MANUFATURA ADITIVA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DE CORTES E SEÇÕES EM DESENHO TÉCNICO MECÂNICO

Nicolly Rodovalho da Costa, Victor Santos Pinheiro, Marcelo Chagas

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cachoeiro de Itapemirim, Rodovia ES-482, Fazenda Morro Grande, 29311-970 - Cachoeiro de Itapemirim - ES, Brasil, victorpinheiro584@gmail.com, nicollyrodovalho@gmail.com , marcelo.chagas@ifes.edu.br

Resumo:
O domínio das representações ortográficas e a aplicação de cortes e seções são fundamentais para a formação técnica em mecânica. No entanto, a transição do espaço tridimensional para o plano bidimensional impõe desafios à visão espacial dos estudantes, especialmente na interpretação de geometrias internas ocultas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a fabricação por manufatura aditiva (FDM) de modelos físicos com características de componentes mecânicos seccionados para o ensino de cortes e seções. As peças foram projetadas no software CAD SolidEdge (versão acadêmica), impressas em filamento ABS e tiveram as superfícies de corte pintadas manualmente para destaque visual. Os modelos foram destinados ao uso em aulas do curso Técnico em Mecânica por meio de metodologias ativas e trabalho em equipe. Os resultados demonstraram que a manipulação tátil direta e a possibilidade de separar os componentes facilitaram a correta correlação entre o plano de corte e a área a ser hachurada no desenho técnico bidimensional. A abordagem promoveu discussões técnicas, reduziu barreiras cognitivas e elevou a autonomia na representação gráfica.

Palavras-chave: Metodologias Ativas. Projeções Ortogonais. Visão Espacial.

Área do Conhecimento: Engenharia Mecânica.

Introdução:

A linguagem gráfica normatizada constitui a ferramenta basilar para a comunicação técnica e para a integração com processos industriais, atuando como o meio direto e sem ambiguidades entre a concepção do projeto e a sua fabricação prática (SILVA et al., 2023). No contexto da formação técnica voltada à engenharia e à mecânica, o domínio das representações ortográficas e a aplicação de cortes e seções são fundamentais, pois estabelecem os princípios para mapear geometrias complexas e evidenciar detalhes internos ocultos sobre planos de projeção padronizados (LEAKE; BORGERSON, 2015; ABNT, 2022).

Entretanto, a assimilação desse conteúdo depende criticamente do desenvolvimento da visão espacial, competência cognitiva que envolve habilidades de rotação mental, percepção de profundidade e abstração geométrica, frequentemente pouco estimuladas nas etapas de ensino básico (PEIXOTO, 2004; VALE, 2021). A transição direta de modelos teóricos abstratos bidimensionais para a interpretação de vistas técnicas com hachuras e planos de corte costuma gerar dificuldades substanciais de aprendizagem e distorções na interpretação de projetos (OLIVEIRA, 2016).

