

**MODELAGEM DE SISTEMAS ESTRUTURAIS COMO FERRAMENTA DIDÁTICO-
PEDAGÓGICA NO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL¹****STRUCTURAL SYSTEMS MODELING AS A DIDACTIC-PEDAGOGICAL TOOL
IN CIVIL ENGINEERING EDUCATION.**Elenilson Hermes Vieira de Oliveira²
Eduardo Moraes de Medeiros³**RESUMO:**

A impressão 3D vem ganhando espaço em vários setores da indústria devido sua versatilidade e à capacidade de imprimir camadas de material, como concreto, de maneira precisa e automatizada a partir de modelos virtuais. Neste trabalho, apresenta-se um breve histórico do desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D e uma discussão que mostra os desafios relacionados à sua aplicação dentro do Brasil. Destacou-se os principais benefícios dessa tecnologia e implementação no ensino brasileiro. A impressão 3D tem suas origens na década de 1980, onde métodos diferentes de manufatura aditiva foram criados e patenteados. Para o setor da engenharia civil, abrindo novas oportunidades de explorações em novas áreas, como a educação. O objetivo desta pesquisa é introduzir a impressão 3D como forma de facilitar a compreensão de conteúdos complexos que podem ser desafiadores para os alunos. Para atingir esse objetivo, um processo prático foi utilizado. Que consiste em quatro etapas distintas, que irá nortear o desenvolvimento da instrumentação necessária, as etapas se dão modelagem 3D do objeto utilizando o software Tinkercad, preparo e impressão do modelo 3D na impressora, moldagem de componentes estruturais, usando as fôrmas impressas, gerando como resultado um pórtico espacial, e arquivos com peças pré-modeladas prontas para impressão. Logo, pode-se concluir, que a integração da impressão 3D no ensino da Engenharia Civil oferece uma perspectiva promissora para aprimorar a formação acadêmica, capacitando os alunos para enfrentar desafios práticos no campo da engenharia.

Palavras-chave: Impressão 3D; Engenharia Civil; Modelagem digital; Ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

3D printing has been gaining ground in various industrial sectors due to its versatility and ability to print layers of material, such as concrete, precisely and automatically from virtual models. This work presents a brief history of the development of 3D printing technology and a discussion highlighting the challenges related to its application in Brazil. The main benefits of this technology and its implementation in Brazilian education are emphasized. 3D printing originated in the 1980s, when different additive manufacturing methods were created and patented. For the civil engineering sector, this opened new opportunities for exploration in new areas, such as education. The objective of this research is to introduce 3D printing as a way to facilitate the understanding of complex content that can be challenging for students. To achieve this objective, a practical process was used. This process consists of four distinct stages that will guide the development of the necessary instrumentation. The stages involve 3D modeling of the object using Tinkercad software, preparation and printing of the 3D model on the printer, molding of structural components using the printed molds, resulting in a spatial frame, and files with pre-modeled parts ready for printing. Therefore, it can be concluded that the integration of 3D printing into Civil Engineering education offers a promising perspective for improving academic training, enabling students to face practical challenges in the field of engineering.

Keywords: 3D printing; Civil Engineering; Digital modeling; Teaching-learning.

¹ Trabalho de Conclusão de Curso apresentado/defendido ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, no dia 09 de dezembro de 2025, como requisito parcial para obtenção do título de Graduado junto a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

² Orientando do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/8868857781928168>. E-mail: elenilson.oliveira@alunos.ufersa.edu.br.

³ Orientador do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/7696115928204611>. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-2509-5638>. E-mail: eduardomoraes.eng@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Vivemos hoje na era da Informação, em que a tecnologia faz parte do nosso dia a dia e transforma diferentes áreas, incluindo a Engenharia Civil. Antes marcada por métodos mais artesanais, teve um avanço tecnológico significativo com o surgimento da impressão 3D. Essa tecnologia surgiu na década de 1980 e foi patenteado em 1986 (FF Solutions, 2024), e desde então, vem crescendo e se popularizando.

Atualmente, a impressão 3D está presente em praticamente todas as áreas da ciência, contribuindo para o desenvolvimento de cada uma delas, no qual a partir de um modelo digital, é possível criar objetos tridimensionais de diversas formas e complexidades.

Na construção civil, destaca-se o concrete printing, desenvolvido pela Loughborough University. Essa técnica representa um avanço importante ao utilizar a extrusão de argamassa e cimento para imprimir estruturas diretamente no local da obra. Fazendo com que não seja necessário que as construtoras fabriquem moldes convencionais, gerando economia de tempo, dinheiro e energia.

Como exemplo desse avanço, em 2020, no Brasil, três engenheiros da empresa 3DHomeConstruction atualmente incorporada à 4constru, sediada em Natal no Rio Grande do Norte(RN), alcançaram um marco importante ao produzir a primeira casa construída por impressão 3D no país. A edificação foi realizada no município de Macaíba, também localizada no RN. O projeto teve seu início em 2017 como projeto de graduação na Universidade Potiguar e foi realizado em colaboração com a empresa InovaHouse3D, com sede em Brasília DF (Martinelli, 2020). A impressora empregada no projeto apresentava um volume de impressão de grandes proporções, alcançando 3 metros de altura, 7,6 metros de largura e 12 metros de comprimento. Com essas dimensões, o equipamento era capaz de executar a construção de uma residência com área de até 200 m².

Por outro lado, esse avanço tecnológico além de impactar diretamente a indústria da construção, também contribui no ambiente educacional. Nesse contexto no curso da Engenharia Civil, o uso da impressora 3D aproxima teoria e prática, facilita a compreensão de conceitos e ajuda a preparar melhor os futuros profissionais para os desafios atuais.

