

RGG

REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA

ISSN 2595 – 0797 | v. 8, n.1 – DEZEMBRO, 2024



REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA

Universidade Federal de Pernambuco

Reitor Alfredo Macedo Gomes

Vice-Reitor Moacyr Cunha de Araújo Filho

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação Carol Virgínia Góis Leandro

Centro de Artes e Comunicação

Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica – LabGRAF

Editor Executivo

Vinicius Albuquerque Fulgêncio, UFPE, Brasil

Comitê Editorial

Vinicius Albuquerque Fulgêncio, UFPE, Brasil

Mariana B. Ribeiro de Gusmão, UFPE, Brasil

Comitê Científico

Adriane Borda, UFPel, Brasil

Airton Cattani, UFRGS, Brasil

Ana Rita Sulz, UEFS, Brasil

Anderson Góes, UFPR, Brasil

Andiara Lopes, UFPE, Brasil

Bárbara Aguiar, UFPR, Brasil

Caroline Gonçalves, UFAL, Brasil

Christianne Soares Falcão, UNICAP, Brasil

Clarissa Ribeiro Pereira de Almeida, Unifor, Brasil

Cristiana Maria Sobral Griz, UFPE, Brasil

Érica de Sousa Checcucci, UFBA, Brasil

Fábio Teixeira, UFRGS, Brasil

Félix Alves da Silva Júnior, UnB, Brasil

Marcos Martins Borges, UFJF, Brasil

Mara Capone, UNINA, Itália

Maria Angela Dias, UFRJ, Brasil

Maria Veronica Lins Palmeira, IFAL, Brasil

Mariana Hennes, UFAL, Brasil

Michele dos Anjos de Santana, IFBA, Brasil

Rafaela Campos Cavalcanti, UPE, Brasil

Salvatore Barba, UNISA, Itália

Tássia dos Anjos Tenório de Melo, UFPE, Brasil

Verner Monteiro, UFRN, Brasil

Wilson Florio, Universidade Mackenzie, Brasil

Comitê Avaliador (ad hoc) – v.8, n.2, 2024

Camila Resende, Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Caroline Gonçalves, Universidade Federal de Alagoas, Brasil

Cristiana Griz, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Débora Ferro, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Mariana Gusmão, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Renato de Medeiros, Universidade Federal do Rio Grande do norte, Brasil

Catálogo na fonte

Bibliotecária Jéssica Pereira de Oliveira – CRB-4/2223

R454 Revista Geometria Gráfica / Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica (LabGRAF). – v. 8, n. 1 (dez. 2024). – Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2024. v.: il.

Semestral.

ISSN 2595-0797

1. Expressão gráfica. 2. Computação gráfica 3. Desenho técnico. 4. Representação gráfica. 5. Geometria descritiva. I. Edição da Universidade Federal de Pernambuco. II. Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica (LabGRAF).

604.2 CDD (22. ed.)

Foto da capa: Igreja Matriz de Nossa Senhora do Rosário, Aracati – CE, Brasil.

Foto de Vinicius Fulgêncio, 2024, editada por Vinicius Fulgêncio.

Idioma: português; espanhol e inglês.

ISSN: 2595-0797

Periodicidade: Semestral

Tiragem: eletrônica

Endereço: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/geometriagrafica/index>

EDITORIAL

É com grande satisfação que apresentamos esta edição da *Revista Geometria Gráfica (RGG)* - volume 8, número, de dezembro de 2024, um periódico científico anual, editorado pelo Laboratório de Estudos em Representação Gráfica, vinculado ao Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Pernambuco.

Nesta edição, os artigos reunidos exemplificam a amplitude do campo de interesse da revista e destacam o papel crucial da Geometria Gráfica em diversos contextos contemporâneos. São temas que não apenas dialogam com os desafios e avanços tecnológicos, mas também evidenciam a relevância da abordagem gráfica e geométrica na resolução de problemas complexos e na criação de soluções inovadoras.

Abrimos com uma reflexão sobre a transformação do design de interiores por meio da inteligência artificial no artigo *O uso de ferramentas de inteligência artificial no auxílio ao processo de concepção de projetos de design de interiores: uma análise de soluções existentes*. Na sequência, *Integração entre prototipagem e fabricação em FabLabs: uma abordagem prática para o ensino de design de produtos*. Em seguida, a experiência sensorial e cognitiva é explorada em *Experienciando a tectônica a partir da geometria espacial*, um estudo que enfatiza a importância da relação entre forma, materialidade e construção no campo da Arquitetura. Já o artigo *Integração do patrimônio tangível e imaterial: um protocolo para colaboração baseado no HBIM* apresenta um método inovador de integrar dados históricos e culturais por meio da modelagem de informações da construção (HBIM), ampliando as possibilidades de preservação e valorização patrimonial. Avançando para o campo da acessibilidade, *Estudo de caso em bibliotecas públicas de Natal – RN: de 2004 a 2024 o que mudou nas suas condições de acessibilidade?* nos convida a refletir sobre os avanços e desafios enfrentados no contexto das bibliotecas públicas, contribuindo para a inclusão social e o acesso universal. Por fim, *Apontamentos sobre o uso da geometria euclidiana e não euclidiana no ensino de projeto de arquitetura* propõe uma discussão enriquecedora sobre a aplicação de conceitos geométricos no ensino de projeto.

Ao reunir contribuições que abordam desde questões tecnológicas até aspectos educativos e patrimoniais, esta edição da RGG reafirma o compromisso da revista em fomentar o diálogo interdisciplinar e disseminar o conhecimento sobre Geometria Gráfica e suas tecnologias. Esperamos que as reflexões e descobertas aqui apresentadas inspirem leitores e pesquisadores a explorar novos caminhos neste campo tão dinâmico e relevante.

Esperamos que a leitura seja proveitosa para todos!

Recife, dezembro de 2024.

