

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ARQUITETURA: experiência didática da geração de imagens à impressão 3D

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ARQUITECTURA: experiencia didáctica de la generación de imágenes a la impresión 3D

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ARCHITECTURE: educational experience of generating 3D printed images

FELIPE, BÁRBARA L.

Doutora, Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e membro do grupo de pesquisa Alpendre – Pesquisa em Arquitetura e Inovação, barbara.felipe@ufrn.br

RESENDE, CAMILA CAVALCANTI

Doutora, Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba e membro do grupo de pesquisa Alpendre – Pesquisa em Arquitetura e Inovação, camila.resende@academico.ufpb.br

ANDRADE, DANIEL PAULO DE

Doutor, Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba e membro do grupo de pesquisa Alpendre – Pesquisa em Arquitetura e Inovação, daniel.andrade@academico.ufpb.br

RESUMO

Este artigo apresenta e discute os resultados de uma experiência pedagógica voltada ao uso da Inteligência Artificial em processos de concepção e desenvolvimento de projetos, realizada nos cursos de Arquitetura e Urbanismo de duas universidades federais brasileiras. O principal objetivo da proposta foi explorar as potencialidades da IA como parte integrante do fluxo projetual do desenvolvimento de um mobiliário, compreendendo as etapas que vão desde a geração de conceitos e imagens bidimensionais até a criação de modelos tridimensionais e a sua posterior prototipagem por meio da impressão 3D. A pesquisa, de caráter exploratório e abordagem experimental, propôs exercícios projetuais que permitiram observar, registrar e comparar qualitativamente os resultados obtidos pelos alunos, de modo a identificar variáveis e padrões no desempenho das ferramentas e na qualidade dos produtos gerados. Participaram da atividade dezesseis duplas de estudantes, responsáveis pela criação de peças de mobiliário baseadas em conceitos previamente definidos pelos docentes. Durante o processo, os discentes utilizaram diferentes plataformas de IA para a geração de imagens conceituais e, em seguida, converteram essas representações em modelos tridimensionais, posteriormente materializados como protótipos físicos por meio da fabricação aditiva. A experiência proporcionou uma reflexão crítica sobre o papel das novas tecnologias no ensino de projeto, destacando os desafios e as oportunidades do uso da IA no campo da arquitetura e do design contemporâneo.

PALAVRAS-CHAVE: inteligência artificial; geração de imagens; projetos de arquitetura; impressão 3D.

RESUMEN

Este artículo presenta y analiza los resultados de una experiencia pedagógica centrada en el uso de la inteligencia artificial en los procesos de concepción y desarrollo de proyectos, llevada a cabo en los cursos de Arquitectura y Urbanismo de dos universidades federales brasileñas. El objetivo principal de la propuesta era explorar el potencial de la IA como parte integrante del flujo de diseño del desarrollo de un mueble, comprendiendo las etapas que van desde la generación de conceptos e imágenes bidimensionales hasta la creación de modelos tridimensionales y su posterior prototipado mediante impresión 3D. La investigación, de carácter exploratorio y con enfoque experimental, propuso ejercicios de diseño que permitieron observar, registrar y comparar cualitativamente los resultados obtenidos por los alumnos, con el fin de identificar variables y patrones en el rendimiento de las herramientas y en la calidad de los productos generados. En la actividad participaron dieciséis parejas de estudiantes, responsables de crear piezas de mobiliario basadas en conceptos previamente definidos por los profesores. Durante el proceso, los alumnos utilizaron diferentes plataformas de IA para la generación de imágenes conceptuales y, a continuación, convirtieron estas representaciones en modelos tridimensionales, que posteriormente se materializaron como prototipos físicos mediante la fabricación aditiva. La experiencia proporcionó una reflexión crítica sobre el papel de las nuevas tecnologías en la enseñanza del diseño, destacando los retos y las oportunidades del uso de la IA.

PALABRAS-CLAVES: inteligencia artificial; generación de imágenes; proyectos de arquitectura; impresión 3D.

ABSTRACT

This article presents and discusses the results of a pedagogical experiment on the use of Artificial Intelligence in project design and development processes, conducted in the Architecture and Urbanism courses at two Brazilian federal universities. The main objective of the proposal was to explore the potential of AI as an integral part of the design flow for furniture development, spanning stages from concept generation and 2D image creation to 3D model creation and subsequent prototyping via 3D printing. The research, which was exploratory in nature and experimental in approach, proposed design exercises that allowed for the observation, recording, and qualitative comparison of students' results to identify variables and patterns in the performance of the tools and in the quality of the products generated. Sixteen pairs of students participated in the activity, responsible for creating pieces of furniture based on concepts previously defined by the teachers. During the process, the students used various AI platforms to generate conceptual images, which they then converted into three-dimensional models, which were later materialized as physical prototypes.



through additive manufacturing. The experience provided a critical reflection on the role of new technologies in design education, highlighting the challenges and opportunities of using AI.

KEYWORDS: artificial intelligence; image generation; architectural projects; 3D printing.

Recebido em: 03/12/2025

Aceito em: 16/07/2026

1 INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias de Inteligência Artificial (IA) transformou os processos de criação e fabricação no campo do design e da arquitetura na última década. Figoli, Mattioli e Rampino (2022) destacam a fase de concepção no processo de design, caracterizada pela transição da pesquisa para a geração de soluções criativas. Nessa etapa, o projetista consolida direções estéticas, funcionais e técnicas, utilizando ferramentas visuais, como *mood boards*, *storyboards*, paletas de cores, esboços e renderizações 2D e 3D. O autor ressalta que, embora cada profissional desenvolva um *modus operandi* singular, influenciado por sua formação, experiência e sensibilidade, a IA surge como um recurso capaz de potencializar e preservar essa individualidade, em vez de homogeneizá-la. Nesse sentido, aplicações de IA aplicadas à fase conceitual apresentam um potencial significativo para ampliar a criatividade, otimizar recursos e redefinir a forma como ideias de design são desenvolvidas (Figoli, Mattioli e Rampino, 2022).

Considerando este contexto, a geração de modelos tridimensionais por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, seja por modelos generativos ou de difusão, permite a exploração de novas linguagens formais e estéticas (Koh, 2024). Já a integração entre a IA e os processos de fabricação digital, especialmente a impressão 3D, vem ampliando as possibilidades de experimentação material e formal, aproximando a etapa conceitual do projeto de sua materialização física. A união dessas duas ferramentas redefine o papel do projetista como mediador entre o digital e o físico e instiga um novo paradigma de projeto e produção (Bernstein, 2022).