Complementando essa perspectiva, vale destacar que o uso de novas tecnologias no âmbito educacional, permite o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem por meio do desenvolvimento de novas metodologias, como destacam Alves, Schimiguel e Araújo, (2013), essas metodologias são fundamentais, pois oferecem, aos estudantes mais

oportunidades de aprender de forma eficiente e significativa. Nesse cenário essa tecnologia viabiliza a criação de modelos de objetos sólidos em camadas aditivas, a partir de desenhos digitais concebidos em softwares como CAD (Santos, Loures e Piechnicki, 2017). Possibilitando, por exemplo, a elaboração de maquetes e protótipos que auxiliam diretamente o processo de aprendizagem em sala de aula.

A literatura recente tem demonstrado que a impressão 3D ocupa um papel crescente no ensino de Engenharia Civil, especialmente por sua capacidade de transformar conceitos abstratos em representações físicas de fácil compreensão. Nesse contexto, Machado, Sousa e Capibaribe (2024) mostraram que o uso de modelos tridimensionais contribui significativamente para melhorar a visualização espacial de elementos estruturais, tornando o processo de aprendizagem mais intuitivo e eficiente.

De forma complementar, Figueiredo e Cesar (2022) destacam que a impressão 3D, impulsionada pela Indústria 4.0, amplia o potencial de prototipagem educacional, reduzindo erros recorrentes em métodos tradicionais e oferecendo maior interação entre aluno e conteúdo. Já Rodrigues Júnior (2020) amplia essa perspectiva ao integrar impressão 3D com realidade aumentada, demonstrando que a interação tridimensional digitalizada facilita a assimilação de conteúdos complexos e estimula a aprendizagem ativa entre estudantes do ensino médio e superior.

Assim como outros pesquisadores que investigam o uso da impressão 3D no ensino de Engenharia Civil, Camargo e Cabral (2023) concluíram que a tecnologia representa um recurso eficiente para melhorar a compreensão estrutural e promover experiências práticas de aprendizagem. Os autores enfatizam que a criação de modelos físicos facilita a associação entre teoria e prática, além de oferecer uma abordagem pedagógica acessível, dinâmica e alinhada às demandas tecnológicas da área. Esse estudo reforça a relevância de integrar ferramentas digitais e manufatura aditiva como estratégias para aprimorar o ensino de conteúdos

Essas contribuições demonstram que a impressão 3D, isoladamente ou combinada a outras tecnologias, tem se mostrado uma ferramenta relevante para aprimorar o ensino, justificando sua adoção como recurso pedagógico em diferentes disciplinas da Engenharia Civil.

Apesar desses avanços, no cenário do ensino tradicional, especialmente no ensino superior brasileiro, o estudo das estruturas ainda apresenta um forte enfoque teórico, com pouca aplicação prática. As metodologias empregadas frequentemente refletem as típicas aulas expositivas, caracterizada pela comunicação unidirecional do conteúdo, estudo individualizado

e posterior avaliação, como destacado por Zanetti Neto (2019). Essa abordagem limita a vivência prática dos estudantes e dificulta a compreensão de conceitos estruturais mais complexos.

Dessa forma, ao analisar ensino tradicional, não se pode ignorar um dos grandes problemas enfrentados atualmente pela Engenharia Civil: a alta evasão de alunos do curso. Em 2015, o curso contava com aproximadamente 358 mil estudantes, hoje, esse número caiu para cerca de 172 mil, uma redução de 51%, conforme dados do Mapa do Ensino Superior do Instituto Semesp (2025). Essa queda é resultado de vários fatores. O primeiro deles é que a carreira de engenheiro civil já não oferece bons salários de décadas passadas. Além disso, o grau de dificuldade das disciplinas de exatas leva muitos alunos desistirem ainda nos primeiros semestres.

Apesar das explicações excelentes, o conteúdo complexo dessas disciplinas surge da sua interação com situações do mundo real, lidando em específico com exemplos tridimensionais, o que pode ser difícil de captar somente através de descrições verbais ou desenhos em duas dimensões. Por esse motivo, é interessante buscar recursos e técnicas que facilitem a representação desses fenômenos e situações de maneira mais realista, é aí que a impressão 3D se destaca, permitindo que os alunos manipulem fisicamente os elementos estudados em sala de aula e estabeleçam uma conexão direta entre teoria e a prática.

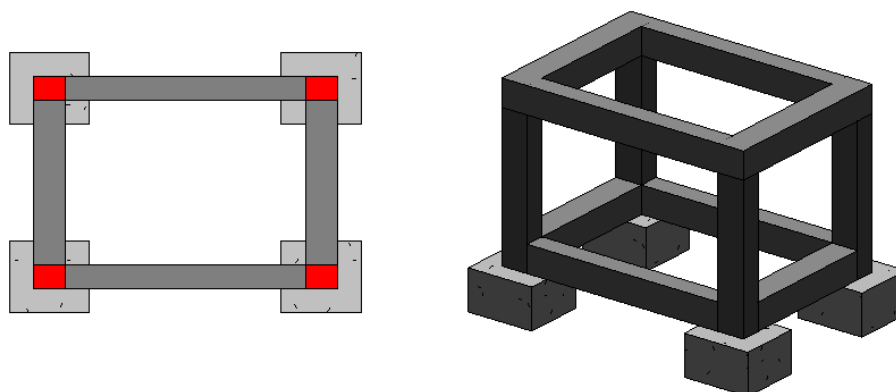
Diante desse cenário, este trabalho propõe a utilização da impressão 3D como suporte ao ensino-aprendizagem de conteúdos ministrados na Engenharia Civil, buscando reduzir a complexidade percebida pelos alunos e aproximar a teoria da prática por meio de instrumentos didáticos físicos. Para isso, a pesquisa envolve o desenvolvimento de modelos tridimensionais produzidos no software Tinkercad, a seleção das melhores configurações e materiais de impressão mediante testes preliminares, e a fabricação das peças que serão aplicadas nas disciplinas do curso de Engenharia Civil. Dessa forma, espera-se contribuir para a melhoria do processo de aprendizagem, oferecendo recursos que favoreçam a visualização, a interação e a compreensão dos conceitos abordados.

