

Aplicação de modelos de impressão 3D como ferramenta para atividades práticas experimentais no ensino de Física

Application of 3D printing models as a tool for experimental practices activities in Physics teaching

Aplicación de modelos de impresión 3D como herramienta para actividades experimentales prácticas en la enseñanza de la Física

Otávio Augusto Capeloto (ocapeloto@ufam.edu.com)

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0690-2828>

Cristiana Nunes Rodrigues (cristiananunes.18@gmail.com)

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6874-8021>

Adriano Pereira Guilherme (adrianopgpg@gmail.com)

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Brasil

Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi (klenicy@gmail.com)

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7998-410X>

Resumo

O ensino de Física nas escolas ainda é um desafio para os professores e alunos. A abstração e complexidade dos temas pode tornar as aulas maçantes e desinteressantes. A impressão 3D, uma tecnologia emergente, é capaz de auxiliar no desenvolvimento de modelos antes tratados apenas em teoria por professores em diagramas e experimentos tridimensionais, possibilitando que os alunos envolvidos possam ter uma ferramenta que permita a elaboração de modelos que auxiliem na relação fenômeno-teoria e entendimento dos conceitos científicos. Este trabalho tem o objetivo de utilizar modelos elaborados em uma impressora 3D como ferramenta para a aprendizagem em Física. A metodologia consistiu em uma atividade de extensão em que os discentes do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Coari-Amazonas, tiveram a oportunidade de visualizar a elaboração dos materiais e contribuir com a construção do conhecimento em física. Verificou-se que a implementação das atividades práticas para a inserção dos conceitos científicos de física contribuiu para despertar o interesse dos alunos do ensino básico e oportunizou o entendimento de conceitos de física de forma mais concisa, proporcionando assim uma aprendizagem mais significativa.

Palavras-chave: Modelos 3D; Experimentação; Ciências; Amazonas; Aprendizagem.

Abstract

Teaching Physics in schools is still a challenge for both teachers and students. The abstraction and complexity of the topics can make the classes dull and uninteresting. 3D printing, an emerging technology, can assist in the development of models that were previously only taught in theory by teachers through diagrams and three-dimensional experiments. This allows the

engaged students to have a tool for creating models that aid in understanding the relationship between phenomena and theory, as well as scientific concepts. The objective of this work is to use models created with a 3D printer as a tool for learning Physics. The methodology involved an extension activity in which high school students from a public school in the city of Coari, Amazonas, had the opportunity to observe the creation of materials and contribute to the construction of knowledge in physics. It was observed that implementing practical activities to introduce scientific concepts in physics helped stimulate the interest of basic education students and facilitated a more concise understanding of physics concepts, thus promoting more meaningful learning.

Keywords: 3D models; Experimentation; Sciences; Amazonas; Learning.

Resumen

La enseñanza de la Física en las escuelas sigue siendo un desafío tanto para los profesores como para los alumnos. La abstracción y complejidad de los temas pueden hacer que las clases sean monótonas y poco interesantes. La impresión 3D, una tecnología emergente, puede ayudar en el desarrollo de modelos que antes solo se trataban en teoría mediante diagramas y experimentos tridimensionales realizados por los profesores, lo que permite a los alumnos contar con una herramienta que facilite la elaboración de modelos que ayuden a comprender la relación fenómeno-teoría y los conceptos científicos. Este trabajo tiene como objetivo utilizar modelos elaborados en una impresora 3D como herramienta para el aprendizaje de la Física. La metodología consistió en una actividad de extensión en la cual los estudiantes de secundaria de una escuela pública en la ciudad de Coari, Amazonas, tuvieron la oportunidad de presenciar la elaboración de los materiales y contribuir a la construcción del conocimiento en física. Se observó que la implementación de actividades prácticas para introducir conceptos científicos de física ayudó a despertar el interés de los estudiantes de educación básica y facilitó una comprensión más concisa de los conceptos de física, lo que proporcionó un aprendizaje más significativo.

Palabras clave: Modelos 3D; Experimentación; Ciencias; Amazonas; Aprendizaje.