Sendo assim, este artigo se fundamentou nessa crescente integração entre a IA e métodos de prototipagem rápida na prática arquitetônica, portanto buscou ferramentas que modificam a forma como projetos são concebidos, visualizados e materializados. O trabalho procurou entender e avaliar essas tecnologias em dois componentes curriculares, a fim de compreender como os discentes podem desenvolver habilidades digitais, ampliar a criatividade e experimentar um processo de fabricação digital.

O artigo tem como objetivo principal relatar e analisar os resultados de duas experiências didáticas, que partem da criação de imagens por IA, passam pela transformação em modelos tridimensionais também com IA e finalizam na materialização por impressão 3D. A proposta buscou, de forma mais específica, explorar o potencial criativo da IA na concepção e na materialização de projetos de mobiliário. Na pesquisa, foram considerados os recursos disponíveis na Universidade Federal do Rio Grande do Norte e na Universidade Federal da Paraíba. Além disso, em ambas as instituições, foram utilizadas ferramentas gratuitas em todas as atividades realizadas.

A metodologia adotada neste trabalho segue a abordagem qualitativa e a pesquisa experimental (Creswell; Creswell, 2021), além da produção de protótipos (Akšamija, 2021). As atividades foram realizadas como parte de um componente curricular optativo nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e envolveram trinta e dois estudantes, dezesseis de cada universidade participante, organizados em duplas.

Os trabalhos analisados mostraram que o uso da ferramenta de IA pode ser um agente impulsionador do processo de aprendizado criativo do aluno, uma vez que permite, de maneira simples, experimentar, modificar e visualizar os modelos a partir da conversão dessas imagens em exemplares tridimensionais, também criados por IAs. Para além da tela do computador, foi possível ainda materializá-los por meio da impressora 3D, cumprindo a etapa de testes dos modelos na disciplina.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

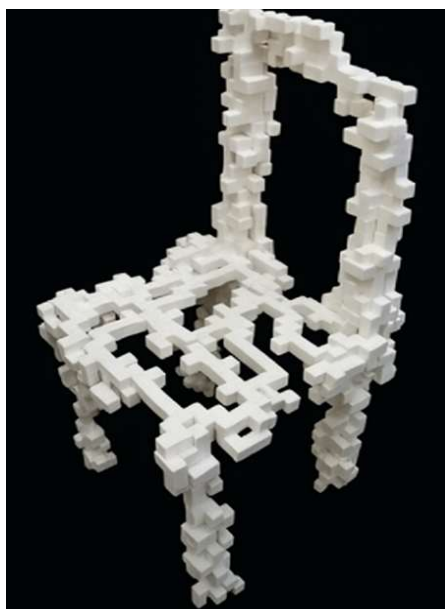
A Inteligência Artificial (IA) é um campo da ciência dedicado ao estudo e ao desenvolvimento de agentes inteligentes, capazes de analisar e executar tarefas complexas antes típicas da inteligência humana. De forma geral, o termo é aplicado quando uma máquina imita funções cognitivas humanas, como o aprendizado e a resolução de problemas. É preciso pontuar que a definição tradicional de que a IA busca fazer o que a mente humana pode fazer já é considerada obsoleta, pois a IA superou o desempenho humano em certas áreas, como no xadrez (Campo e Leach, 2022).

A IA contemporânea, especialmente, é baseada em algoritmos e redes neurais e inspirada na estrutura do cérebro humano, mas não é equivalente a ele. As primeiras versões de IA eram programadas, enquanto as mais recentes são sistemas que podem aprender e melhorar com o tempo, derivando soluções a partir de dados brutos, em vez de dependerem de regras pré-codificadas. Essa capacidade de aprender por exemplos, e não por soluções pré-programadas, representa um ponto-chave de evolução no atual estágio de avanço da IA (Campo e Leach, 2022).

Com a IA generativa, as máquinas reconhecem ou analisam dados e podem criar um conteúdo novo, a partir do existente. Um marco nessa área foi o desenvolvimento das redes generativas adversariais (GANs) em 2014, por Ian Goodfellow. As GANs operam com duas redes neurais em competição: um gerador, que produz novas imagens, e um discriminador, que as julga com base em um conjunto de dados de treinamento. Esse processo é análogo a um falsificador de arte tentando enganar um crítico; o discriminador rejeita as imagens geradas até que sua qualidade corresponda à do conjunto de dados original. Uma vez treinada, a rede geradora pode produzir imagens convincentes e inéditas (Campo; Leach, 2022), embora fortemente influenciadas pelo treinamento prévio. Experimentos como o *Chair Project de Schmitt e Weib* de 2018, que utilizou uma GAN treinada com 600 imagens de cadeiras icônicas do século XX, demonstram como a IA pode gerar composições (Figoli; Mattioli; Rampino, 2022).

Apesar do rápido avanço, a IA generativa enfrenta desafios significativos. Um dos principais pontos debatidos neste artigo é a dificuldade de traduzir imagens 2D em formas 3D de maneira direta e eficiente. Em 2022, Neil Leach argumentou que o principal desafio no uso de GANs reside em sua aplicação em domínios tridimensionais. Tal dificuldade não se limita à alta demanda de poder computacional, mas também à ausência de ferramentas adequadas para lidar com as complexidades do aprendizado de máquina em 3D. No aprendizado de máquina, a “*backpropagation*” é um processo fundamental que ajusta os pesos de uma rede neural ao propagar os erros de previsão para trás entre suas camadas, permitindo que o sistema se aproxime da resposta correta. Segundo Leach (2022), ele apresenta limitações quando se trata de três dimensões, pois as abordagens mais comuns para representar formas 3D são os “*voxels*” (“*píxel volumétrico*”) e as “*point clouds*” (nuvem de pontos), e seu processamento é feito em camadas. É possível, no entanto, voxelizar um modelo tridimensional e treinar uma rede neural para compreendê-lo, mas os modelos tendem a ser extremamente grandes e de baixa resolução (Leach, 2022).