2. METODOLOGIA

A natureza deste estudo tem caráter qualitativo, pois ao longo do mesmo, espera-se analisar o processo de modelagem 3D, detalhando cada passo desse processo de desenvolvimento de elementos estruturais como fundações, vigas e pilares. As etapas se encontram na Figura 2 e serão explicadas a seguir. Com o intuito de produzir, ao final dela, um

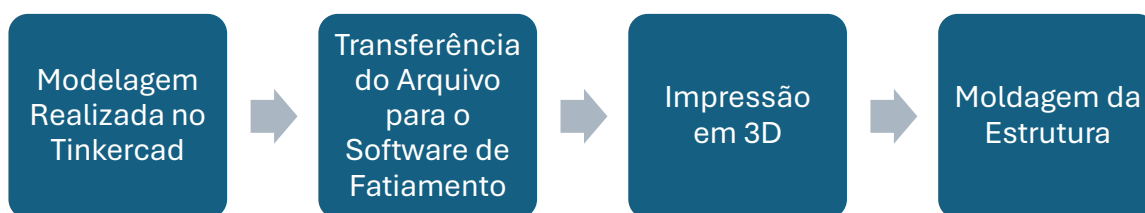
produto que sirva para fins didáticos. Neste trabalho foi buscado desenvolver um pórtico espacial conforme a Figura 1.

Figura 1 – Pórtico espacial em 3D.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 2 – Etapas do processo da impressão 3D



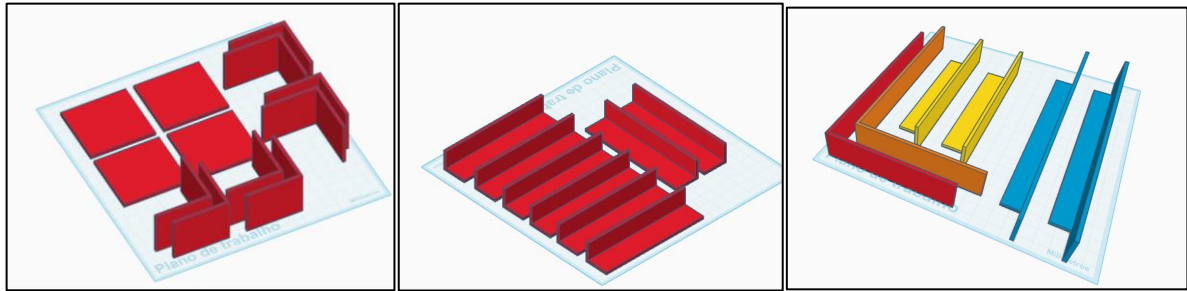
Fonte: Autoria própria, 2025.

O processo de desenvolvimento e produção desses elementos é dividido em algumas etapas que asseguram a qualidade do produto criado, quando elas permitem a rastreabilidade de possíveis erros ocasionais e a resolução deles.

- **Modelagem realizada no Tinkercad**

Nesta etapa, os elementos de interesse da pesquisa foram pensados, desenvolvidos e modelados no Software Tinkercad. A escolha desse software, por sua vez, ocorreu por ser uma ferramenta gratuita e de fácil utilização, permitindo a criação de formatos geométricos semelhantes aos elementos estruturais utilizados em obras. Além disso, vale ressaltar que o desenvolvimento das peças deve ser realizado de modo que todas as peças sejam dispostas juntas na mesa de impressão e posteriormente separadas individualmente, evitando erros durante o processo. Essa organização, conforme será apresentada na Figura 3, garante maior precisão e eficiência na produção dos modelos.

Figura 3 – Modelagem dos blocos de fundação, pilares e vigas no Tinkercad.



Fonte: Autoria própria (2025).