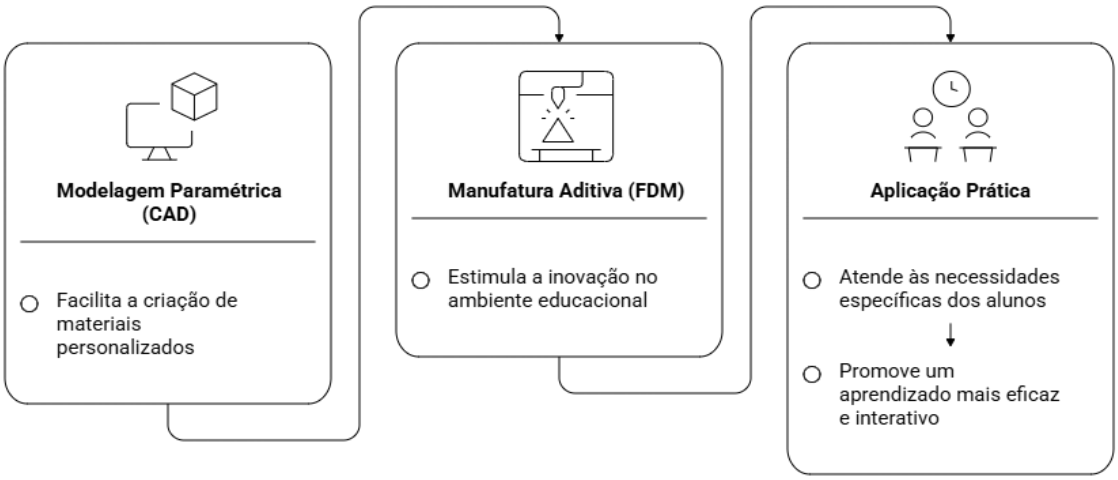
Para mitigar esses entraves, a literatura aponta a eficácia de metodologias ativas voltadas à experimentação prática, descoberta e resolução colaborativa de problemas (BACICH; MORAN, 2018; BACICH, 2024). O emprego de modelos físicos tridimensionais fabricados por tecnologias computacionais favorece a estruturação do raciocínio espacial ao possibilitar a manipulação tátil direta dos elementos antes da formalização do desenho técnico (MATOS et al., 2020).

Nesse cenário, este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e a aplicação didática de um conjunto de materiais voltados ao ensino de cortes (total com e sem nervura, parcial, com desvio, meio corte) e seções, integrando modelos geométricos fabricados por manufatura aditiva por Modelagem por Fusão e Deposição (FDM). A proposta busca articular tecnologia educacional para potencializar o processo de ensino-aprendizagem, avaliando o impacto prático dessa abordagem no desenvolvimento da visão espacial de estudantes do Curso Técnico em Mecânica.

Metodologia:

O desenvolvimento do material didático integrou as etapas de projeto em ambiente computacional, preparação para manufatura aditiva e aplicação prática em atividades colaborativas de sala de aula. O procedimento completo seguiu uma sequência técnica estruturada em quatro fases principais, representadas no fluxograma da Figura 1: modelagem paramétrica (CAD), preparação para manufatura (fatiamento), fabricação utilizando manufatura aditiva (FDM) e aplicação didática em bancada com os estudantes.

Figura 1 - Fluxograma do processo de desenvolvimento dos modelos didáticos.