Figura 1: Imagem de modelo com aspecto semelhante à cadeira impressa em 3D de Immanuel Koh em 2020



Fonte: Imagem gerada por inteligência artificial pelos autores, 2025, com base em Leach, 2022

Há também um debate sobre a natureza da criatividade da IA. Muitos especialistas argumentam que a IA atual opera principalmente por interpolação, criando conteúdo novo a partir da média ou da recombinação de dados existentes, em vez de extrapolação, que seria a geração de algo genuinamente novo fora do domínio do conjunto de dados (Bolojan, 2022). A criatividade observada nos dados produzidos pela IA pode ser comparada, na verdade, à interpretação criativa de um ser humano.

A IA, neste caso, opera em um “*latent space*”, conceito central nas GANs, representado por um vetor de ruído ou um vetor latente, que atua como semente, controlando o processo de geração de imagens. Cada componente deste vetor representa um eixo visual de informação, descrevendo conceitos do conjunto de dados, como o comprimento do cabelo em um retrato. Ao amostrar essa distribuição, o gerador é capaz de criar imagens variadas com diferentes combinações de características visuais. Além disso, é possível mapear imagens para suas representações latentes, modificar seus vetores e projetá-las novamente para realizar edições semânticas controladas. No entanto, como as dimensões do espaço latente tendem a ser correlacionadas e pouco independentes, a interpretação e a manipulação delas são dificultadas (Leach, 2022).

Os avanços em relação à geração de formas tridimensionais por IA se deram pela disponibilização de “espaços latentes customizados”, nos quais foi possível realizar transições suaves entre diferentes geometrias após o treinamento com conjuntos de dados 3D extensos. Um dos primeiros exemplos deste método foi o “*3D GAN ArChairecture*”, apresentado na Bienal de Arquitetura de Veneza em 2021, que demonstrou a capacidade de integrar formas e texturas a partir de modelos tridimensionais de cadeiras. Já o trabalho “*3D GAN ArChairteXture*”, realizado em 2022, aprofundou o conceito de “*latent walk sequence*” ao explorar a síntese entre espaços latentes. Já a série “*3D Diffusion ArChairTEXTure*”, produzida em 2023, desenvolvida para o Museu da Civilização Asiática de Cingapura, utilizou inversão textual para gerar bancos brancos inspirados em móveis antigos da coleção do museu (Koh, 2024). Segundo Koh (2024), modelos do chamado “*3D GAN*” exibem uma estética de desfiguração, enquanto as cadeiras geradas por “*3D Diffusion*” revelam uma estética “hipercubista”, ou seja, rejeitam a perspectiva cartesiana tradicional e criam uma quarta dimensão, ou uma “dobra espacial”.

Questões como a precisão e a confiabilidade dos modelos também são relevantes. Os resultados são fortemente influenciados pelos dados de treinamento, que podem conter vieses ou informações incompletas. Em aplicações práticas, como o planejamento urbano, há a tendência da IA gerar resultados enviesados em tarefas para as quais o banco de dados se mostra insuficiente, o que indica que a qualidade do conjunto de dados é importante para a execução da tarefa (Tian, 2020).

Dito isto, a atividade projetual pode ser influenciada pelo uso da IA generativa em suas diversas fases. Ela pode ser utilizada na criação de conceitos arquitetônicos por meio da geração de imagens. Arquitetos podem treinar as IAs com vastos conjuntos de dados de imagens, como obras de um arquiteto específico, edifícios históricos ou até mesmo elementos não arquitetônicos, para gerar imagens conceituais de arquitetura. Essa abordagem produz resultados que são “estranhos, mas familiares o suficiente” (Campo; Leach, 2022, p. 11), desafiando posições disciplinares e provocando novas trajetórias de aprendizado.

Outra perspectiva que se desvela é a da interação homem-máquina como forma de expansão da criatividade humana, uma vez que essa interação pode levar os arquitetos a explorar soluções até então não consideradas para um dado problema. A interação entre a inteligência humana e a da máquina cria um ciclo de feedback construtivo, no qual a capacidade humana de encontrar inspiração em erros e a sensibilidade para encontrar significado no espaço complementam o poder computacional da IA (Bolojan, 2022).

Modelos de IA podem ser treinados com imagens de satélite e dados GIS para mostrar o desenvolvimento contínuo de um terreno ao longo do tempo a partir de um conjunto de regras, como um plano diretor. Essa abordagem ajuda a prever padrões de desenvolvimento e a visualizar diferentes cenários, tornando o processo de planejamento mais dinâmico e acessível ao público (Tian, 2020).

O uso da IA para a criação de formas em 3D, seja por comando direto, seja por conversão de uma imagem em um modelo 3D e posterior fabricação do componente, pode ser um meio rápido e acessível de experimentar novas estruturas já na fase de concepção do projeto e será mais bem debatido no item seguinte deste artigo.

Historicamente, a arquitetura tem sido dominada pelo protagonismo da visão, desde as normativas estilísticas de Vitruvius até a célebre definição de Le Corbusier da arquitetura como “o jogo sábio, correto e magnífico dos volumes dispostos sob a luz”. A utilização de modelos físicos desafia essa hegemonia, deslocando o foco do par visão-forma para o par sentidos-experiência (Tramontano; Pereira Júnior, 2015). A tradução de conceitos visuais em modelos físicos permite uma compreensão mais profunda e multifacetada do espaço projetado, superando as limitações da representação puramente digital ou bidimensional. Os modelos físicos, especialmente os produzidos por meio de fabricação digital, oferecem uma experiência rápida, tangível e sensorial que enriquece o processo de aprendizagem e de projeto (Tramontano; Pereira Júnior, 2015; Al Ruheili; Al Hajri, 2021).

Este processo pode ser uma estratégia de ensino de projeto para futuros arquitetos, promovendo uma investigação com ênfase na experiência espacial (Sperling; Vandier; Scheeren, 2015). A transformação das

ideias em modelos físicos contribui significativamente para a melhor compreensão e visualização dos espaços, a antecipação de questões construtivas, o estímulo à criatividade e ao detalhamento e, de maneira geral, a melhoria do processo individual de projeto (Tramontano; Pereira Júnior, 2015).