INTRODUÇÃO

O ensino de ciências, em especial da Física, é um grande desafio para professores, seja no ensino fundamental, médio ou até no superior. A dificuldade dos temas, somada à abstração de conceitos necessários para o aprendizado, e a falta de incentivo à ciência nas últimas décadas no país, desestimula os estudantes que acabam recebendo aulas com pouca relação no seu cotidiano (SILVA; ATAIDE, 2011; ROCHA; PAZ, 2023).

Existe uma ampla discussão sobre metodologias alternativas no ensino de Física nas escolas. Entre elas, tem-se as atividades práticas como estratégias de ensino que apresentam uma eficiência considerável no processo de ensino e aprendizagem (NETO; LOUBET; ALBUQUERQUE, 2019; QUEIROZ et al., 2023). Nesse sentido, a utilização das tecnologias virtuais como as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) vem sendo uma alternativa importante para a implementação de atividades no ensino de Física com simulações

computacionais de modelos teóricos anteriormente apenas passados no quadro negro (PASSERO; ENGSTER; DAZZI, 2017; RONCAGLIO; CRISOSTIMO; STANGE, 2020). Desta forma, as simulações se tornam ferramentas úteis para a visualização e entendimento de muitos fenômenos físicos (GIORDAN, 1999).

Além das simulações computacionais, a experimentação é tida como uma estratégia útil no desenvolvimento do conhecimento, do pensamento crítico, na interpretação de fenômenos e na elaboração de hipóteses (CAAMAÑO; JÍMENEZ, 2003; DOURADO, 2001; GIORDAN, 1999; SILVA; ATAIDE, 2011; SILVA; NEVES, 2006).

A impressão de modelos 3D é uma área que vem ganhando notoriedade por possibilitar a aplicação tecnológica em conteúdos que são considerados abstratos e que aproximam as teorias da realidade, possibilitando a implementação de experimentos de acordo com a necessidade. Além disso, com elas há a possibilidade da realização de substituição de peças desgastadas ou quebradas pelo tempo de uso, não desfalcando assim o plantel da instituição (RONCAGLIO; CRISOSTIMO; STANGE, 2020). Muitos são os estudos relacionados à aplicação da impressora 3D no desenvolvimento de atividades de ensino (SANTOS; ANDRADE, 2020).

Impressoras 3D permitem a construção de objetos tridimensionais complexos, com detalhes importantes para o funcionamento do experimento ou do modelo científico. A fabricação de peças em uma impressora 3D é simples e rápida, possibilitando os próprios professores criarem e produzirem os modelos relacionados às aulas de interesse (RONCAGLIO; CRISOSTIMO; STANGE, 2020).

Segundo as pesquisas descritas na literatura, a utilização de modelos impressos a partir de impressoras 3D como ferramentas de aprendizagem ajudam na compreensão dos alunos, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem (NETO; LOUBET; ALBUQUERQUE, 2019). Diferentes aparatos podem ser construídos a partir da impressão 3D (MENDONÇA *et al.*, 2018; NETO; LOUBET; ALBUQUERQUE, 2019)

Nesta perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo utilizar modelos elaborados em uma impressora 3D como ferramenta para contribuir com o ensino de Física.

PERCURSO METODOLÓGICO

Inicialmente foi realizada a montagem e instalação de uma impressora 3D (XYZ – Da Vinci 1.0 Pro) disponibilizada no Instituto de Saúde e Biotecnologia e verificado seu

funcionamento. Após isso, foi verificado que a impressora já possuía software próprio para desenvolvimento de modelos 3D.

Em um segundo momento, os discentes envolvidos no projeto fizeram pesquisas de experimentos que poderiam ser desenvolvidos por meio de uma impressora 3D. Paralelamente a isso, os discentes buscaram em vídeo aulas e *sites* de internet relacionado a explicações sobre o funcionamento da impressora e como desenvolver projetos em 3D.

Foi então verificado que o melhor material para a utilização no projeto seria o políácido láctico (PLA), devido à sua não toxicidade e relativa facilidade de trabalho. Sendo assim, foi adquirido o material (bobinas de PLA) para a utilização na impressora 3D, visto que a impressora não apresentava os suprimentos. Após, as peças de teste foram confeccionadas em testes pilotos para a obtenção dos parâmetros corretos de impressão.

Após essa etapa, realizou-se o contato com a escola de ensino básico para solicitar a devida autorização para a aplicação do projeto com os alunos do Ensino Médio. Dada a autorização, foi entregue a aproximadamente 50 alunos o termo de autorização de participação e uso de imagem para que os responsáveis assinassem.