Vinicius Albuquerque Fulgêncio – Editor Executivo

SUMÁRIO

O USO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO AUXÍLIO AO PROCESSO DE CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE DESIGN DE INTERIORES: UMA ANÁLISE DE SOLUÇÕES EXISTENTES

Maria Ducarmo Carvalho Negri, Max Lira Veras Xavier de Andrade

5-28

INTEGRAÇÃO ENTRE PROTOTIPAGEM E FABRICAÇÃO EM FABLABS: UMA ABORDAGEM PRÁTICA PARA O ENSINO DE DESIGN DE PRODUTOS

Luisa Negraes, Maria Carolina Sturm dos Santos, Ivan Luiz de Medeiros

29-54

EXPERIENCIANDO A TECTÔNICA A PARTIR DA GEOMETRIA ESPACIAL

Tássia dos Anjos Tenório de Melo, Adriana Carla de Azevedo Borba, Jaucele de Fátima Ferreira Alves Azerêdo

55-78

INTEGRAÇÃO DO PATRIMÔNIO TANGÍVEL E IMATERIAL: UM PROTOCOLO PARA COLABORAÇÃO BASEADO NO HBIM

Rebeca Hayanny Braz Pessôa, Max Lira Veras Xavier de Andrade, Vinícius Albuquerque Fulgêncio

79-104

ESTUDO DE CASO EM BIBLIOTECAS PÚBLICAS DE NATAL – RN: DE 2004 A 2024 O QUE MUDOU NAS SUAS CONDIÇÕES DE ACESSIBILIDADE?

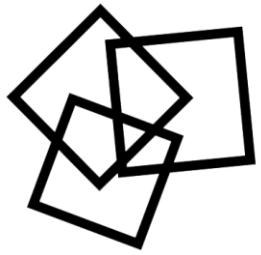
Adriana Carla de Azevedo Borba, Luanna Nari Freitas de Lima, Tássia dos Anjos Tenório de Melo, Jaucele de Fátima Ferreira Alves Azerêdo

105-129

APONTAMENTOS SOBRE O USO DA GEOMETRIA EUCLIDIANA E NÃO EUCLIDIANA NO ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA

Andrei de Ferrer e Arruda Cavalcanti, Marcela Dimenstein

130-146



REVISTA

GEOMETRIA GRÁFICA

O uso de ferramentas de inteligência artificial no auxílio ao processo de concepção de projetos de design de interiores: uma análise de soluções existentes

The use of artificial intelligence tools to aid the conception process of interior design projects: an analysis of existing solutions

Maria Ducarmo Carvalho Negri

ducarmo.carvalho@ufpe.br

Estudante do Departamento de Arquitetura e Urbanismo,
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0009-0006-7282-385X>

Max Lira Veras Xavier de Andrade

max.andrade@ufpe.br

Doutor em Engenharia Civil

Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Expressão Gráfica,
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-0717-1251>

Recebido em: 20/09/2024

Aceito em: 22/11/2024

RESUMO

Este artigo analisa a contribuição do aprendizado de máquina e da inteligência artificial (IA) no design de interiores, avaliando a eficácia dessas tecnologias na criação de sugestões criativas, funcionais e estéticas para projetos. O estudo comparou diversas plataformas de IA disponíveis no mercado, destacando como elas podem auxiliar no processo criativo, melhorando a qualidade e inovação das soluções propostas. Foram testadas plataformas como Bing Image Creator, Imagine Art, Craiyon, entre outras, utilizando prompts específicos baseados em imagens previamente escolhidas. Os resultados mostraram que plataformas com algoritmos mais desenvolvidos, como Bing Image Creator e Imagine Art, geraram soluções de projeto com alta qualidade e com elevado grau de criatividade, enquanto plataformas menos maduras, como Craiyon, produziram soluções de projeto de baixa qualidade e com soluções criativas limitadas. A análise considerou critérios como qualidade da imagem, aderência ao



prompt, criatividade e custo-benefício. Observa-se que a maturidade dos algoritmos foi determinante para a eficácia das ferramentas, tornando-as vantajosas para o seu uso na etapa inicial do processo de projeto de design de interiores.

PALAVRAS-CHAVE: inteligência artificial; machine learning; design de interiores.

ABSTRACT

This article analyzes the contribution of machine learning and artificial intelligence (AI) to interior design, evaluating the effectiveness of these technologies in creating creative, functional and aesthetic suggestions for projects. The study compared several AI platforms available on the market, highlighting how they can assist in the creative process, improving the quality and innovation of proposed solutions. Platforms such as Bing Image Creator, Imagine Art, Craiyon, among others, were tested, using specific prompts based on previously chosen images. The results showed that platforms with more developed algorithms, such as Bing Image Creator and Imagine Art, generated high-quality images with a high degree of creativity, while less mature platforms, such as Craiyon, produced low-quality images with limited creative solutions. The analysis considered criteria such as image quality, adherence to the prompt, creativity and cost-benefit, concluding that the maturity of the algorithms was decisive for the effectiveness of the tools, making the most advanced ones economically advantageous in the long term, due to their precision and speed in generating of usable proposals.

KEYWORDS: artificial intelligence; machine learning; interior design.

1 INTRODUÇÃO

O design de interiores é uma disciplina que alia estética e funcionalidade para transformar espaços arquitetônicos em um ambiente agradável, confortável e belo, por meio do equilíbrio de aspectos técnicos e criativos. Nos últimos anos, a Inteligência Artificial (IA) emergiu como um instrumento inovador de auxílio aos projetos de design de interiores, abrindo novas possibilidades para os trabalhos desenvolvidos pelos profissionais da área. A IA tem o potencial de auxiliar na concepção de projetos automatizando tarefas, personalizando soluções e otimizando a interação com os clientes.

Visando entender o potencial de ferramentas de IA na aplicação de design de interiores, este artigo busca analisar, de forma comparativa, como estas podem ser usadas na criação de projetos de design de interiores, por meio da geração de soluções visuais de espaço com a otimização de recursos e especificação de materiais. A proposta é discutir como algumas ferramentas podem agilizar tarefas repetitivas, fornecendo insights valiosos durante decisões criativas e estratégicas. Ao explorar essas ferramentas, pretende-se compreender de que maneira a IA está remodelando o processo de concepção de design de interiores, oferecendo aos profissionais uma nova abordagem para criar ambientes mais eficientes, sustentáveis e visualmente atraentes.

1.1 Objetivo

Este artigo tem como objetivo realizar uma análise comparativa das principais ferramentas de geração de opções de projeto baseadas em Inteligência Artificial (IA) disponíveis no mercado.