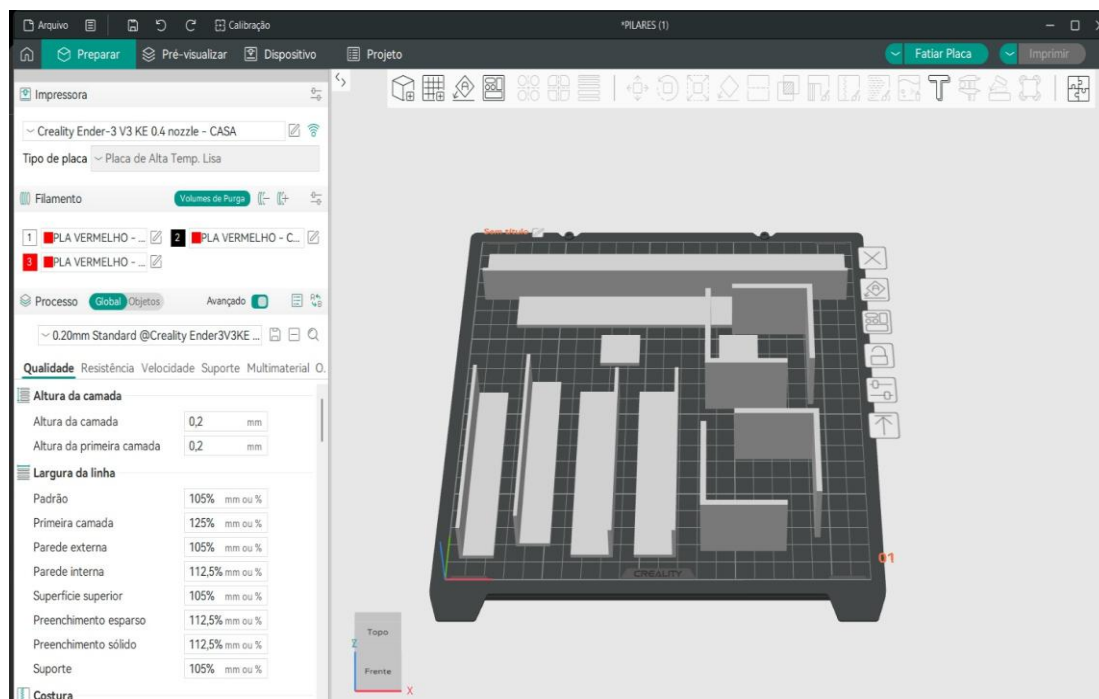
Após a modelagem dos componentes, os arquivos das peças foram exportados para o formato **Standard Tessellation Language (.STL)**. Esse formato é padrão, no entanto, a impressora utilizada tem a capacidade de ler arquivos também em outros formatos, como por exemplo STEP e 3MF. No caso específico do formato STL, o modelo é representado por meio de uma malha triangular. A densidade dessa malha, por sua vez, é responsável por determinar tanto o grau de precisão do modelo quanto o consumo de espaço de armazenamento. Consequentemente, pode gerar lentidão no computador em casos de arquivos muito densos e pesados.

- **Transferência do arquivo para o Software de fatiamento**

Durante o processo de transferência para o Software de fatiamento, o arquivo STL é processado, sendo “fatiado” pelo programa de fatiamento Orca Slicer, que gera um arquivo em formato G-code. Esse programa é responsável por dar os comandos para que a impressão seja realizada. O G-code é uma linguagem de programação capaz de instruir a impressora a se mover de forma a imprimir os objetos desejados, por exemplo, como o filamento deve passar pelo processo de extrusão, espessura e o formato do preenchimento, bem como a velocidade de impressão. Após a criação do arquivo G-code, inicia-se a etapa de configuração da máquina que será utilizada, mediante a inserção do arquivo no dispositivo de controle da impressora.

A impressora utilizada para a criação dos protótipos foi a **Ender 3 V3 KE**, um equipamento de custo médio em comparação às demais opções do mercado e que, por meio de uma interface de fácil utilização, oferece ao usuário configurações que variam desde as mais simples até as mais avançadas. O modelo possui o limite de impressão com dimensões de **22 × 22 × 25 cm**. Enquanto os arquivos estavam armazenados no dispositivo de controle da impressora, foi necessária a organização deles para evitar que ficassem sobrepostos. Na Figura 4, é possível visualizar a interface da impressora, com algumas peças posicionadas no campo de visualização, bem como as configurações apresentadas no lado esquerdo da tela, que devem ser ajustadas antes de iniciar o processo de impressão.

Figura 4 – Interface da impressora.

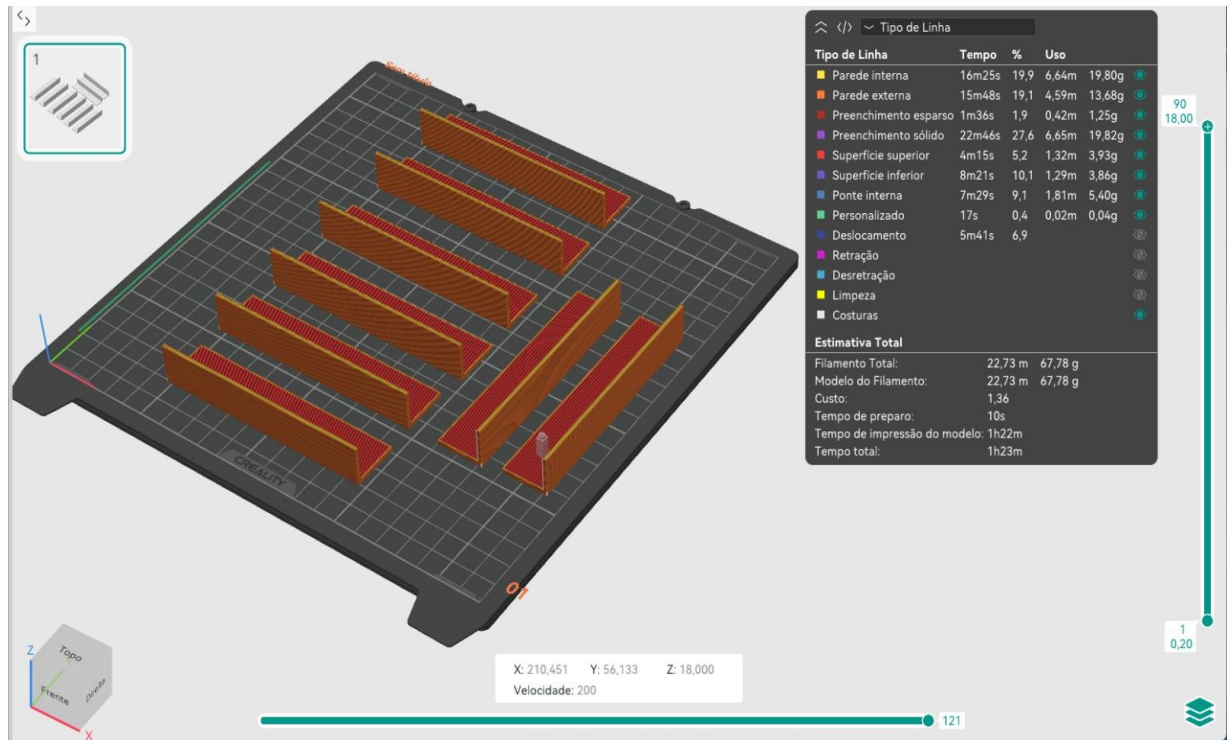


Fonte: Autoria própria (2025).