A introdução de tecnologias de fabricação digital, como a impressão 3D, ressignificou o papel do modelo físico no ensino. Essas tecnologias permitem a rápida materialização de objetos arquitetônicos, desde modelagens de terreno até detalhes construtivos complexos (Tramontano; Pereira Júnior, 2015). Sperling, Vandier e Scheeren (2015), relatam a partir de experiência feita em sala de aula que a utilização de modelos físicos, por meio da fabricação digital, possibilita representar rapidamente arquiteturas com geometrias complexas e precisão dimensional, além de estimular o desenvolvimento de detalhes construtivos, como nós estruturais específicos e elementos de formas complexas, que muitas vezes são evitados pelos alunos pela dificuldade de visualização. Também amplia as oportunidades de criar elementos com design exclusivo, inexistentes no mercado da construção, mas que podem ser produzidos por meio de técnicas de fabricação digital. As dificuldades relatadas na experiência perpassam o tempo de impressão, que pode ser relativamente longo (apesar de que em geral mais rápido que o trabalho manual), a necessidade de adequar os projetos com as limitações da máquina, como o tamanho da mesa de impressão, bem como a necessidade de projetar suportes de sustentação diferentes dos automatizados que o software de impressão utilizado fornece (Idem).

A capacidade de modelagem tridimensional do objeto para a fabricação posterior pode ser uma barreira ao uso dessa metodologia. O uso de ferramentas de IA, relatadas na experiência deste artigo, pode ser um caminho para aumentar a adoção da fabricação digital como parte do processo de ensino de projeto arquitetônico, uma vez que a curva de aprendizado da modelagem tridimensional pode ser drasticamente reduzida.

3 METODOLOGIA

Este trabalho baseia-se na metodologia da pesquisa experimental, conforme proposto por Creswell e Creswell (2021), visando estabelecer uma relação de causa e efeito entre a aplicação de um procedimento que integre as ferramentas de Inteligência Artificial (IA) generativa e um modo de fabricar digitalmente a partir de impressora 3D, realizando teste de protótipos (Akšamija, 2021). A atividade foi desenvolvida como parte de dois componentes curriculares optativos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte e da Universidade Federal da Paraíba. As turmas foram compostas por dezesseis discentes de cada universidade com perfis diversos. O processo didático foi estruturado em etapas, com uma abordagem qualitativa focada na análise da experiência pedagógica e dos modelos finais.

Antes de conduzir as experiências didáticas, todas as etapas foram previamente avaliadas pelos professores que conduziram o componente: a criação de imagens de artefatos e a geração de modelos 3D, ambas realizadas por IA. Da mesma forma, algumas impressões 3D foram realizadas antecipadamente, a fim de considerar possíveis dificuldades que poderiam surgir ao longo do semestre. Na figura 2, pode ser vista a imagem 2D, gerada por inteligência artificial, convertida em um modelo 3D utilizando a plataforma Meshy.AI. No primeiro teste de impressão, ocorreu uma falha devido à presença de aberturas no modelo gerado. Já no segundo teste, embora a impressão tenha avançado, o modelo apresentou extremidades muito finas, o que comprometeu a sua qualidade final.

Figura 2: Cadeira Samambaia - Testes de impressão 3D de modelos gerados por IA

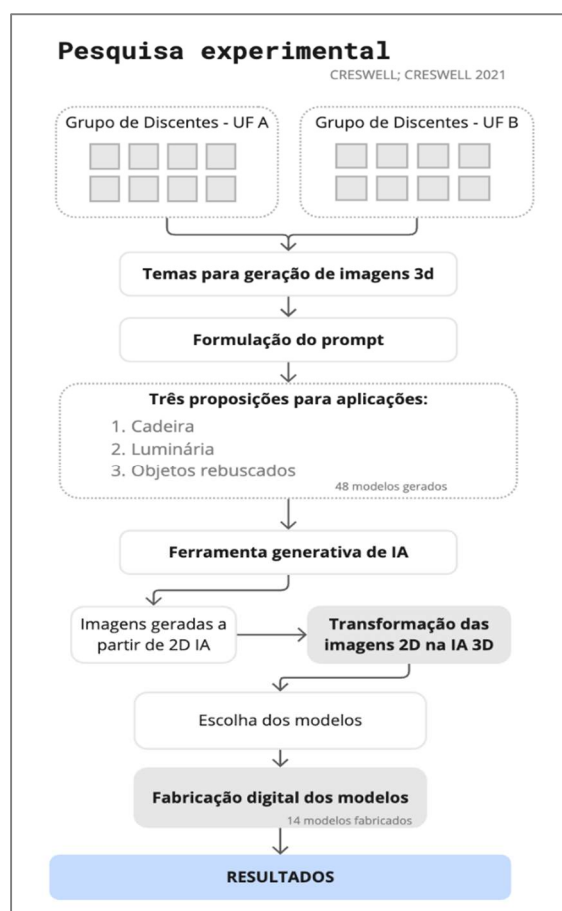


Fonte: Autores.

Nas duas instituições, o experimento iniciou-se com a definição de temas para a ideação, seguida da formulação de *prompts* que serviriam de instruções para a IA. A tarefa central consistiu no desenvolvimento de três proposições de aplicação: cadeira, luminária e objetos rebuscados, resultando em um total de 48

(quarenta e oito) modelos conceituais gerados na fase inicial. No entanto, neste artigo serão discutidos apenas os protótipos de cadeiras. O desenvolvimento dos protótipos utilizou ferramentas generativas de IA seguindo um fluxo de trabalho em duas etapas: primeiramente, a geração de imagens 2D a partir de *prompts* e, em seguida, a transformação dessas imagens 2D em modelos 3D por meio de outra ferramenta de IA. Após a geração dos modelos digitais, os discentes selecionaram os que consideraram mais viáveis para impressão 3D. Por fim, os projetos selecionados avançaram para a etapa de fabricação digital dos modelos, na qual 14 protótipos foram efetivamente fabricados. A figura 3 resume esse percurso. O conjunto de objetos físicos constitui a base para a análise dos resultados deste estudo. Para assegurar o rigor metodológico e a validade da pesquisa, a proposta foi submetida e aprovada pelo comitê de ética (CAAE – 88527225.7.1001.5188).

Figura 3: Esquema resumo da metodologia adotada



Fonte: Autores.