O intuito é identificar e avaliar as vantagens e desvantagens do uso dessas soluções como instrumento de auxílio ao projeto de design de interiores. Espera-se oferecer uma compreensão das capacidades e limitações da IA, ajudando projetistas a orientarem o desenvolvimento de soluções que melhor atendam às necessidades do cliente. A análise aborda a qualidade das soluções geradas por cada ferramenta, considerando fatores como clareza, resolução e fidelidade das propostas.

Além disso, examina-se a criatividade e a variedade dos resultados obtidos a partir de diferentes prompts, destacando o grau de flexibilidade interpretativa e inovação que cada modelo de IA apresenta.

O artigo também analisa a relação entre o custo e o benefício dessas ferramentas, ponderando o preço cobrado com a qualidade das soluções geradas em relação à experiência proporcionada ao projetista. A usabilidade e a interface de cada ferramenta são analisadas para entender como a navegação e a intuitividade influenciam o processo criativo.

Adicionalmente, são avaliados os recursos complementares oferecidos por cada plataforma, como opções de personalização avançada, suporte técnico e materiais educacionais, e seu impacto na escolha da ferramenta.

Ao final, o artigo apresenta recomendações com base nas análises comparativas, oferecendo orientações fundamentadas para auxiliar os projetistas na escolha das ferramentas de IA que melhor se adequem a diferentes aplicações e necessidades.

1.2 Justificativa

O uso de IA nas artes começou a ganhar força nas últimas décadas, inicialmente com a automação de processos criativos em áreas como música, pintura e escultura (Najima, 2017). No campo da arquitetura e urbanismo, a IA tem sido utilizada para otimizar projetos, facilitar simulações complexas e prever o comportamento de materiais e estruturas, permitindo maior precisão e inovação nos processos construtivos. Esse avanço tem acontecido nos últimos anos na área de design de interiores, onde a IA vem revolucionando a forma como os profissionais concebem e executam seus projetos.

A aplicação de IA no design de interiores atende à demanda por soluções personalizadas e eficientes. Com ela, é possível criar projetos mais rápidos e sob medida, ajustados às preferências dos clientes. Assim como permite visualizar os resultados antes da execução, garantindo que o resultado final esteja alinhado com suas expectativas (Patel, 2024). A IA também automatiza tarefas repetitivas, como organização de espaços e escolha de cores, liberando os designers para se concentrarem em aspectos estratégicos e criativos.

O impacto da IA também vai além da eficiência operacional. Ferramentas avançadas de inteligência artificial introduzem novas possibilidades criativas ao sugerirem combinações inusitadas de elementos de design que podem não ser tradicionalmente consideradas. Isso amplia o escopo de experimentação, permitindo que os profissionais explorem abordagens mais ousadas e diversificadas nos projetos.

Assim, é essencial que os profissionais se adaptem às transformações tecnológicas e as conheçam em profundidade de modo a tirarem o máximo partido destas e das novas oportunidades que proporcionam (Yanhua, 2024).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Design de interiores

O design de interiores é uma disciplina que envolve a criação e a organização de espaços internos de uma edificação de maneira funcional, estética e segura, com o objetivo de atender às necessidades e preferências dos usuários. A prática vai além da simples decoração de ambientes, abrangendo o planejamento de layouts, a escolha de materiais, cores, móveis e iluminação, sempre considerando aspectos ergonômicos, psicológicos, culturais e de sustentabilidade, influenciando a experiência dos indivíduos em um determinado espaço. O design de interiores, portanto, busca otimizar o uso do espaço, garantindo conforto e funcionalidade, ao mesmo tempo em que explora a estética e a identidade visual do ambiente (Vitorino, 2024).

Os princípios fundamentais do design de interiores são baseados em conceitos como equilíbrio, harmonia, proporção, ritmo e unidade (Vitorino, 2024). O equilíbrio, por exemplo, refere-se à distribuição visual dos elementos no espaço, o que pode ser alcançado de maneira simétrica, assimétrica ou radial, dependendo da atmosfera desejada. A harmonia é o resultado da combinação coesa de elementos como cores, texturas e formas, criando um ambiente visualmente agradável. A proporção e a escala dizem respeito à relação entre os elementos do espaço e como eles se ajustam às dimensões do ambiente, enquanto o ritmo é criado por repetições de formas ou cores que conduzem o olhar pelo espaço, proporcionando movimento visual. Por fim, a unidade é o princípio que integra todos os elementos de um ambiente, garantindo que, mesmo com a diversidade de objetos e materiais, o espaço mantenha uma coerência estética e funcional (Dubey, 2023).

As práticas comuns no design de interiores incluem a elaboração de projetos detalhados que partem de um briefing inicial, onde são identificadas as necessidades e expectativas dos usuários. O processo de design geralmente envolve etapas de pesquisa, planejamento, desenvolvimento de conceitos, criação de protótipos e execução. As ferramentas digitais, como softwares de modelagem 3D, são amplamente utilizadas para visualizar o espaço e simular a disposição dos elementos antes da execução final. Com o avanço da tecnologia, a realidade aumentada e virtual também começaram a desempenhar um papel importante, permitindo que clientes e projetistas experimentem o ambiente de forma imersiva e em tempo real (CRIARTEc, 2024).

Com o avanço das tecnologias digitais, o design de interiores tem se adaptado a novas práticas, como a utilização de algoritmos de Inteligência Artificial, que auxiliam na personalização e otimização dos espaços arquitetônicos de forma mais eficiente e criativa. Independentemente da tecnologia utilizada, o foco permanece nos princípios fundamentais que garantem que cada espaço atenda às suas finalidades estéticas e funcionais.

2.2 Inteligência artificial

A Inteligência Artificial (IA) é um campo da ciência da computação que busca criar sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana, como reconhecimento de padrões, aprendizado, raciocínio e tomada de decisões. O conceito de IA foi formalmente apresentado em 1956, durante a Conferência de Dartmouth, organizada por John McCarthy, que também cunhou o termo. Desde então, a IA passou por diversas fases de evolução, começando com sistemas baseados em regras simples e evoluindo para técnicas avançadas como aprendizado de máquina (machine learning) e redes neurais profundas (deep learning). Esse progresso tecnológico permitiu que a IA se tornasse uma força disruptiva em diversas áreas, incluindo o design de interiores, uma disciplina que se beneficia diretamente da capacidade de automação e inovação proporcionada pela IA (QBQ, 2023).