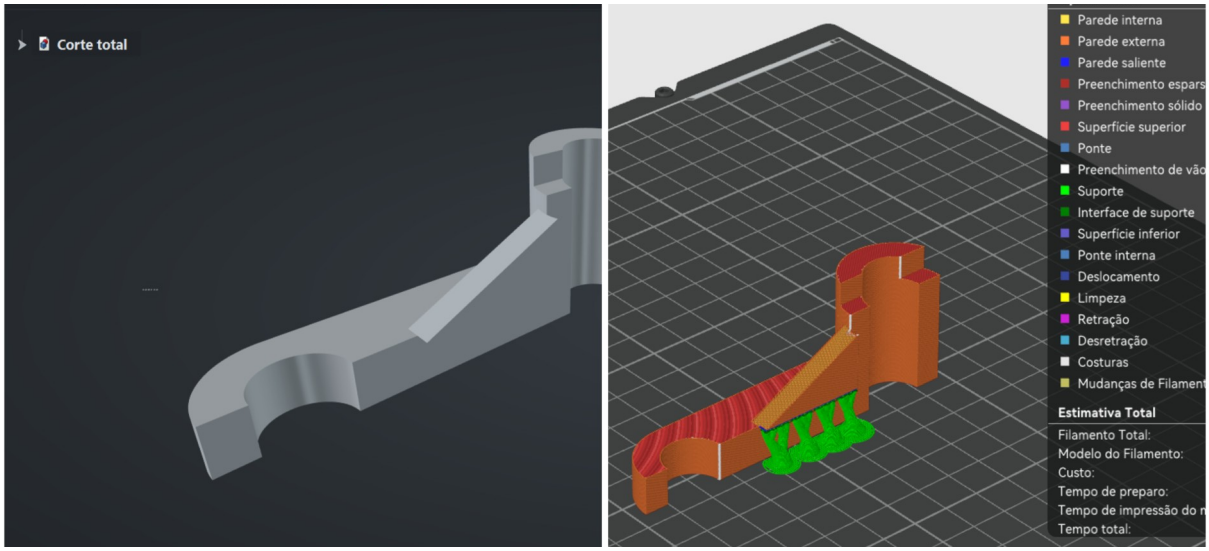


Fonte: Autor (2026).

A concepção geométrica baseou-se nos exercícios conceituais de Leake e Borgerson (2015), selecionando-se elementos mecânicos padronizados (como furos passantes, rebaixos, planos inclinados e concordâncias circulares) organizados com complexidade gradativa. A modelagem tridimensional foi conduzida no software SolidEdge 2024 (versão acadêmica), com foco no desenvolvimento de recursos internos específicos para o ensino de cortes e seções, fundamentais para a visualização de detalhes não visíveis, atendendo aos requisitos normativos da ABNT NBR 17067 (ABNT, 2022).

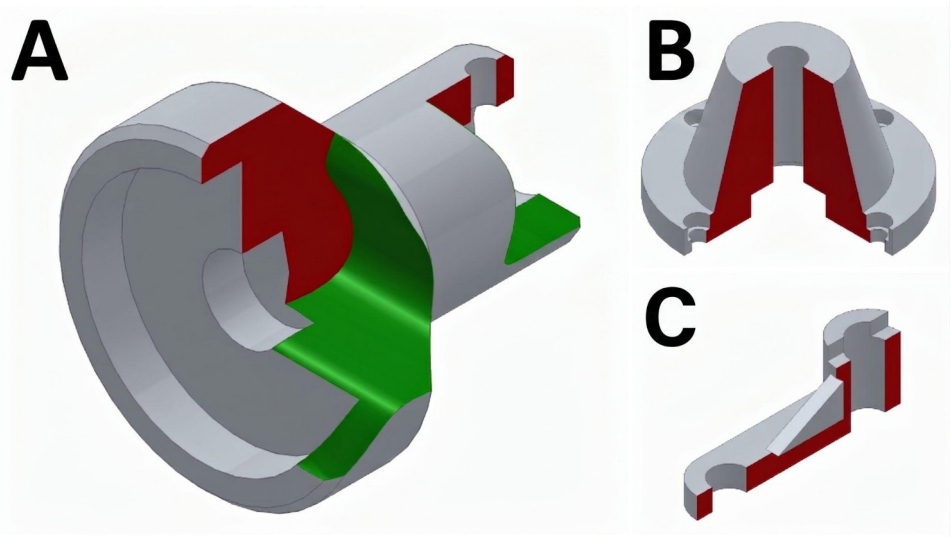
As geometrias foram exportadas no formato STL (Standard Tessellation Language) e importadas no software de fatiamento Creality Print 7.1 para parametrização de camadas e geração do código G (instruções de máquina). A Figura 2 apresenta a interface de modelagem paramétrica de uma das peças e a posterior etapa de geração de camadas com suportes. Para facilitar a diferenciação visual durante a aplicação pedagógica, os planos de corte e as superfícies hachuradas foram destacados digitalmente no projeto, conforme exemplificado na composição da Figura 3.

Figura 2 - Etapas computacionais de desenvolvimento no SolidEdge e Creality Print.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Figura 3 - Modelos tridimensionais produzidos: (A) Corte parcial; (B) Meio corte; (C) Corte total.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A fabricação física das peças foi realizada por meio de uma impressora 3D operando por FDM, utilizando filamento de Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS). O material foi selecionado devido à sua elevada resistência ao impacto e estabilidade dimensional para o manuseio contínuo em bancada. Os parâmetros configurados contemplaram altura de camada de 0,2 mm e densidade de preenchimento (infill) de 40%, assegurando integridade mecânica com tempo otimizado de fabricação. Após a impressão, as superfícies correspondentes às seções cortadas receberam pintura manual com tinta acrílica para reforçar o contraste visual.