A atividade foi conduzida com a definição de um conceito central para o design de três tipologias de mobiliário, com foco no estudo prático da cadeira. Para a geração de imagens conceituais, foram elaborados prompts com o auxílio dos docentes em sala de aula. Os alunos elaboraram comandos textuais detalhados, mesclando o conceito às características do objeto. Estes *prompts* foram inseridos em uma IA generativa e, a partir das opções geradas, uma imagem foi selecionada com base em critérios de originalidade, viabilidade de materialização e coerência com a temática escolhida. A imagem escolhida foi então levada para outras ferramentas de IA que realizam a conversão de 2D para 3D, como *Meshy.ai* e *Tripo*, gerando um modelo 3D inicial. Posteriormente, foi salvo em um formato compatível com visualizadores de modelos 3D, como o *SketchUp*, para permitir ajustes e refinamentos.

Na fase final, o arquivo foi preparado para a fabricação digital, passando pelo processo de fatiamento, pela definição de escala e por outras adequações para a impressão 3D. Finalmente, os protótipos foram produzidos e avaliados, considerando tanto a qualidade do objeto físico quanto sua capacidade de materializar conceitos abstratos.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

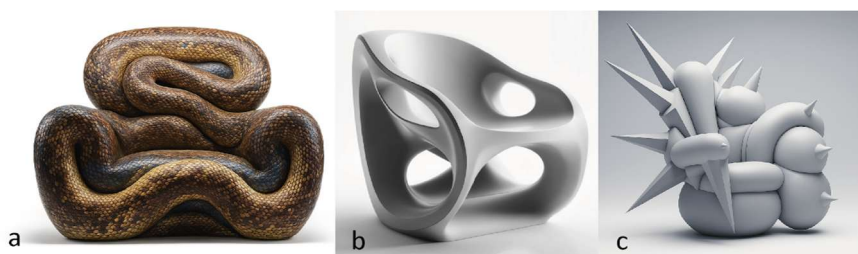


A análise do experimento foi organizada em duas etapas complementares: primeiro, a passagem de imagens 2D para modelos tridimensionais gerados por IA destacando facilidades, limitações e diferenças entre os resultados obtidos; em seguida, a fase de prototipagem desses modelos por meio da impressão 3D, na qual foram necessários ajustes técnicos e reparos para viabilizar a fabricação dos modelos dos alunos. As temáticas fornecidas para o desenvolvimento da primeira etapa foram a biomimética (exemplificada na Figura 4.a), futurismo, sustentabilidade, flexibilidade/modularidade, inspiração cultural, parametrismo, conforto sensorial e inspiração tecnológica.

A IA generativa de imagens era conhecida pela facilidade de traduzir um comando de texto em uma imagem, e essa possibilidade se confirmou. Os alunos conseguiram, de forma rápida e com resultados consistentes, criar imagens-conceito do mobiliário. No caso do exercício em questão, para a etapa seguinte, um requisito é que a imagem apresente, preferencialmente, fundo branco e uniforme, como em um estúdio de fotografia, conforme apresentado na Figura 4.b. Esta condição facilitou a transposição das imagens para modelos 3D.

A ferramenta possibilitou a materialização de formas complexas, como ilustrado na Figura 4.c, mesmo para alunos com pouca habilidade em desenho ou experiência prévia em modelagem. Nessa etapa, alguns estudantes preferiram elaborar o *prompt* com o apoio de uma IA generativa de textos, enquanto outros optaram por redigi-lo diretamente. Não foram identificadas diferenças significativas nos resultados das imagens geradas ao comparar os dois métodos de formulação do *prompt*. Para a produção das imagens, os alunos utilizaram diferentes ferramentas, como ChatGPT, CoPilot, Krea.AI, entre outras.

Figura 4: Exemplo de imagens geradas no exercício



Fonte: Ilustrações geradas por IA (UFPB).

Em alguns casos, foi observado que a imagem escolhida para o aluno divergia consideravelmente do *prompt* solicitado, o que indica que, apesar das facilidades de uso das ferramentas de IA generativas, é necessária uma atenção na construção dos comandos e na avaliação dos resultados. O exemplo apresentado na figura 5 destaca que pode haver uma hierarquia no atendimento aos elementos solicitados no *prompt*. Compreendeu-se que as primeiras solicitações são atendidas e as seguintes, no caso de um *prompt* muito longo, não são consideradas pela IA. Dessa maneira, o resultado apresentado tem uma impressão "incompleta", em contraste com o que foi solicitado pelo discente.

Figura 5: Exemplo de imagens geradas no exercício



Prompt utilizado: *Representação fotorrealista de uma poltrona futurista que parece ser parcialmente feita de luz, com o assento e o encosto formados por projeções holográficas sobre uma estrutura transparente de vidro-diamante. Base em liga de tungstênio preto fosco, fina e elegante. Suporte de almofada visível dentro do holograma, feito de nano-malha respirável com um leve brilho arco-íris. As bordas das seções holográficas emitem um brilho suave e pulsante. Fundo branco puro, com sombras suaves e realistas.*

Fonte: Ilustrações geradas por IA (UFPB).

Pode-se afirmar, com base nos resultados obtidos ao longo do exercício, que o uso da IA como ferramenta auxiliar para a criação de conceitos visuais a partir de um partido previamente definido mostrou-se eficiente. Destaca-se a facilidade de uso das ferramentas, o que torna esta parte do processo de design acessível a públicos não familiarizados com ferramentas complexas de desenho e modelagem ou que não possuem as habilidades necessárias.

A etapa seguinte do exercício consistiu em transformar os conceitos visuais, inicialmente apresentados como imagens estáticas, em modelos tridimensionais. Para isso, os alunos deveriam enviar as imagens selecionadas para até duas das ferramentas previamente indicadas pelos professores: *Meshy.ai* e *Tripo*. Ambas são gratuitas e funcionam diretamente nos navegadores, sem necessidade de instalação. Possuem uma interface intuitiva, são de fácil configuração e permitem visualizar diferentes opções de modelo antes da geração final. Além disso, oferecem a possibilidade de exportação direta em formato *.STL*, compatível com a maioria das impressoras 3D. Como mencionado anteriormente, foram realizados testes prévios em ambas as plataformas antes da aplicação didática. A figura 6 mostra os quatro exemplos apresentados anteriormente já transformados em modelos digitais 3D.