Historicamente, o uso de tecnologias computacionais no campo das artes e do design começou com ferramentas que auxiliavam na visualização de projetos e na modelagem tridimensional. No design de interiores, o uso de softwares de CAD nos anos 1980 e 1990 representou o primeiro passo para a incorporação da tecnologia nos processos de criação. A partir dos anos 2020 a IA passa a ser usada de forma mais ativa no processo de concepção de projetos, não apenas facilitando a realização de tarefas repetitivas e a criação de códigos de otimização de soluções, mas também ampliando as capacidades criativas do processo de concepção dos projetos de design de interiores.

Com a introdução de algoritmos capazes de gerar sugestões de soluções inovadoras, personalizar ambientes e prever preferências dos usuários, a IA tem revolucionado a forma como os projetos de design de interiores são concebidos (Otsuka, 2024).

Ferramentas baseadas em aprendizado de máquina analisam preferências anteriores e criam recomendações que ajustam cores, materiais, disposição dos móveis e outros elementos do ambiente, ampliando as possibilidades generativas e a assertividade das soluções geradas. Além disso, a IA automatiza tarefas repetitivas e técnicas, como o cálculo de medidas, otimização do espaço e geração de layouts, permitindo que os designers dediquem mais tempo à parte criativa das soluções de projeto. Isso representa um ganho de produtividade e uma ampliação das possibilidades de solução de espaço de maneira criativa e inovadora.

Um dos maiores impactos da IA no design de interiores é a capacidade de visualização avançada. Através de técnicas como a realidade aumentada (AR), a realidade virtual (VR) ou a realidade mista (MR), a IA permite que os clientes explorem os espaços projetados de maneira imersiva, visualizando em tempo real como ficará o ambiente antes que o mesmo esteja fisicamente materializado (Hui, 2015). Essa interação melhora a comunicação entre designers e clientes, reduzindo o risco de insatisfação e permitindo ajustes rápidos com base no feedback visual.

Diversos autores têm explorado o impacto da IA nas disciplinas criativas. Lev Manovich (2018) aborda como a IA está transformando a criação artística ao permitir novas formas de expressão que antes não eram possíveis. Neri Oxman (2016) é uma referência no campo do design computacional, discutindo como a integração de IA e materiais inteligentes está transformando o design de ambientes e objetos. No contexto específico do design de interiores, o trabalho de Schumacher (2020) explora como a IA está facilitando a criação de espaços mais flexíveis e personalizados, promovendo uma maior experimentação no design.

O que se observa é que as pesquisas que vêm investigando a aplicação da IA no design de interiores têm explorado tanto seus fundamentos conceituais e impactos na profissão quanto o uso de experimentações nas práticas de projeto. A integração de ferramentas inteligentes oferece aos profissionais uma combinação poderosa de eficiência e inovação, transformando a prática do design de interiores em uma experiência mais dinâmica e interativa, tanto para designers quanto para clientes.

2.3 Prompts

No contexto do uso da Inteligência Artificial (IA) para a criação de soluções de projeto de design de interiores, o conceito de prompt assume um papel fundamental.

O prompt é a descrição textual que orienta o modelo de IA na geração de uma solução de projeto (Moura, 2023). A saída da IA é uma imagem que representa a solução proposta. O que vai orientar a solução são as instruções fornecidas pelo usuário no prompt, que podem ser simples ou detalhadas, dependendo dos objetivos a serem alcançados.

Um prompt simples é caracterizado por ser uma descrição concisa e direta, contendo apenas os elementos essenciais do que se deseja gerar. Ele fornece uma visão geral básica do que o usuário espera da imagem, permitindo que a IA tenha liberdade criativa para preencher as lacunas. Por exemplo, um prompt como "sala de estar moderna com sofá cinza" dá à IA uma instrução rápida e sem muitos detalhes, facilitando a criação inicial da solução.

Quando o objetivo é explorar soluções mais específicas e precisas de projeto, a criação de um prompt detalhado se torna necessária. Um prompt detalhado é uma descrição minuciosa, que especifica cada aspecto visual da imagem desejada, incluindo elementos como estilo, cores, iluminação e ângulos. Um exemplo de um prompt detalhado pode ser: "sala de estar minimalista com sofá cinza em L, paredes em cinza claro, iluminação natural vinda de grandes janelas, tapete texturizado bege, decoração metálica e plantas em vasos de cerâmica". Essa descrição não só guia a IA de forma mais precisa, mas também reduz as chances de interpretações errôneas, garantindo que a solução gerada esteja alinhada com a visão do designer.

Para criar um prompt detalhado eficiente Viviane Liu sugere, em Design Guidelines for Prompt Engineering Text-to-Image Generative Models, especificar alguns elementos essenciais da solução proposta, como:

Meio: Especificar o formato desejado, como exemplo, foto renderizada ou desenho.

Sujeito: Indicar o ambiente ou objeto, como sala de estar, edifício ou quarto.

Estilo: Definir o estilo estético, como minimalista, vintage ou futurista.

Cores: Selecionar a paleta cromática, como vibrante, monocromática ou colorida.

Iluminação: Definir o tipo de iluminação, como natural, cênica ou suave.

Ângulos: Indicar a perspectiva desejada, como frontal, isométrica ou de drone.

Câmera: Detalhar a resolução ou o modelo de câmera, como 4K ou UHD.

Outros detalhes: Incluir informações adicionais, como objetos, texturas ou presença de pessoas.

Além disso, o uso de parâmetros técnicos básicos também pode aprimorar a qualidade da imagem da solução de projeto gerada pela IA. Parâmetros como "aspect" ou "ar", que controlam a proporção da imagem, "chaos", que varia os resultados, e "style raw", que deixa a imagem com menos aspecto de IA e mais realista, são alguns dos ajustes possíveis para alcançar o nível de detalhamento desejado. O parâmetro "stylize" é utilizado para adicionar um toque criativo, com valores mais altos resultando em soluções mais estilizadas, enquanto valores padrão tendem a gerar soluções de projeto mais diretas e funcionais.