- **Impressão em 3D**

Quando iniciado o procedimento de extrusão dos componentes, é possível visualizar, na interface da impressora, diversas características técnicas do processo, como mostrado na Figura 5. Por exemplo, é possível verificar a quantidade total de filamento que será utilizada, bem como o tempo estimado para a conclusão completa da impressão.

Figura 5 – Características técnicas.



Fonte: Autoria própria (2025).

Encerrado o ciclo de extrusão da impressora, inicia-se o processo de remoção das peças do suporte, seguido dos acabamentos manuais, que envolve a limpeza de rebarbas geradas durante a impressão e a conferências de conformidade das peças, seus encaixes e a interação entre elas.

• Moldagem da estrutura

Com todos os moldes devidamente impressos, o procedimento seguinte consistiu na montagem e no preenchimento dos elementos com uma pasta composta por cimento que tinha disponível no laboratório CP-V (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial) e água, respeitando a ordem adequada de execução. Assim, iniciou-se pelos elementos de fundação, posteriormente pilares e vigas. É importante destacar que, assim como ocorre em elementos estruturais em escala real, os modelos em escala reduzida também devem possuir uma ancoragem que permita a conexão entre as peças, evitando que permaneçam soltas. Para isso, foram utilizados vergalhões de aço de 5 mm de diâmetro, responsáveis por conectar as vigas aos pilares.

No primeiro dia, realizou-se o preenchimento do bloco de fundação e, durante as 24 horas seguintes, aguardou-se o período de cura inicial da pasta. No dia seguinte, efetuou-se a desforma do bloco e, logo acima dele, procedeu-se à instalação das formas que representam a

viga baldrame. Após mais 24 horas, o processo foi repetido e, então, iniciou-se a montagem das formas correspondentes aos pilares e vigas.

Como observação, destaca-se que o enchimento dos pilares e vigas foi executado simultaneamente, de modo a garantir maior resistência e estabilidade ao conjunto estrutural.

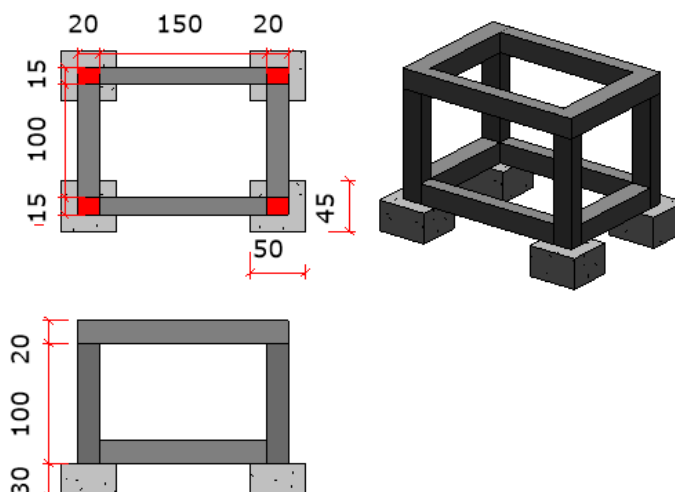
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os resultados detalhados das peças desenvolvidas com a utilização do software Tinkercad, bem como discussões aprofundadas acerca desses achados. Serão abordados aspectos como o desempenho dos protótipos, a eficácia das peças preenchidas com pasta de cimento e água, a interação entre os componentes do sistema e as melhorias identificadas durante a fase de testes, além das possíveis contribuições para o aprimoramento do ensino e da aprendizagem no curso de Engenharia Civil. Cabe ressaltar que foi adotada uma proporção reduzida dos protótipos, a fim de tornar sua execução e utilização viáveis.

3.1. Modelos dos protótipos

Os modelos foram desenvolvidos com base em estruturas reais, garantindo proporcionalidade e precisão nas representações. A Figura 6 apresenta o modelo digital elaborado no Software Revit, versão 2024, totalmente finalizado e representando a estrutura com suas dimensões reais em milímetros.

Figura 6 – Dimensões do pórtico espacial.

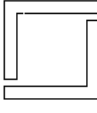
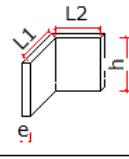
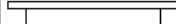
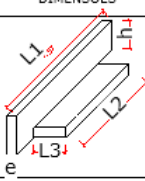
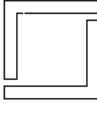
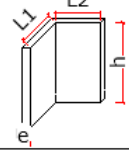
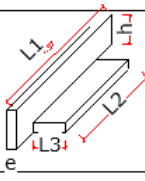
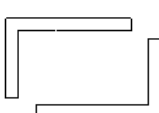
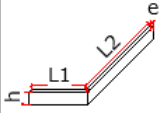


Fonte: Autoria própria (2025).

Ao todo, o projeto de modelagem contou com quatro blocos de fundação, quatro pilares e um conjunto de oito vigas, sendo quatro vigas baldrames e quatro vigas superiores.