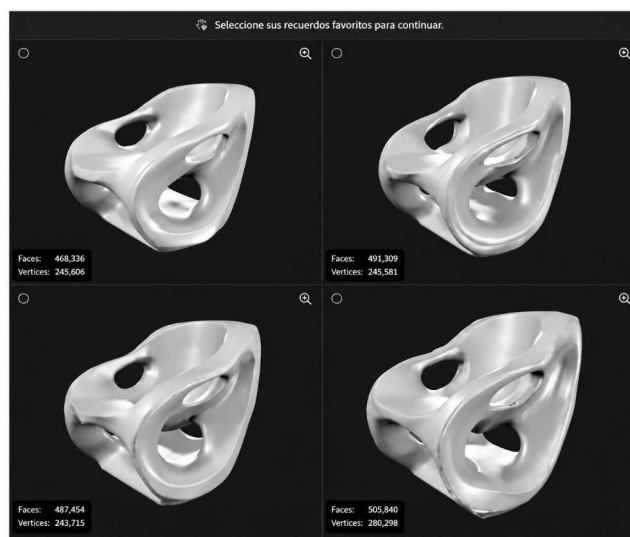
Figura 6: Exemplo de modelos 3D gerados por IA



Fonte: Captura de tela de modelos gerados por IA (UFPB).

As ferramentas que transformam a imagem em modelo 3D, assim como as criações de imagens, disponibilizam geralmente quatro opções de resultados possíveis que podem ser escolhidas pelo usuário (figura 7). Estas imagens, que se transformam em modelos, são navegáveis, e o usuário pode analisar quais ficaram mais fiéis às ideias apresentadas inicialmente. São fornecidos também o número de faces e de vértices do modelo, característicos de modelos digitais 3D.

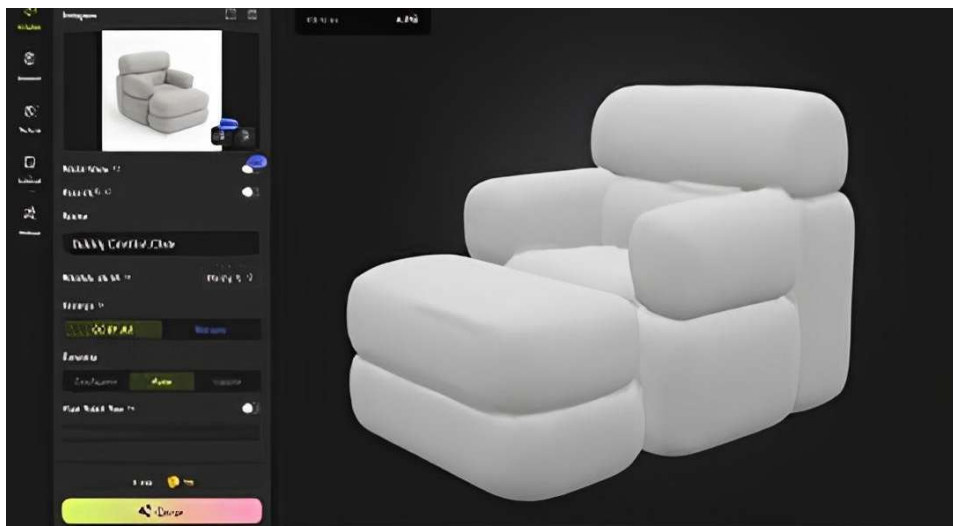
Figura 7: Exemplo dos modelos entregues pela IA para que o usuário selecione o mais adequado



Fonte: Captura de tela de modelos gerados por IA (UFPB).

Com base na amostra obtida durante o exercício, observou-se que imagens mais simples, com formas menos elaboradas e menor quantidade de informações, resultaram em modelos 3D mais fiéis, conforme ilustrado na figura 8. Além disso, o uso de fundo branco nas imagens contribuiu para facilitar a leitura e a transformação da imagem 2D em um modelo 3D, uma vez que reduz a quantidade de detalhes que a ferramenta tentará interpretar além do próprio objeto.

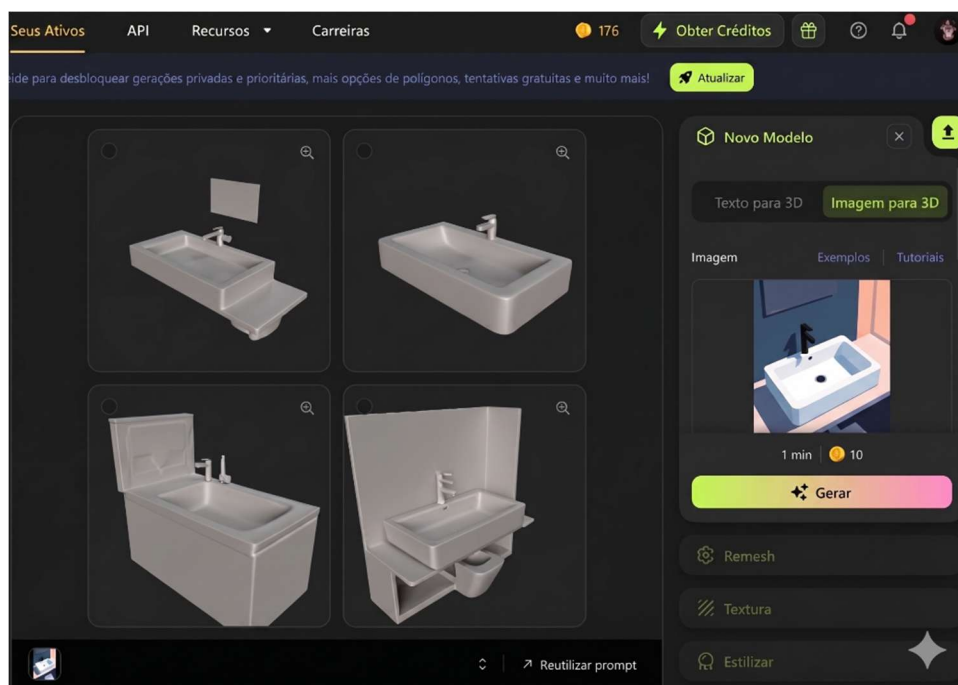
Figura 8: Modelo considerado mais simples e bem-sucedido na conversão de 2D para 3D



Fonte: Captura de tela de modelos gerados por IA (UFPB).