A atividade de extensão foi realizada por meio de uma visita técnica com 62 alunos do Ensino Médio de uma escola pública Federal do Amazonas. Os discentes foram levados para o laboratório de Física do Instituto de Saúde e Biotecnologia de Coari, na Universidade Federal do Amazonas. As atividades foram realizadas em três etapas:

- 1) Diagnóstico e apresentação teórica sobre a impressora 3D, as aplicações e os funcionamentos. Os discentes envolvidos no projeto explicaram de forma detalhada o funcionamento de uma impressora 3D, a diferença entre uma impressora 3D e 2D, os materiais e curiosidades sobre o equipamento.
- 2) Atividade prática de visualização do equipamento, elaboração do protótipo, confecção da peça e funcionamento da impressora. Foram impressas peças pequenas, para que os alunos pudessem ver o processo de impressão, desde a programação da impressão até a retirada da peça pronta.
- 3) Interação entre os participantes com perguntas e esclarecimentos sobre a técnica e avaliação da atividade.

Depois, os alunos visitaram o laboratório de Física, onde puderam ver dois experimentos desenvolvidos com a impressora 3D que foram elaborados com foco na atividade desenvolvida

e, também, mais um experimento de ótica que era realizado durante as aulas no curso de Licenciatura em Ciências: Matemática e Física.

Os recursos didáticos utilizados foram vídeo aulas e artigos para os discentes participantes aprenderem como desenvolver projetos 3D e utilizarem a impressora. Para a aplicação do projeto, os recursos didáticos foram apresentações no formato de *power point*, bem como a explicação utilizando softwares de modelagem 3D. Como avaliação, foi aplicado um questionário semiestruturado objetivando averiguar a aceitação e importância da atividade para os discentes participantes da prática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento do projeto, as atividades iniciais foram de funcionamento da impressora 3D e planejamento para o uso no ensino de Física. Esse equipamento é muito versátil e pode ser aplicado para diversas áreas, como Química, Biologia, disciplina na área da saúde, entre outras (BASNIAK; LIZIERA, 2017).

Nessa etapa, algumas dificuldades foram encontradas, como por exemplo, a obtenção dos parâmetros corretos para a impressão de peças e ajustes na elaboração e delineamento experimental. Desta forma, foram necessários vários testes de espessura da camada de impressão, preenchimento, velocidade de impressão, temperatura da extrusora e da mesa quente. Também houve dificuldade ao tentar produzir uma bobina de tesla. Para tanto, foi desenvolvido o projeto em 3D utilizando PLA para a confecção da base e também do tubo onde fora enrolado aproximadamente 600 voltas de cobre esmaltado 32 AWG. Para as ligações elétricas foi necessário um transistor do tipo N2222, que não foi encontrado. Foram realizados diversos testes com diversos outros transistores, mas todos sem sucesso. A parte positiva é que, como o material impresso não é descartável, pode-se utilizar nos testes posteriores.

A aplicação do projeto para os alunos do ensino básico foi um momento de profundo aprendizado. Inicialmente foi realizado o diagnóstico para averiguar o conhecimento dos alunos relacionado a impressora 3D. Os resultados podem ser observados no quadro 1.

Quadro 1: Questionários diagnóstico sobre a aplicação da impressora 3D.

Questões	Respostas e quantidade	
1. você sabe o que é uma impressora?	Sim (62)	Não (0)

2. você sabe o que é uma impressora 3D?	Sim (47)	Não (15)
3. você sabe diferenciar uma impressora comum de uma impressora 3D? Se sim, quais as diferenças?	Sim (32) <i>1 aluno: não justificou</i> <i>“24 alunos: a impressora 3D imprime em 3 dimensões”</i> <i>“7 alunos: a impressora 3D é maior que a impressora comum”</i>	Não (30)
4. você sabe pra que é usado a impressora 3D? Se sim, cite exemplos:	Sim (12) <i>2 alunos: peças de plásticos, brinquedos e formas geométricas.</i> <i>1 alunos: próteses ortopédicas.</i> <i>1 aluno não deu exemplo.</i> <i>8 alunos: citaram imprimir objetos diversos.</i>	Não (49)

Verificou-se por meio das respostas que os alunos apresentavam um conhecimento prévio sobre o que seria uma impressora 2D e uma 3D (questão 1 e 2), porém, cerca de apenas 51% conseguiam diferenciá-las e 79% não conseguiu responder quais seriam as aplicações.