3 IA NO DESIGN DE INTERIORES

3.1 Aplicações atuais e tendências emergentes

A Inteligência Artificial (IA) está redefinindo o design de interiores, oferecendo novas abordagens que transformam o processo criativo e a eficiência na execução dos projetos (Otsuka, 2024). As aplicações atuais da IA nesse campo vão além da automação de tarefas, proporcionando o uso de ferramentas inovadoras que auxiliam a etapa criativa do projeto e a personalização das soluções de projeto, de forma rápida e inventiva.

Entre as principais aplicações da IA no design de interiores estão a geração automática de layouts e a simulação de espaços arquitetônicos. Softwares, como o *Revit* (da Autodesk), o *SketchUp* (da Trimble) e o *Archicad* (da Graphisoft), possuem algoritmos de IA que permitem simular condições reais de iluminação, ventilação e mesmo de solução de gerações de projeto. Esses recursos ajudam os projetistas a tomarem decisões mais informadas sobre a disposição dos móveis e a escolha de materiais, facilitando a concepção de projetos mais sustentáveis e funcionais. Outra das vantagens em utilizar a IA generativa, relaciona-se com a análise de dados sobre as interações dos usuários com os espaços, possibilitando a criação de ambientes personalizados que atendem não apenas às necessidades práticas, mas também às expectativas emocionais destes (Auernhammer, 2020).

A combinação da IA com a Internet das Coisas (IoT) também está criando novas possibilidades para ambientes inteligentes e adaptativos. Tecnologias que

integram IA e IoT permitem ajustes automáticos em aspectos como iluminação e temperatura com base no comportamento dos ocupantes (Magrani, 2018). Essa integração não só pode aumentar o conforto e a funcionalidade dos ambientes, mas também pode contribuir para a sustentabilidade, otimizando o uso de recursos e reduzindo o desperdício.

Essas inovações e tendências emergentes mostram como a IA está transformando o design de interiores, oferecendo novas ferramentas para melhorar a criatividade dos profissionais e a satisfação dos clientes.

3.2 Ética no uso de IA

A integração da Inteligência Artificial (IA) no design de interiores levanta questões éticas significativas que precisam ser cuidadosamente consideradas à medida que a mesma se torna uma parte constituinte do processo criativo. A IA oferece ferramentas poderosas que podem auxiliar na transformação da concepção e na personalização de ambientes, mas também apresenta desafios éticos que envolvem privacidade, autonomia e responsabilidade (Kaufman, 2021).

De acordo com Dora Kaufman no artigo “Inteligência Artificial e os desafios éticos: a restrita aplicabilidade dos princípios gerais para nortear o ecossistema de IA”, um dos principais desafios éticos é a questão da privacidade dos dados. A coleta e análise de informações sobre preferências e comportamentos dos usuários são essenciais para a personalização e a criação de ambientes mais ajustados às necessidades individuais. No entanto, a utilização desses dados levanta preocupações sobre como as informações são armazenadas, protegidas e utilizadas. A transparência na coleta e no uso dos dados é crucial para garantir que os clientes estejam informados e possam dar seu consentimento de forma consciente. Estudos como os de Zuboff em “*The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*” (2019) sobre a economia de vigilância discutem a importância de salvaguardar a privacidade dos dados em um mundo cada vez mais digitalizado.

Outra questão ética é o impacto da automação sobre a autonomia dos profissionais de design. A IA pode automatizar muitas tarefas criativas e técnicas, o que pode levantar preocupações sobre a diminuição do papel dos designers humanos e a potencial perda de habilidades artesanais. É essencial que a tecnologia seja usada

como uma ferramenta para amplificar as capacidades humanas e não para substituí-las. O debate sobre a automação e o futuro do trabalho em design é abordado em artigos como o de Brynjolfsson e McAfee em *“The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies”* (2014), que discutem como a IA pode complementar o trabalho humano em vez de substituí-lo.

Deste modo, a ética no uso da IA no design de interiores é um campo complexo e multifacetado que exige uma consideração cuidadosa das implicações de privacidade, autonomia, viés e responsabilidade (Kaufman, 2021). À medida que a IA continua a evoluir e a se integrar mais profundamente nas práticas de design, é fundamental que os profissionais e desenvolvedores estejam atentos a essas questões para garantir que tecnologias baseadas na IA sejam utilizadas de forma ética e benéfica.

4 MÉTODO

4.1 Abordagem da pesquisa

A pesquisa a ser apresentada neste artigo busca analisar comparativamente como diferentes softwares de inteligência artificial (IA) no design de interiores adota uma abordagem qualitativa e exploratória. A abordagem apresentada neste artigo combina análise técnica das ferramentas de IA com uma pesquisa exploratória visando avaliar o desempenho, a eficiência e a inovação que cada ferramenta oferece. A pesquisa também busca identificar padrões e tendências emergentes na integração da IA no processo de projeto de design de interiores.

4.2 Critérios de seleção

Para a escolha das ferramentas de IA a serem analisados foram adotados os seguintes critérios de seleção:

- **Popularidade e recomendação das ferramentas de IA**, conforme indicado pelos resultados de busca do Google. Para garantir que fossem analisadas as soluções mais relevantes e amplamente reconhecidas, foram priorizadas aquelas que apareciam nas primeiras posições das pesquisas e nas recomendações da página principal. Essa abordagem

visou garantir que a comparação fosse feita com base nas opções mais atuais e frequentemente recomendadas por especialistas e usuários.

- **Acesso a testes gratuitos das ferramentas de IA.** Para os objetivos de estudo, era essencial que as ferramentas selecionadas oferecessem algum tipo de teste gratuito ou versão de demonstração. Isso permitiu uma avaliação prática e detalhada das funcionalidades e desempenho de cada ferramenta sem a necessidade de investimento financeiro inicial. A escolha de ferramentas com teste grátis garantiu a viabilidade econômica da análise e a possibilidade de uma comparação mais abrangente e justa.

Definidos os critérios de seleção foram estabelecidas as coletas das ferramentas usadas neste trabalho. As ferramentas escolhidas foram: (i) *Open Art*, (ii) *Imagine Art*, (iii) *Bing Image Creator*, (iv) *Night Café*, (v) *Craiyon*, (vi) *Adobe FireFly* e (vii) *Limewire*.