Ao converter cenas estáticas com mais elementos do que o objeto pretendido, os resultados são variados e tendem a não ser próximos da imagem inicial, como pode ser visto na figura 9.

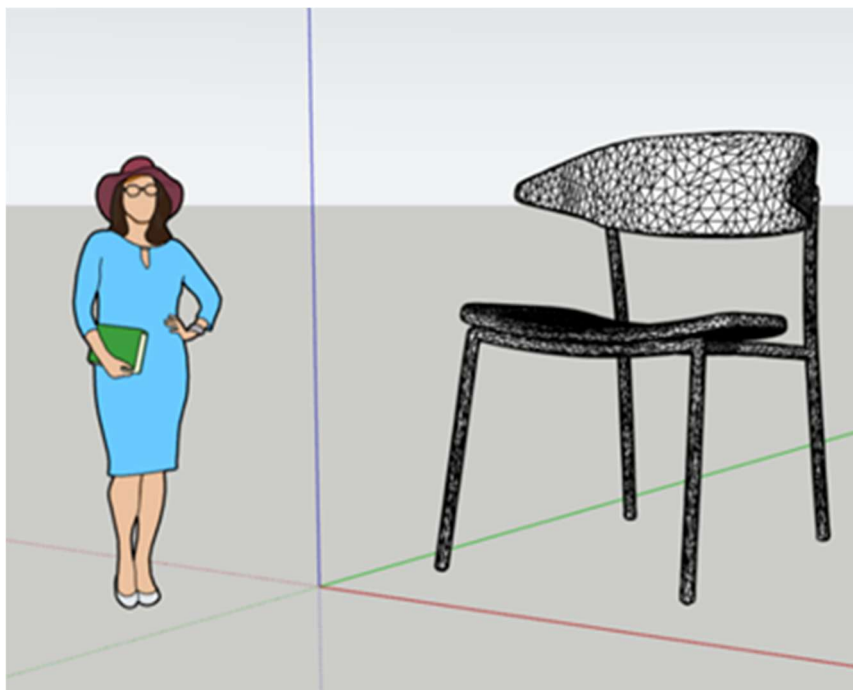
Figura 9: Teste do modelo considerado mais complexo e não adequado para a conversão de 2D para 3D



Fonte: Captura de tela de modelos gerados por IA.

De maneira geral, o processo de conversão de imagens em modelos digitais 3D mostrou-se simples e eficiente na maioria das tentativas dos alunos. A maior parte dos estudantes conseguiu chegar a modelos relativamente próximos do conceito inicial, de forma rápida e intuitiva, com o uso das ferramentas propostas. Os modelos digitais 3D podem ser salvos como arquivos que são lidos em programas de modelagem, como o *SketchUp* (figura 10) ou ainda em arquivos lidos por impressoras 3D, como a extensão *STL*. A impressão 3D foi a etapa seguinte do exercício.

Figura 10: Teste do modelo gerado e importado para o software SketchUp



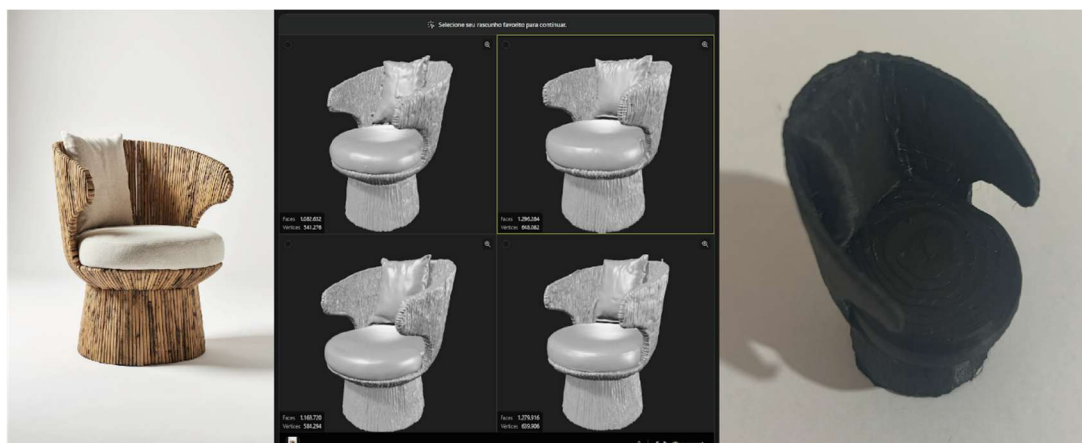
Fonte: Captura de tela - Autores.

A etapa de materialização dos modelos conceituais por meio da impressão 3D permitiu validar a viabilidade da prototipagem, ao mesmo tempo em que revelou desafios na transição entre o design gerado por IA e a fabricação digital. A análise preliminar dos modelos digitais 3D gerados pelos alunos, por exemplo, evidenciou a presença de artefatos geométricos que impediam a impressão direta, como malhas abertas ou arestas sem fechamento. Assim, os modelos considerados inadequados para a impressão foram descartados na etapa de prototipagem.

Após essa fase, houve o preparo para a impressão; então, os modelos com espessura muito fina ou com dimensões inferiores ao limite de extrusão da impressora 3D revelaram a limitação de modelos com formas inexecutáveis. Outro entrave é a necessidade de estruturas de suporte para os objetos suspensos do modelo. A complexidade da geometria ou, ainda, balanços acentuados, tornou o uso desses suportes uma condição inevitável, implicando em maior tempo de impressão e consumo de material, o que resultou em uma baixa qualidade do modelo final. Esses problemas foram comuns entre as duas disciplinas, todos os modelos gerados no âmbito da UFPB e da UFRN, precisaram de ajustes e refinamento para o fatiamento e a impressão.

Já na UFPB, os arquivos *.STL*, quando abertos diretamente no software para preparação de impressão 3D, indicou que os arquivos necessitavam de reparos, o que foi feito automaticamente, sem prejuízo do formato ou da escala dos modelos, como pode ser visto na figura 11.

Figura 11: Três fases do exercício para a cadeira com o tema sustentabilidade



Fonte: Captura de tela, modelos gerados por IA e foto da impressão 3D do modelo (UFPB).