Foi realizada a explicação teórica sobre a impressora, a aplicação, a técnica e o equipamento. Os alunos tiveram a exposição teórica sobre os softwares, a aplicação na área de física, ensino de Ciências, saúde e medicina. Finalizando a parte teórica, foi realizada a elaboração uma mesa flutuante utilizando o princípio da tensegridade. O princípio da tensegridade (ou integridade tensional) baseia-se no uso de efeitos de tração e compressão combinados a fim de obter estabilidade no sistema. Geralmente, estruturas que se baseiam nesse princípio são caracterizadas por sistemas de forças internas que mantêm a estrutura e equilíbrio estável. Muitas vezes tais estruturas são formadas por combinações de cabos, correntes e barras.

Em sequência foi elaborada uma placa de montagem de circuitos de resistores, onde pode-se realizar circuitos em série e paralelo. Para a placa de circuitos, ainda foi utilizada uma fonte de baixa voltagem e led's vermelhos.

O experimento de associação de resistores é baseado na aplicação direta da 2ª Lei de Ohm ($V=RI$) em que $V(V)$ é a diferença de potencial aplicada em um circuito, $R(\Omega)$ a resistência do resistor e $I(A)$ a corrente que atravessa o circuito. Para este experimento, pode-se associar dois ou mais resistores em série ou em paralelo, de modo que em série, pode-se mostrar que a resistência equivalente do circuito é dada pela soma algébrica das resistências, onde

$R_{eq}=R_1+R_2+\dots$. Para a associação em paralelo, pode-se mostrar que a resistência equivalente do circuito é obtida por meio da equação $1/R_{eq}=1/R_1+1/R_2+\dots$.

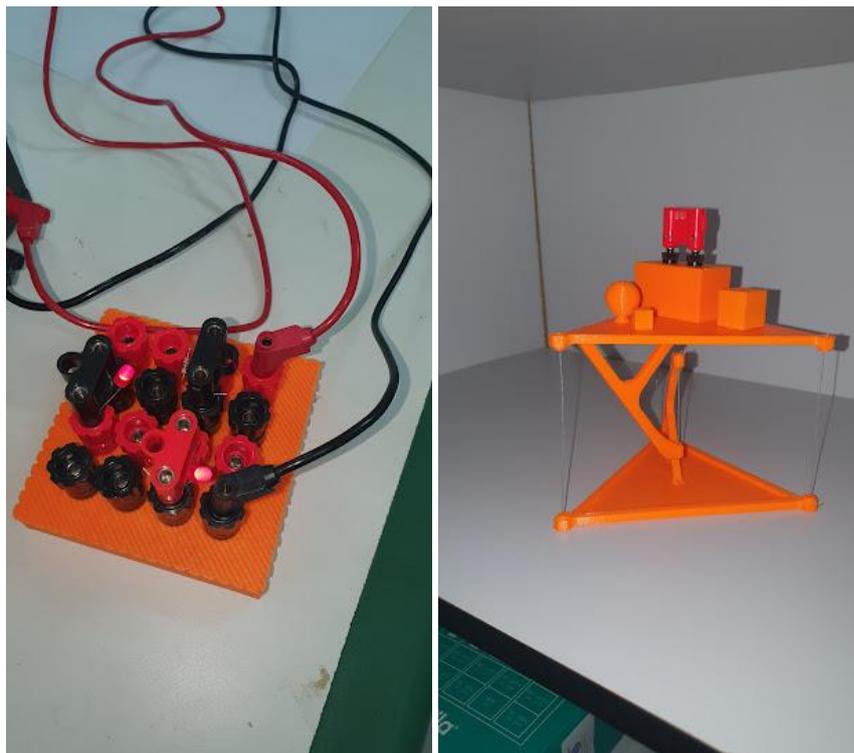
Para o experimento, ainda, pode ser utilizar LED's em série ou paralelo com os resistores, mostrando a implicação de caso um dos componentes do circuito (no caso ou resistores ou LED's) serem removidos. Para uma associação em série, ao remover um resistor ou LED do circuito, é aberto o caminho de condução de corrente, de modo que não há mais corrente passando por nenhum componente (fato que pode ser verificado visualmente, através dos LED's que se apagam, ou através de um multímetro).