Para a construção desse pórtico, foi necessário desenvolver formas que serviriam como moldes para simular a concretagem da estrutura. Dessa forma, com base em observações visuais, definiram-se as dimensões que garantem que a área interna mantenha as especificações previstas, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Dimensões das fôrmas.

BLOCO DE FUNDAÇÃO	DIMENSÕES	TAMANHO DO PROTÓTIPO (mm)	VIGA 1	DIMENSÕES	TAMANHO DO PROTÓTIPO (mm)
		L1 = 45			L1 = 190
		L2 = 50			L2 = 150
		h = 30			L3 = 15
		e = 2			h = 20, e = 2
PILAR			VIGA 2		
		L1 = 15			L1 = 130
		L2 = 20			L2 = 100
		h = 100			L3 = 20
		e = 2			h = 20, e = 2
PEÇA INTERNA DA VIGA					
		L1 = 98			
		L2 = 148			
		h = 20			
		e = 2			

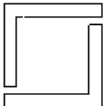
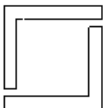
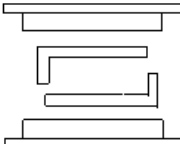
Fonte: Autoria própria (2025).

Como resultado, esse processo garantiu que as proporções fossem mantidas de acordo com os requisitos do projeto, proporcionando uma representação fiel e funcional das estruturas originais.

3.2. Processo de moldagem e custo-benefício

A impressão das peças estruturais apresentou resultados satisfatórios, sendo possível observar diversos aspectos relacionados à eficácia, à viabilidade e ao potencial educativo. Conforme mostrado na Figura 8, percebe-se que o custo-benefício é bastante favorável, uma vez que o consumo de material é reduzido, assim como o custo associado à quantidade utilizada.

Figura 8 – Parâmetros de custo, tempo e consumo total.

BLOCO DE FUNDAÇÃO	
	TEMPO DE IMPRESSÃO = 1h35m
	CONSUMO PLA (m) = 26,70
	CONSUMO PLA (g) = 79,62
	CUSTO APROXIMADO (R\$) = 7,96
PILAR	
	TEMPO DE IMPRESSÃO = 1h22m
	CONSUMO PLA (m) = 22,73
	CONSUMO PLA (g) = 67,78
	CUSTO APROXIMADO (R\$) = 6,78
CONJUNTO DA VIGA	
	TEMPO DE IMPRESSÃO = 1h22m
	CONSUMO PLA (m) = 25,34
	CONSUMO PLA (g) = 75,57
	CUSTO APROXIMADO (R\$) = 7,57

Fonte: Autoria própria (2025).

A partir desses resultados positivos, deu-se continuidade ao processo experimental seguindo a ordem construtiva típica da construção civil. Assim, realizou-se inicialmente a montagem da fôrma do bloco de fundação e, em seguida, o seu preenchimento com uma mistura de água e cimento, posicionando-se um vergalhão de cinco milímetros no centro para garantir a ligação com o pilar, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Montagem e preenchimento dos blocos de fundação.



Fonte: Autoria própria (2025).

Conforme ilustrado na Figura 9, utilizou-se fita adesiva para travar a fôrma, que foi preenchida com a pasta de água e cimento. O conjunto apresentou um comportamento satisfatório, não havendo qualquer vazamento de material durante o processo. Dando sequência ao procedimento construtivo, aplicou-se o mesmo método de travamento com fita adesiva nas fôrmas destinadas às vigas baldrames, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Montagem e preenchimento das vigas baldrames.



Fonte: Autoria própria (2025).

Na sequência do processo construtivo, a Figura 11 apresenta o procedimento de execução dos pilares e das vigas. Durante esse processo, ao tentar preencher os moldes separadamente, constatou-se um desempenho insatisfatório em termos de rigidez da estrutura. Observou-se que a execução simultânea desses elementos proporcionou maior estabilidade ao conjunto estrutural, estabelecendo uma ligação contínua entre bloco, baldrame, pilar e vigas, resultando em uma peça única, conforme demonstrado na Figura 11.

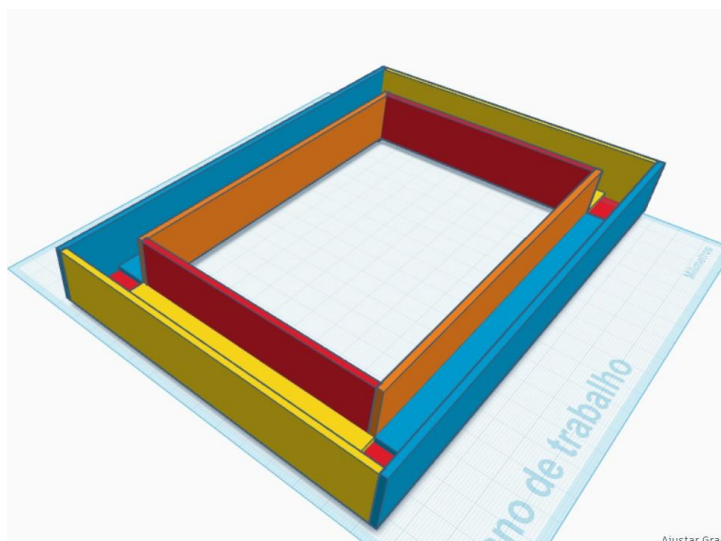
Figura 11 – Montagem e preenchimento dos pilares.



Fonte: Autoria própria (2025).

Quanto às vigas, o protótipo foi o componente que apresentou maior dificuldade na definição de seu formato, uma vez que diversas alternativas estavam disponíveis. Assim, diferentes modelos foram impressos e testados até que se chegasse ao formato final adotado, ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Formato final das vigas.