4.3 Métodos de coleta de dados das ferramentas de IA

Para conduzir uma análise detalhada das ferramentas estudadas, foi criado um protocolo apresentado à seguir:

4.3.1 Escolha de imagem de referência

A primeira etapa envolveu a seleção de uma imagem de referência que servisse como base visual para a criação dos prompts. Esta imagem foi escolhida por suas características distintas e seu potencial para inspirar a geração de soluções diversas, garantindo que as ferramentas de IA pudessem produzir uma ampla gama de soluções de projeto. A imagem escolhida foi coletada no site Lexica. Esta é uma plataforma online projetada para explorar e gerar imagens usando modelos de inteligência artificial, especialmente modelos de geração de imagens baseados em texto, como o Stable Diffusion. A plataforma serve como um repositório e possui uma ferramenta de pesquisa para soluções de projeto geradas por IA, oferecendo diversas funcionalidades que facilitam a criação e a exploração visual.

Para a experiência apresentada neste relatório foi decidido escolher uma proposta de projeto de uma sala de escritório, com características diferentes das

usualmente empregadas em espaços com essa natureza. A Figura 1 apresenta a imagem do projeto proposto como referência deste trabalho.

Figura 1: Etapas da pesquisa distribuídas segundo o método DSR.



Fonte: Lexica (2024).

4.3.2 Criação do *prompt*

Com a proposta de referência de solução de projeto apresentada na imagem da Figura 1, foram desenvolvidos dois tipos distintos de *prompts* para testar a capacidade das ferramentas de IA selecionadas. Nos testes realizados inicialmente se usou prompts em português, mas logo se viu a necessidade de escrever os prompts na língua inglesa, visto que ao interagir com modelos de IA estes são mais eficientes para o entendimento da solicitação e geração das soluções de projeto. Acredita-se que isso se dê pelo fato de se ter um banco de dados mais robusto na língua inglesa. Além do mais, grande parte dos conjuntos de dados utilizados nos *softwares* de IA compreendem melhor compreender os inputs inglesa. Isso resulta em descrições mais precisas e detalhadas, otimizando a qualidade dos resultados. Por fim, é importante destacar que o inglês é o idioma central no desenvolvimento contínuo da IA, o que o tornou a escolha sugerida para a escrita de *prompts* que sejam mais consistentes e fidedignos com a ideia do projetista.

Estabelecido a língua a ser usada na escrita dos *prompts*, criar os *prompts* que melhor expressassem a solução apresentada na Figura 1. Para isso se propôs testar dois tipos de *prompts*: o simples e o detalhado.

4.3.3 Prompt simples

O *prompt* simples proposto é o seguinte: “*Modern office on a small square room, take on bali inspired white cream stone, light wood round arches interior view of office.*”

4.3.4 Prompt detalhado

A proposta de *prompt* usada nesta investigação foi: “*Imagine photo realistic office on a small square room, minimalistic, bali inspired, modern, low ceiling, neutral color, light wood, round arches, interior view, shelves, cream stone wall, lush plants, good lighting, 4K, UHD, wide angle --v 6.0 --ar 4:5 --s 300*”.

4.3.5 Teste nas ferramentas de IA

Definidos os *prompts* passou-se para a etapa de experimentação. Cada ferramenta escolhida foi usada para gerar duas soluções de projeto, a primeira a partir do *prompt* simples e a segunda do *prompt* detalhado. A partir dos resultados apresentados foi possível comparar a criatividade das soluções geradas, a qualidade da imagem, o nível de detalhe da solução, a qualidade da luz e sombra e a facilidade de uso da interface e capacidade de contribuir com o processo de projeto dos designers de interiores.

As análises aqui implementadas não têm como intenção simplesmente comparar qual a melhor ou pior ferramenta de mercado, mas mostrar o potencial que cada uma dessas ferramentas pode ter no auxílio ao processo criativo do designer de interiores. A ideia não é que a solução gerada seja a solução efetiva de projeto, mas que permita ao projetista pensar de forma mais assertiva em possíveis projetos a serem desenvolvidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Características das ferramentas de IA analisadas

Antes de iniciar as análises comparativa das ferramentas de IA cabe fazer aqui uma apresentação sucinta de cada ferramenta, com base na pesquisa realizada durante a escolha das mesmas:

- **Open Art** - Plataforma de geração de imagens com IA que se destaca pela sua abordagem colaborativa e open-source. Permite aos usuários criarem e explorarem obras de arte baseadas em texto, oferecendo uma interface intuitiva para a geração de soluções criativas. É particularmente útil para designers que buscam experimentar com estilos e temas variados, e seu modelo open-source permite personalizações e ajustes avançados.

Figura 2: Imagens geradas pelo *Prompt Simples* (à esquerda) e pelo *Prompt Detalhado* (à direita) na IA OpenArt.



Fonte: OpenArt (2024).

- **Bing Image Creator** - Ferramenta baseada em IA que gera imagens a partir de descrições textuais. Integrado ao motor de busca Bing, oferece uma interface fácil de usar e é capaz de criar imagens detalhadas e relevantes com base nas solicitações dos usuários. É útil para designers que precisam de imagens rápidas e precisas para visualizar conceitos e ideias.

Figura 4: Imagens geradas pelo *Prompt Simples* (à esquerda) e pelo *Prompt Detalhado* (à direita) na IA Bing Image Creator.



Fonte: Bing Image Creator (2024).

- **Night Café** - Ferramenta de geração de arte com IA que permite aos usuários criar imagens estilizadas e artísticas a partir de prompts textuais. Utiliza algoritmos avançados para gerar visões impressionantes e detalhadas, oferecendo várias opções de estilo e técnicas artísticas. É ideal para designers que desejam adicionar um toque único e criativo aos seus projetos de interiores.

Figura 5: Imagens geradas pelo *Prompt* Simples (à esquerda) e pelo *Prompt* Detalhado (à direita) na IA *Night Café*.



Fonte: *Night Café* (2024).