Ressalta-se a boa qualidade dos modelos tridimensionais e a fidelidade às imagens iniciais que lhes serviram de referência. Essa qualidade foi percebida com o avanço da IA nos últimos anos, em que as primeiras prototipagens geradas (Figura 1) não correspondiam à imagem gerada. Diferente do que se percebeu no estudo aplicado nesse trabalho, como pode ser visto na figura 12.

Figura 12: Seis exemplos de imagem e prototipagem dos trabalhos produzidos pela turma



Fonte: Captura de tela de imagem e modelos gerados por IA e foto da impressão 3D do modelo (UFRN e UFPB).

Em linhas gerais, este avanço representa uma consolidação da IA como uma ferramenta viável para prototipagem rápida, superando a fase especulativa de anos anteriores. A capacidade de traduzir com precisão um conceito visual 2D em um objeto 3D tangível valida o uso da tecnologia na arquitetura e otimiza o fluxo de trabalho. Essa agilidade permite que os projetistas dediquem mais tempo à exploração conceitual e à curadoria das ideias, sobretudo ao entenderem que a transição para o modelo tridimensional manterá a integridade da visão original.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pensamento computacional e o uso de IA vêm transformando rapidamente o papel do projetista, incluindo, em suas atividades, a curadoria e a mediação de processos generativos. A experiência didática demonstrou que o uso de IAs generativas no contexto acadêmico representa um avanço para o ensino e para a prática projetual. O uso de ferramentas, mesmo que gratuitas, operando em computadores comuns disponíveis na universidade, aponta um caminho acessível para que estudantes explorem a concepção formal com maior agilidade.

O trabalho experimental relatado nesse artigo, abrangendo geração de imagens, modelagem com auxílio de IA e fabricação de modelos digitais 3D, evidenciou tanto o potencial criativo dessas ferramentas quanto seus limites técnicos. Por outro lado, o exercício proporcionou aos estudantes uma compreensão mais ampla do processo digital, estimulou o pensamento crítico sobre autoria, processo e materialidade no projeto contemporâneo. Neste sentido, o uso da IA se apresentou como um caminho para o desenvolvimento das

competências técnicas e conceituais, essenciais à formação de arquitetos em um cenário tecnológico em rápida transformação.

As principais dificuldades enfrentadas foram a complexidade almejada pelos estudantes, em vista da facilidade de representação, e a necessidade de refinamento e de alterações dos modelos tridimensionais a partir da IA para impressão. A etapa de prototipagem revelou a necessidade de um olhar crítico e técnico por parte dos alunos e docentes, especialmente no tratamento das geometrias e na preparação do modelo para a fabricação digital, bem como entraves na infraestrutura para a materialização.

A integração bem-sucedida da Inteligência Artificial na prototipagem reside na capacidade da ferramenta de gerar formas e na habilidade do projetista de mediar, refinar e traduzir essas propostas em um processo de fabricação viável. Logo, mais do que otimizar etapas tradicionais, ela deve ser entendida como parte de um processo colaborativo, no qual a tecnologia amplia as possibilidades criativas humanas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos discentes de Arquitetura e Urbanismo da UFRN e da UFPB que participaram do componente curricular sobre processo projetual com Inteligência Artificial. O engajamento, a colaboração e as reflexões dos alunos foram essenciais para a realização da pesquisa, contribuindo significativamente para os experimentos, as discussões e os resultados apresentados. Também agradecemos ao LM+P (UFPB) e ao LabMq (UFRN) por terem auxiliado nas impressões dos modelos 3D utilizados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AKŠAMIJA, Ajla. **Research methods for the architectural profession**. New York: Taylor & Francis Group, 2021.
- AL RUHEILI, A., AL HAJRI, S. The Role of 3D Printing Technology in Landscape Architecture Teaching and Learning Practices. **Educational Sciences: Theory and Practice**, [S. L.], v. 1, n. 21, p. 1-17, jan. 2021. Disponível em: <https://jestp.com/manuscript/index.php/estp/article/download/1426/790/3256>. Acesso em: 02 de julho de 2026.
- BERNSTEIN, Phil. **Machine learning: architecture in the age of artificial intelligence**. London: RIBA Publishing, 2022.
- CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução de Sandra Mallmann da Rosa; revisão técnica de Dirceu da Silva. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.
- BOLOJAN, Daniel. Creative AI. **Architectural Design**, Oxford, v. 03, n. 277, p. 22-27, maio 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ad.2809>. Acesso em: 05 de julho de 2026.
- CAMPO, Matias del; LEACH, Neil. Can Machines Hallucinate Architecture? AI as design method. **Architectural Design**, Oxford, v. 03, n. 277, p. 6-13, maio 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ad.2807>Digital Object Identifier (DOI). Acesso em: 02 de julho de 2026.
- FIGOLI, Fabio Antonio; MATTIOLI, Francesca; RAMPINO, Lucia. **Artificial intelligence in the design process: the impact on creativity and team collaboration**. Milano: Franco Angeli, 2022. ISBN 978-88-351-3464-0.
- KOH, Immanuel. 3D Diffusion or 3D Disfiguration? In: DEL CAMPO, Matias (ed.). **Diffusions in Architecture: Artificial Intelligence and Image Generators**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2024. p. 202-211.
- LEACH, Neil. **Architecture in the age of artificial intelligence: an introduction to AI for architects**. London: Bloomsbury Publishing, 2022.
- SPERLING, David M.; VANDIER, Inácio; SCHEEREN, Rodrigo. Sentir o espaço: projeto com modelos táteis. **Anais do XIX Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital 2015**, Florianópolis, p. 108-112, nov. 2015. Editora Edgard Blücher. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5151/despro-sigradi2015-30201>. Acesso em agosto. 2025.
- TIAN, Runjia. Suggestive Site Planning with Conditional GAN and Urban GIS Data. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL DESIGN AND ROBOTIC FABRICATION, 2., 2020, Shanghai. **Proceedings of the 2020 DigitalFUTURES**. Shanghai: Springer, 2020. p. 103-113
- TRAMONTANO, Marcelo; PEREIRA JUNIOR, Anibal. Ressignificando o modelo físico: impressão 3d e ensino de projeto de arquitetura. **Anais do XIX Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital 2015**, Florianópolis, p. 350-354, nov. 2015. Editora Edgard Blücher. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5151/despro-sigradi2015-80163>. Acesso em agosto. 2025

NOTA DO EDITOR (*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade dos autores.