Fonte: Autoria própria (2025).

A qualidade desses componentes contribuiu significativamente para a eficiência operacional do sistema, possibilitando, a reutilização das peças, o que resulta em economia de matéria-prima e redução de custos.

3.2.1. Interação entre componentes

Ao analisar o funcionamento coletivo dos sistemas, foi realizada verificação visual e tátil da integração e comunicação entre componentes. A inspeção revelou uma interação harmoniosa entre os diferentes elementos da estrutura final. Observou-se uma eficaz conexão entre as partes que compõem o modelo estrutural, destacando a estabilidade do projeto, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Estrutura finalizada.



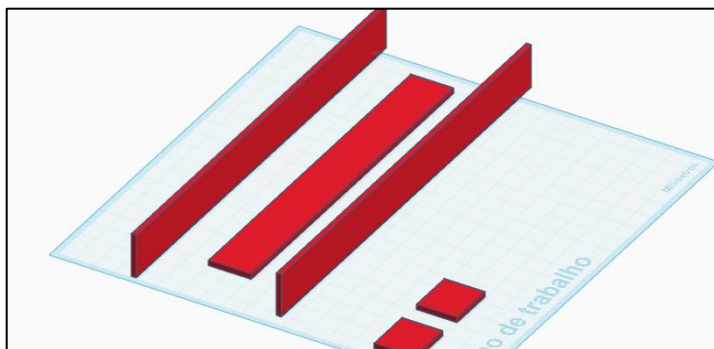
Fonte: Autoria própria (2025).

3.2.2. Melhorias identificadas durante a fase de teste

Os protótipos desenvolvidos apresentam boas características gerais, porém ainda oferecem oportunidades de melhorias e refinamentos do formato das peças. Essas otimizações podem resultar em uma apresentação mais polida, funcional e visualmente consistente, contribuindo para um desempenho ainda melhor do conjunto estrutural.

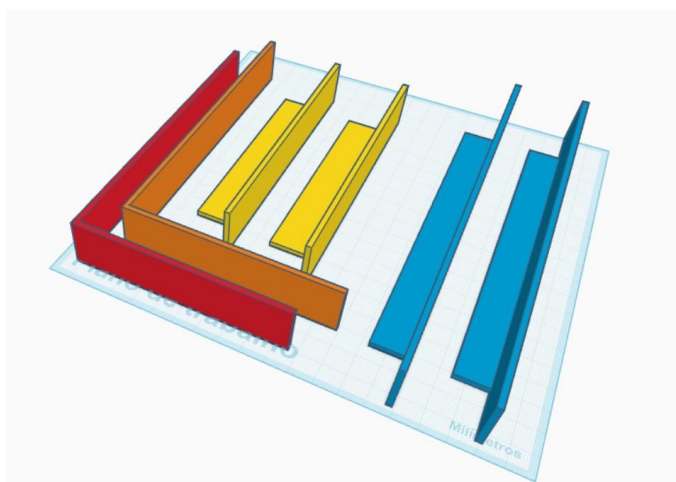
Além dessas possibilidades de aperfeiçoamento, durante o processo de desenvolvimento do sistema surgiram diversas dificuldades, especialmente relacionadas ao formato da viga. Inicialmente, ela era composta por três peças separadas que precisavam ser unidas para manter o formato da fôrma, como mostrado na Figura 14. Esse problema, no entanto, foi solucionado com a adoção de um novo desenho, composta por quatro peças em “L” e duas peças adicionais para o fechamento, conforme ilustra a Figura 15.

Figura 14 – Primeira versão da viga.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 15 –Última versão da viga.



Fonte: Autoria própria (2025).

Além disso, surgiram problemas de conexão entre as estruturas, que precisavam ser solucionados de modo a garantir estabilidade ao conjunto. Com as soluções implementadas, os protótipos desenvolvidos apresentaram resultados satisfatórios e evidenciaram o potencial da impressão 3D como ferramenta educacional. Desta forma, os modelos apresentados neste trabalho podem ser aplicados em diversas disciplinas da Engenharia Civil, enriquecendo o processo de ensino e aprendizagem, tornando-o mais interativo, visual e alinhado às demandas reais do ambiente profissional. Os modelos desenvolvidos podem ser utilizados, por exemplo, nas seguintes disciplinas, conforme ilustrado na Tabela 16.

Tabela 16 – Disciplinas para utilização dos protótipos.

DISCIPLINAS	POSSÍVEIS ÁREAS PARA IMPLEMENTAÇÃO
Tecnologia das Edificações	Auxiliar no entendimento dos processos construtivos, atuando como uma ponte entre o projeto digital e o objeto construído.
Materiais de Construções	Testar a resistência e diferentes dosagens para distintos materiais.
Estruturas de Concreto Armado	Definir modelos estruturais, demonstrar na prática o posicionamento das armaduras e explicar, de forma intuitiva, o comportamento estrutural.
Mecânica das Estruturas	Apresentar modelos estruturais em formato 3D, facilitando o entendimento teórico, além de montar “miniestruturas” para simular carregamentos simples.

Fonte: Autoria própria (2025).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância deste estudo reside na forma como a impressão 3D pode contribuir para suprir dificuldades no entendimento de conceitos estruturais mais complexos. Essa tecnologia tem potencial para tornar o aprendizado mais claro e acessível aos alunos, sobretudo por se tratar de um recurso de baixo custo, conforme discutido ao longo do trabalho.

Durante a montagem do pórtico, surgiram algumas dificuldades, como a necessidade de utilizar materiais auxiliares como cola e fita adesiva para travar as fôrmas, o que pode ocasionar demora na confecção das peças. Como sugestão de melhoria futura, recomenda-se procurar métodos alternativos de montagem, como por exemplo a adoção de encaixes. Essa abordagem pode facilitar ainda mais a montagem das peças.