A intervenção prática envolveu turmas do Curso Técnico em Mecânica organizadas em grupos colaborativos. Os estudantes receberam os modelos físicos bipartidos ou fracionados e foram desafiados a correlacionar a peça real com as regras de representação de linhas de corte, hachuras e omissão de corte (como em nervuras) estabelecidas na ABNT NBR 17006 (ABNT, 2021). A avaliação

ocorreu de forma qualitativa e formativa, acompanhando a evolução dos alunos na autonomia e no raciocínio espacial ao longo dos exercícios

Resultados:
A etapa de fabricação r:esultou na obtenção física bem-sucedida dos modelos tridimensionais, apresentando excelente acabamento superficial, precisão geométrica e rigidez mecânica adequada para manipulação contínua. As peças produzidas materializaram com sucesso os conceitos abstratos de planos de corte e seções, permitindo o encaixe e desencaixe manual das frações para expor perfeitamente o interior dos sólidos, conforme apresentado no conjunto completo da Figura 4.

Figura 4 - Conjunto completo dos modelos mecânicos fabricados via manufatura aditiva (FDM).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Durante a intervenção pedagógica, os grupos de estudantes conseguiram analisar, discutir e desenhar as projeções com a aplicação de cortes de 6 a 8 modelos distintos em uma sessão de 50 minutos. A possibilidade de rotacionar e separar fisicamente as frações das peças permitiu aos alunos correlacionar de forma imediata onde a linha de corte idealizada "passava" no sólido tridimensional com a área a ser hachurada no plano bidimensional do papel.

Observou-se uma evolução qualitativa substancial no decorrer da atividade. Inicialmente, as equipes apresentavam dificuldades em diferenciar as linhas tracejadas de contornos ocultos da representação em corte propriamente dita (que transforma arestas ocultas em linhas cheias visíveis após a remoção imaginária de uma parte do objeto). À medida que progrediam para os modelos de meio corte e corte parcial, os discentes demonstraram maior autonomia na determinação da vista principal em corte e na correta aplicação de normas de desenho técnico (ABNT NBR 17006 e NBR 17067), eliminando linhas tracejadas desnecessárias nas vistas cortadas.

Discussão:
Os resultados obtidos corroboram os preceitos teóricos de Bacich e Moran (2018), os quais enfatizam que as metodologias ativas potencializam a aprendizagem ao estruturarem o ensino por meio da descoberta e da resolução colaborativa de problemas. A manipulação física direta dos modelos seccionados atuou como um elemento mediador fundamental, permitindo que os estudantes realizassem a transição concreta entre o sólido maciço e o seu interior. Essa abordagem reduziu

significativamente a barreira cognitiva apontada por Vale (2021) e Peixoto (2004) a respeito das dificuldades inerentes ao desenvolvimento da visão espacial para a interpretação de geometrias internas complexas.

A interação em equipe revelou-se determinante para a construção coletiva do conhecimento técnico. Conforme postulado por Bacich (2024), rotinas estruturadas em grupo criam um ambiente propício para a validação conjunta de decisões. No contexto da atividade, isso refletiu-se em debates espontâneos entre os alunos sobre a orientação adequada das hachuras, a representação de furos concêntricos e a omissão de corte em elementos de travamento e simétricos (como nervuras), segundo as diretrizes da norma ABNT NBR 17067 (ABNT, 2022).

Sob a ótica da sustentabilidade e viabilidade no ambiente educacional, a produção de modelos em ABS por manufatura aditiva mostrou-se vantajosa em relação aos métodos tradicionais de usinagem ou moldagem. A tecnologia FDM reduziu o desperdício de insumos por meio do controle preciso do preenchimento interno (*infill* de 40%), gerando componentes duráveis a baixo custo (MATOS et al., 2020).