Para o caso de uma associação em paralelo, ao remover um dos componentes do circuito, nota-se que o circuito continua funcionando normalmente. Este tema é estudado por alunos do 3º ano do ensino médio, e é de grande utilidade quando damos exemplos do dia a dia, como por exemplo as instalações elétricas prediais.

O experimento de ótica baseou-se em demonstrar o espectro de uma luz incandescente, que emite radiação conforme emissão de corpo negro. Sendo assim, o espectro da luz incandescente é contínuo, assemelhando-se ao espectro solar na superfície terrestre. Ainda, a partir do espectro de luz contínuo, foi possível mostrar a absorção de luz por diferentes corantes, onde corantes com cores diferentes, formados por moléculas diferentes, absorvem, refletem e transmitem comprimentos de onda (cores) diferentes.

Para isso, foi utilizado uma fonte de luz incandescente, uma grade de difração, lente e cubetas com soluções de corantes azul, vermelho e verde. Mostra-se inicialmente o espectro real da luz incandescente, e depois, é colocado o corante na frente da luz branca. Dessa forma, os corantes absorvem alguns comprimentos de onda, deixando passar uma pequena ou nenhuma porção de luz em uma dada cor. Os estudantes conseguem verificar que um corante a base de clorofila, por exemplo, absorve radiação do espectro eletromagnético referente as cores azul e vermelho. Ainda, este experimento pode ser relacionado com os níveis de energia atômicos e os efeitos de absorção e excitação de elétrons nas camadas eletrônicas de átomos.

Os alunos puderam observar experimentos realizados com materiais desenvolvidos na impressora 3D e puderam correlacionar o conteúdo estudado em sala de aula com a elaboração de materiais didáticos e experimentação prática dos princípios de física. As estruturas elaboradas podem ser visualizadas na figura 1.



Fonte: Dados primários, 2023.

Figura 1 – Elaboração dos modelos elaborados em uma impressora 3D.

Pode-se observar o interesse dos alunos com perguntas e questionamentos sobre os nomes das peças que compunham a impressora e pela tecnologia apresentada. Alguns dos alunos, inclusive, afirmaram que faziam parte de um projeto de desenvolvimento de impressão 3D no colégio onde estudavam, no entanto, eles ainda não haviam tido contato com a impressora 3D, visto que o equipamento do colégio ainda não estava disponível. Basniak e Liziero (2017) citam que, mesmo com o advento tecnológico, a inserção de recursos digitais nas escolas em sala de aula vem acontecendo de forma lenta.

Com o desenvolvimento do projeto os alunos puderam conhecer mais sobre quais eram as etapas e processos para o desenvolvimento de um projeto em modelagem 3D, a elaboração de uso de materiais concretos e realização de práticas em Física. Com a utilização da placa de circuitos, foi possível mostrar a diferença de um circuito em série e um circuito em paralelo. Neste processo, pôde-se observar a dificuldade de alguns alunos relacionado ao tema teórico. A participação dos alunos pode ser visualizada na figura 2.



Fonte: Dados primários, 2023.

Figura 2 – Participação dos alunos do ensino básico no projeto de aplicação da modelagem 3D para o ensino de Física.

Na terceira etapa foi realizada a avaliação. Os alunos puderam expor o que aprenderam, esclareceram dúvidas e mostraram-se motivados com o ensinamento obtido. Os resultados da avaliação dos discentes pode ser visualizado no quadro 2.

Quadro 2 - Avaliação dos alunos.

Questões	Respostas opções e quantidade	
1. Você consegue diferenciar uma impressora comum de uma 3D?	Sim (62)	Não (0)
2. Onde podemos aplicar (usar) os produtos produzidos em uma impressora 3D?	<p><i>“17 alunos disseram que podem ser usados na área da saúde, como, medicina, fisioterapia, ortopedia, construindo próteses e outros objetos necessários”.</i></p> <p><i>”11 alunos disseram que pode ser aplicado nas áreas de informática, no ensino de biologia, física e matemática, bem como em engenharia mecânica ”</i></p> <p><i>“33 alunos citaram que a impressora 3D pode ser usada em sala de aulas para a impressão de objetos didáticos, bem como para o uso de objetos no dia-a-dia ”</i></p>	
3. Você se interessou pelo assunto após conhecer uma impressora 3D? Por quê?	Sim (58) <i>“25 alunos: pela utilidade na impressão de objetos para o dia-a-dia ”.</i> <i>“6 alunos: porque pode ajudar muito no avanço da medicina, também na área de biotecnologia ”</i>	Não (4) Não justificaram suas respostas.