Os instrumentos didáticos produzidos demonstram potencial para auxiliar o processo de aprendizagem, permitindo ao aluno visualizar detalhes que muitas vezes não ficam evidentes em plantas, cortes ou representações bidimensionais. Essa abordagem reforça a importância de métodos alternativos de ensino que aproximem o estudante da prática.

Portanto, conclui-se que a inserção da impressão 3D no ambiente acadêmico representa uma estratégia relevante e inovadora para aprimorar a formação do engenheiro civil. Essa abordagem inovadora proporciona uma compreensão mais aprofundada dos conceitos tornando o aprendizado mais dinâmico, acessível e alinhado às demandas tecnológicas atuais.

Para avançar em estudos futuros, é recomendável realizar a migração do software, migrando do Tinkercad para o Revit, pois mesmo o Tinkercad sendo de fácil utilização, o mesmo possui recursos limitados e dependendo da complexidade do material produzido ele acaba gerando erros nas dimensões escolhidas.

REFERÊNCIAS

ALVES, Israel Ferreira.; SCHIMIGUEL, Juliano; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. **Vantagens do uso de simuladores gráficos no curso de programação em CNC para alunos de Engenharia Mecânica.** Revista de Ensino de Engenharia, v. 32, n. 1, p. 31-42, 2013

BECA FIGUEIREDO, Beatriz; IGNÁCIO GIOCONDO CESAR, Francisco. **UM ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA IMPRESSORA 3D NA ENGENHARIA E NA MEDICINA.** RECISATEC - REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA - ISSN 2763-8405, [S. l.], v. 2, n. 1, p. e2170, 2022. DOI: 10.53612/recisatec.v2i1.70. Disponível em: <https://recisatec.com.br/recisatec/article/view/70>. Acesso em: 30 nov. 2025.

BESKO, Marcos ; BILYK, Claudio; SIEBEN, Priscila Gritten . Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. . Curitiba, 2017, p. 9 - 18. Disponível em: <chromeextension://efaidnbmninnibpcapjpcgclefindmkaj/https://www.opet.com.br/faculdade/revista-engenharias/pdf/n3/Artigo2-n3-Bilyk.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2025.

CAMARGO, K. R. L.; CABRAL, A. M. F. Impressão 3D como ferramenta pedagógica no ensino de Engenharia Civil. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 7, n. 4, p. 45–64, 2023.

FNE – Federação Nacional de Engenheiros. *Artigo – Engenharias sofrem com alta evasão em meio a contradições do mercado de trabalho e desvalorização profissional.* 03 set. 2025. Disponível em: <<https://www.fne.org.br/index.php/artigos/7436-artigo-engenharias-sofrem-com-alta-evasao-em-meio-a-contradicoes-do-mercado-de-trabalho-e-desvalorizacao-profissional>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

GARDNER, M., ALWI, A., KARAYIANNIS, S., et al. **Construktion, MegaScale 3D Printing.** University of Surrey, 2013.

JÚNIOR, A. S. R.; GOMES, G. J. da C.; BERTEGES, L. F. C.; PEREIRA, C. de S. S.; CARVALHO, C. V. de A. **Um material potencialmente significativo para o ensino da engenharia civil utilizando impressora 3D e realidade aumentada: uma experiência com alunos do ensino médio e do ensino superior / A potentially significant material for the teaching of civil engineering using 3D printer and augmented reality: an experience with students of high school and higher education.** **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 10855–10868, 2020. DOI: 10.34117/bjdvn3-091. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/7447>. Acesso em: 30 nov. 2025.

LEONEL, R. **A impressão 3D na indústria e engenharia: Nova forma de produzir protótipos reduz tempo e custo de manufatura.** CIMM. 2011. LIMA, C. B. Engenharia

Reversa e Prototipagem Rápida: Estudo de Casos. Dissertação (Mestrado). Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

MACHADO, Erick Rodrigues; SOUSA, Syllas Ferreira de; CAPIBARIBE, Augusto. Abordagens metodológicas no ensino de Engenharia Civil com impressão 3D. Revista FT, v. 28, ed. 130, 31 jan. 2024. Disponível em: <https://revistaft.com.br/abordagens-metodologicas-no-ensino-de-engenharia-civil-com-impressao-3d/>. Acesso em: 15 de nov. 2025.

MARTINELLI, J. **Brasil constrói sua primeira casa mode-lo impressa em 3D! 2020.** Disponível em: <https://www.inovahouse3D.com.br/post/brasil-constr%C3%B3i-sua-primeira-casa-modelo-impressa-em-3D>. Acesso em: 25 nov. 2025

NADES, MARTINS. **Ensaio em túnel de vento contribuem para conforto ambiental, 2018.** Disponível em: < <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/ensaio-em-tunel-de-vento-contribuem-para-conforto-ambiental/17002>> Acesso em: 26 nov.2025.

SANTOS, K.; LOURES, E.; PIECHNICKI, F. O Canciglieri, **Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0.** Procedia Manufacturing, 11:1358–1365, 2017.

VERASZTO, **INOVAÇÃO TECNOLÓGICA PARA A EDUCAÇÃO: UMA PROPOSTA DE APROPRIAÇÃO DE AMBIENTES TECNOLÓGICOS INTERATIVOS. 2013**

ZANETTI NETO, G. **Práticas de ensino, estratégias de avaliação. Apostila digital.** Vitória: Ifes, 2019. Disponível em: < epciencias.wordpress.com > Acesso em: 30 nov.2025.