901-31-3.