- **Craiyon** - Anteriormente conhecido como DALL·E Mini, é uma ferramenta de IA que gera imagens com base em descrições textuais. Embora ofereça uma abordagem mais simplificada em comparação com outras ferramentas, é eficaz para criar conceitos visuais rápidos e acessíveis. É uma boa opção para designers que precisam de uma solução rápida e gratuita para a criação de imagens.

Figura 6: Imagens geradas pelo *Prompt* Simples (à esquerda) e pelo *Prompt* Detalhado (à direita) na IA *Craiyon*.



Fonte: Craiyon (2024).

- **Adobe FireFly** - *Adobe FireFly* é uma ferramenta avançada de geração de imagens com IA desenvolvida pela Adobe. Integra-se com o ecossistema *Adobe Creative Cloud*, oferecendo recursos sofisticados para a criação e edição de imagens. É ideal para profissionais de design de interiores que buscam alta qualidade e integração com outras ferramentas de design.

Figura 7: Imagens geradas pelo *Prompt* Simples (à esquerda) e pelo *Prompt* Detalhado (à direita) na IA *Adobe FireFly*.



Fonte: Adobe Firefly (2024).

- **Limewire** - Plataforma de criação de arte com IA que oferece geração de imagens a partir de descrições textuais, com um foco especial em arte digital e design gráfico. A ferramenta permite aos usuários explorar diferentes estilos e técnicas, e é útil para criar visões artísticas e inovadoras para projetos de interiores.

Figura 8: Imagens geradas pelo *Prompt* Simples (à esquerda) e pelo *Prompt* Detalhado (à direita) na IA *Limewire*.



Fonte: Limewire (2024).

5.2 Discussões

A partir dos estudos realizados em cada uma das ferramentas propostas por esse estudo iniciou-se uma análise comparativa das soluções geradas. Para isso usou-se na análise os seguintes critérios para a comparação dos softwares: Criatividade das soluções geradas; Qualidade da Imagem; Nível de detalhes da solução; qualidade da luz e sombra; facilidade de uso da interface; Custo; Capacidade de contribuir com o projeto (ver Quadro 1).

Quadro 1: Análise comparativa das ferramentas de IA usadas para projeto de design de interiores.

Software	Criatividade das Soluções Geradas	Qualidade da Imagem	Nível de Detalhe da Solução	Qualidade da Luz e Sombra	Facilidade de Uso da Interface	Custo	Capacidade de contribuir com projeto
Open Art	Gera imagens com soluções criativas e originais, adaptando bem os pedidos dos usuários, com grande flexibilidade artística.	A qualidade das imagens é boa, mas não atinge o nível de refinamento de alguns concorrentes como Adobe FireFly.	Oferece detalhes moderados, mas pode carecer de precisão em texturas e pequenos elementos em comparação com soluções mais avançadas.	A iluminação e sombras são básicas, gerando transições suaves, mas sem um nível elevado de realismo.	Interface simples e intuitiva, ideal para iniciantes, mas com poucas opções avançadas.	20 créditos grátis. Após esse uso o valor mínimo é de 12 dólares por mês para obter o Premium, com 5.000 créditos por mês	Útil em estágios iniciais de brainstorming e visualização de conceitos. Limitada para renderizações precisas de interiores.
Imagine Art	Criativo e variado nas soluções. É capaz de	A qualidade é satisfatória, mas pode sofrer em	Nível razoável de detalhe, mas não é o ponto mais forte do	Luz e sombras aplicadas de forma	Fácil de usar, interface amigável,	50 créditos por dia e a cada dia se renova.Ap	Boa para gerar inspirações rápidas.

	gerar composições personalizadas e inovadoras, com forte potencial para diferentes estilos artísticos.	resoluções mais altas ou em impressões detalhadas.	software, especialmente em projetos que exigem precisão.	convicente, mas não tão detalhadas quanto soluções mais profissionais como Adobe FireFly.	ideal para usuários intermediários.	o valor mínimo é de 8 dólares por mês para obter o Premium, com 550 créditos por mês	
Bing Image Creator	Oferece uma criatividade considerável, com respostas rápidas a prompts complexos, embora as soluções possam ser menos variadas do que as de alguns concorrentes.	A qualidade das imagens é bastante boa, com renderizações que podem atingir níveis satisfatórios para apresentações digitais.	Nível de detalhe alto, com capacidades decentes em superfícies e texturas, mas sem precisão elevada em comparações mais exigentes.	A iluminação e as sombras são bem representadas, mas carecem de realismo profundo em ambientes complexos.	Interface acessível e fácil de aprender, com um bom fluxo de trabalho para criação rápida.	100 créditos grátis. Após esse uso contínuo gratuito, mas as imagens levarão mais tempo para ficarem prontas.	Ajuda no processo de visualização de ideias iniciais de projeto. Não tem qualidade para apresentações profissionais.
Night Café	Bastante criativo, com foco em artes e visuais complexos. Oferece soluções inovadoras com alta capacidade de personalização artística.	A qualidade é satisfatória, mas pode sofrer em resoluções mais altas ou em impressões detalhadas.	Nível de detalhe bom, mas é mais voltado para abstração artística do que para projetos detalhados e realistas.	Iluminação e sombras decentes, com foco em efeitos mais estilizados do que realistas.	Interface muito fácil de usar, com boas opções para ajustes simples e personalizações.	5 créditos grátis. Após esse uso o valor mínimo é de 6 dólares por mês para obter o Premium, com 310 créditos por mês	Ótimo para gerar ideias artísticas ou conceitos. Não apresenta detalhes técnicos úteis para a área.
Craiyon	A criatividade é limitada em comparação a outros softwares, e as imagens tendem a ser mais genéricas e simples.	Qualidade inferior em comparação com outras ferramentas, com imagens que costumam ser pixeladas e com baixo nível de resolução. Além de criar imagens sem	Detalhes são bastante simples, e o software não se destaca na geração de texturas ou superfícies complexas.	A luz e sombra são básicas e frequentemente imprecisas, gerando imagens de baixo realismo.	Interface muito simples e direta, adequada para usuários iniciantes, mas com poucos recursos avançados.	Ferramenta grátis, mas se houver necessidade de que as imagens tenham um tempo menor para serem feitas é possível pagar 5	Útil apenas para inspiração inicial, mas não contribui de forma significativa para o design de interiores devido à baixa qualidade das soluções