Apesar do impacto positivo observado no engajamento e na evolução conceitual dos alunos, a ausência de uma métrica quantitativa padronizada constitui a principal limitação deste trabalho. A avaliação qualitativa permitiu diagnosticar o ganho formativo em tempo real, contudo, estudos futuros devem incorporar instrumentos estatísticos e testes padronizados de raciocínio espacial (como o *Mental Rotation Test*) para mensurar formalmente o ganho de proficiência em desenho técnico mecânico antes e após a intervenção com os modelos físicos.

Conclusão:

A metodologia desenvolvida para o ensino de cortes e seções em desenho técnico mecânico demonstrou ser altamente eficaz na promoção do engajamento estudantil e no aprimoramento da compreensão conceitual da linguagem gráfica normatizada. A integração entre o processo de manufatura aditiva para a confecção de peças seccionadas (bipartidas e fracionadas) e a manipulação física direta em ambiente colaborativo proporcionou uma transição consistente entre a percepção espacial tridimensional e a representação técnica bidimensional com hachuras e linhas de corte.

A abordagem prática em grupo estimulou a autonomia dos alunos na determinação de vistas principais em corte, na eliminação de linhas ocultas desnecessárias e na correta aplicação de normas de desenho técnico, superando barreiras cognitivas recorrentes no ensino tradicional de geometrias internas complexas. Sob a perspectiva da sustentabilidade educacional, o uso da tecnologia FDM provou ser uma alternativa eficiente e de baixo desperdício para a produção de materiais didáticos customizados e de alta durabilidade. Embora a avaliação tenha ocorrido em caráter qualitativo e formativa, os resultados evidenciam a robustez e a viabilidade do uso desses modelos tridimensionais no ensino técnico e superior.

Como trabalhos futuros, propõe-se a expansão do acervo didático para a representação de seções e cortes aplicados a elementos de máquinas complexos e conjuntos montados, englobando eixos escalonados com rolamentos, acoplamentos mecânicos, mancais de deslizamento, rotores, engrenagens e componentes com rasgos de chaveta. Essa ampliação permitirá explorar convenções avançadas de desenho mecânico, como a omissão de corte longitudinal em elementos de fixação, meio corte em peças simétricas e cortes parciais para detalhes internos específicos, enriquecendo ainda mais a formação técnica voltada a projetos e manutenção industrial.

Referências:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17006**: Desenho técnico: requisitos para representação dos métodos de projeção. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17067**: Desenho técnico: requisitos para as especificidades das representações ortográficas. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BACICH, L. Rotinas de pensamento e seu potencial para uma aprendizagem mais profunda. **Inovação na Educação**, 15 abr. 2024. Disponível em: lilianbacich.com. Acesso em: 26 ago. 2026.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

LEAKE, J. M.; BORGERSON, J. L. **Manual de desenho técnico para engenharia**: desenho, modelagem e visualização. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

MATOS, M. A. R. et al. O uso da manufatura aditiva no desenvolvimento de ferramentas didáticas para o ensino de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 39, n. 1, p. 112-123, 2020.

OLIVEIRA, G. B. **Épura ao vídeo**: desenvolvimento e uso de um aplicativo para o trabalho com geometria descritiva. 2016. 111 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Educação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

PEIXOTO, V. V. **Estimulando a visão espacial em desenho técnico**. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Técnico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, A. et al. **Desenho técnico moderno**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.

VALE, M. Y. R. **Desenvolvimento da visão espacial por meio da prática do desenho técnico para estudantes do Curso de Edificações do Instituto Federal de Rondônia**. 2021. 125 f. Dissertação (Mestrado em Educação Escolar) – Núcleo de Ciências Humanas, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2021.

Agradecimentos

Este trabalho contou com financiamento da Fapes - Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo, por meio do Edital Fapes Nº 28/2022 - Universal.