	<p><i>“24 alunos, acham muito interessando e querem aprender a usar.”</i></p> <p><i>“3 alunos: não justificaram”</i></p>		
4. Você acredita que o entendimento sobre a impressora 3D contribuiu para a sua formação?	Sim (58)	Não (2)	Não responderam (2)
5. Descreva a importância da atividade realizada no laboratório de impressão 3D.	<p><i>“28 alunos: a atividade foi muito enriquecedora para o meu conhecimento”</i></p> <p><i>“22 alunos: foi muito importante pois pode ser usado na área da saúde”</i></p> <p><i>“12 alunos: muito importante porque mostra os avanços das tecnologias”</i></p>		

Embora a quantidade de alunos que afirmaram conhecer acerca da impressora 3D tenha sido igual no questionário inicial e final, no questionário final pôde-se ter uma evolução relacionada ao conhecimento sobre a aplicação da impressora 3D. Em divergência ao questionário inicial, ao final do projeto os alunos conseguiram responder sobre as aplicações dos materiais elaborados em uma impressora 3D, extrapolando a área de ensino e contemplando a área de saúde e outras afins que poderiam ser utilizadas com essa tecnologia.

Além disso, 58 alunos afirmaram que o conhecimento contribuiu para a formação deles e sentiram-se interessado em saber mais sobre essa temática. Atingindo um dos objetivos das atividades de extensão, verificou-se que houve uma parceria colaborativa da universidade com a comunidade, nesse caso, com os alunos da escola pública. Em acréscimo, a visita dos alunos em um local não conhecido por muitos deles, como as instalações da universidade, despertou o interesse nos alunos em estar em uma universidade, cursando um curso superior.

Os alunos puderam ampliar o conhecimento sobre física e verificar que a base dos conteúdos que estudaram em sala de aula vai além dos cálculos e do curso especificamente de física, podendo ser relacionado com as mais diversas áreas. Os resultados encontrados nesse trabalho são corroborados por outros autores que citam o uso da impressora 3D em práticas educacionais exitosas no ensino de ciências e matemática em diferentes contextos (FREITAS NETO, 2021; TOLEDO et al., 2019).

Embora estejam publicados alguns trabalhos na literatura sobre a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino, percebe-se que os artigos em revistas com a aplicação dessa tecnologia no ensino ainda são tímidos comparados com as amplas possibilidades de uso (SANTOS; ANDRADE, 2020; TOLEDO; RIZZATTI, 2021)

Em relação aos acadêmicos de licenciatura envolvidos no projeto, pode-se observar que eles se mostraram muito proativos e empenhados em aprender sobre o passo a passo de como desenvolver modelos em softwares de modelagem 3D e também, na confecção final dos produtos impressos. Ainda, se dedicaram em preparar uma apresentação sobre os detalhes de funcionamento e aplicações de uma impressora 3D, bem como na aplicação das atividades com os materiais impressos.

Desta forma, percebe-se que a implementação de novas tecnologias para o auxílio do ensino e aprendizagem na disciplina de Física foi benéfica tanto para os alunos do ensino básico, quanto para os alunos extensionistas da graduação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade realizada foi de grande valia para o aprendizado dos conteúdos de Física utilizando a tecnologia de modelagem em 3 dimensões. Os materiais didáticos produzidos neste projeto foram aplicados ao ensino de física e puderam ser observados na prática os conteúdos que haviam sido estudados de forma teórica. Os alunos tiveram a oportunidade de aprenderem sobre os softwares de desenvolvimento dos modelos, as técnicas de elaboração e a aplicação dos conteúdos, colaborando de forma construtiva no processo de aprendizagem.

A busca por metodologias e práticas que auxiliam na aprendizagem significativa é de grande importância na docência. A partir da execução da atividade de extensão, fica evidente o quanto benéfico se faz a implementação de novas tecnologias em práticas de ensino, tanto no âmbito de discentes do curso de Licenciatura em Ciências: Matemática e Física quanto para os estudantes do ensino médio. Somado a isso, a inclusão da atividade de apresentação da impressora 3D aos alunos do ensino médio mostrou-se positiva, visto o conhecimento adquirido para o desenvolvimento dos projetos, desde o aprendizado para a operação de uma impressora 3D até o produto final.

Os resultados obtidos demonstram a importância do uso das tecnologias no ensino de Física e incentivam trabalhos futuros com a utilização de modelagem 3D nos diferentes níveis de ensino como ferramenta válida para a inovação das aulas para o ambiente escolar.

Recebido em: 30/10/2022

Aceito em: 19/11/2023

REFERÊNCIAS

- BASNIAK, M. I.; LIZIERO, A. R. A impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos. **Revista Observatório**, v. 3, n. 4, p. 445-466, 2017.
- CAAMAÑO, A.; JÍMENEZ, M. **Enseñar Ciencias**. p. 96–117, 2003. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/184036/mod_resource/content/1/Pro%20Bueno%2C%202009.pdf
- DOURADO, L. Trabalho Prático, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental no ensino de ciências: contributo para uma clarificação de termos. In: VERÍSSIMO, A. et al. (org.). **(Re)Pensar o Ensino das Ciências**. 1º ed: Seleprinter, Lda., 2001. p. 13–18.
- FREITAS NETO, A.; LOUBET, S.; ALBUQUERQUE, L. M. O Uso da impressora 3D no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 10, n. 2, p. 14-14, 2021.
- GIORDAN, M. O papel da Experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, p. 43–49, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.24979/130>.
- MENDONÇA, S. M. et al. Desenvolvimento de Experimentos Didáticos Utilizando a Tecnologia de Impressão 3D. In: 2018, Rio Grande/RS. 17a **Mostra da Produção Universitária**. Rio Grande/RS: Universidade Federal do Rio Grande - FURG, 2018. p. 1–155.
- NETO, A. F.; LOUBET, S. de S.; ALBUQUERQUE, L. M. O uso da impressora 3D no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 42, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460x40634>.
- PAIO, A. B. et al. **Montagem de experimentos didáticos e possibilidades no ensino de Física**. Maringá: Editora Massoni, 2017.
- PASSERO, G.; ENGSTER, N. E. W.; DAZZI, R. L. S. **Uma revisão sobre o uso das TICs na educação da Geração Z. Renote**, v. 14, n. 2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.70652>.
- QUEIROZ, M. M.; MORAES, M. S.; SANTOS, T. G. A Física por meio de Experimentos em uma escola no município de Coari/AM. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 6, n. 1, p. 414-429, 4 maio 2023.
- ROCHA, F.; PAZ, F. Discussões sobre ensino e aprendizagem em física. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 6, n. 1, p. 138-157, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n1.13100>.
- RONCAGLIO, V.; CRISOSTIMO, A.; STANGE, C. Construção de modelos didáticos em 3D: Um relato de experiência junto a alunos do ensino médio. **Revista Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 3, p. 150–163, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33871/23594381.2020.18.3.150-163>.

SANTOS, J. T. G.; ANDRADE, A. F. de. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. **Renote**, v. 18, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.106014>.

SILVA, M. G. L.; NEVES, L. S. **Instrumentação para o ensino de química I**. Natal: EDUFRN, 2006.

SILVA, M.C.E.S.; ATAIDE, B. V. C. As metodologias de ensino de ciências: contribuições da experimentação e da história e filosofia da ciência. **Holos**, [s. l.], v. 4, p. 171–181, 2011.

TOLEDO, K. C.; DOS SANTOS, B. M.; RIZZATTI, I. M. O uso da impressora 3d na construção de geometrias moleculares como uma proposta didática no ensino de química, adaptado para pessoas com deficiência visual. *In: VI Congresso Nacional de Educação (VI CONEDU)*, Fortaleza, CE, Editora Realize, Brasil. 2019.

TOLEDO, K. C.; RIZZATTI, I. M. Modelos atômicos e a impressora 3D: proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais no ensino de química. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 2, 2021.