		nexo.				dólares por mês.	geradas.
Adobe FireFly	Gera composições bastante criativas, principalmente para artes mais abstratas, paisagens ou estilos artísticos únicos.	Altíssima qualidade de imagem, adequado para trabalhos profissionais e apresentações detalhadas.	Alto nível de detalhe, sendo capaz de gerar texturas e superfícies realistas com precisão impressionante.	Luz e sombras geradas com realismo elevado, perfeitas para ambientes interiores, com transições suaves e efeitos de luz sofisticados.	Interface profissional, mas intuitiva para quem já conhece softwares Adobe, com uma curva de aprendizagem rápida para novos usuários.	25 créditos grátis. Após esse uso o valor mínimo é de 23 reais por mês para obter o Premium, com 100 créditos por mês	Excelente para designers de interiores, com capacidade de gerar soluções que podem ser aproveitadas diretamente no processo de projeto.
Limewire	Criatividade é moderada, com menos foco em soluções inovadoras e mais em uma abordagem prática e simples	A qualidade das imagens é bastante boa, com renderizações que podem atingir níveis satisfatórios para apresentações digitais.	Nível de detalhe moderado, com capacidades decentes em superfícies e texturas, mas sem precisão elevada em comparações mais exigentes.	Luz e sombra são aplicados com um bom nível de realismo, mas ainda abaixo de ferramentas como Adobe FireFly em termos de profundidade e sutileza.	Interface simples e intuitiva, acessível para todos os níveis de usuários, com boa variedade de recursos.	10 créditos por dia e a cada dia se renova. Após esse uso o valor mínimo é de 9,99 dólares por mês para obter o Premium, com 1000 créditos por mês.	Útil para gerar ideias e visuais artísticos.

Fonte: Autores (2024).

Os resultados mostram que a maioria das ferramentas possuem uma interface que atende bem ao critério de criatividade. Para o processo de projeto, o que se observa é que as ferramentas podem contribuir mais ou menos com o processo de concepção do projeto. Algumas apresentam soluções com um nível de detalhe muito útil para auxiliar o processo de projeto. Outras são soluções mais genéricas e pouco contribuem para o desenvolvimento das especificações do projeto.

Do ponto de vista da facilidade de uso das ferramentas o que se observa é que todas elas são simples e com uma interface intuitiva, o que não vai demandar muito tempo de aprendizagem e nem interferir no processo criativo dos projetistas.

Por outro lado, é necessário que os projetistas se capacitem na realização de síntese dos seus ideários de projeto por meio da criação de prompts que expressem suas ideias. O que se observou em todos os softwares é que a qualidade da estrutura do *prompt* vai impactar na qualidade criativa das soluções geradas. Pensar de maneira textual na solução a ser desenvolvida poderá ser uma habilidade futura dos designers de interiores.

Independentemente do software testado, quanto mais preciso e detalhado o *prompt* melhor a solução representará os anseios dos projetistas. É claro que algumas ferramentas expressam melhor o ideário de projeto que outras, e, por isso, possuem uma melhor capacidade de auxiliar o processo criativo do projetista, mas a estruturação do *prompt* precisa ser pensando sempre.

Por fim, é importante considerar que em todas as ferramentas analisadas o output foi sempre uma imagem de uma solução proposta. Isso é interessante para as etapas iniciais do projeto, mas ainda é um passo inicial para o design de interiores. Mesmo em algumas ferramentas, como na *Adobe FireFly* a qualidade da imagem seja num nível profissional, ainda é apenas uma imagem visual, contribuindo bem para o processo criativo dos designer, mas não trazendo sugestões de outros tipos de informação importantes na área, como especificações de materiais, dimensões precisas, nível lumínico, aspectos ergonômicos e tantas outras especificações que poderiam virer juntamente com as imagens.

O que se observa recentemente é que o uso do IA vem ultrapassando o uso como aqueles presentes em ferramentas como as estudadas neste artigo e vêm sendo incorporadas em *softwares* de modelagem usados em design de interiores (como, por exemplo, o *Archicad* ou o *Revit*). A vantagem, por enquanto, é que dessa forma utiliza-se a IA em espaços com uma definição geométrica já estabelecida. Mesmo assim, os *outputs* gerados são ainda em forma de imagens, utilizando-se apenas a base geométrica. Mesmo assim, já é um avanço que tenderá a se consolidar como instrumento diário de ajuda aos projetistas da área.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas de geração de soluções de projeto baseadas na Inteligência Artificial analisadas neste artigo apresentam potenciais significativos para o uso como instrumento de auxílio à concepção de projeto na área de design de interiores. Mesmo assim, as mesmas possuem limitações que devem ser consideradas na escolha delas para o trabalho do designer. Identificar e avaliar as vantagens e os desafios das ferramentas estudadas neste artigo pode dar uma visão mais abrangente sobre as capacidades criativas, a qualidade das imagens geradas e a interface dessas ferramentas.

Entre as ferramentas analisadas o *Adobe FireFly* e *Bing Image Creator* destacaram-se pela sua capacidade de gerar soluções de projeto com alta qualidade de imagem, detalhes precisos, iluminação realista e boa aderência aos *prompts* fornecidos. Essas características tornam essas ferramentas recomendadas para serem usadas nas fases iniciais de desenvolvimento de projetos, proporcionando respostas criativas e flexíveis, além da geração de imagens com clareza e fidelidade à ideia inicial. No entanto, o custo relativamente elevado de ferramentas, como o *Adobe Firefly*, pode ser um fator limitante para alguns profissionais, especialmente para aqueles em estágios iniciais de carreira.

Por outro lado, ferramentas como *Open Art* e *Imagine Art* demonstraram grande potencial nas fases de *brainstorming*, oferecendo soluções criativas e inovadoras com bom custo-benefício. No entanto, carecem de detalhes e precisão técnica que são no auxílio à concepção de projetos. Já o *Crayon*, embora acessível e com uma interface simples, mostrou-se uma ferramenta de pouca qualidade criativa, gerando soluções de design de interiores sem foco e desconexas no uso de ambos os *prompts*.

Quanto à relação custo-benefício, *Limewire* apresenta uma opção econômica com boa qualidade, mas é mais adequado para processos exploratórios, onde o nível de precisão não é uma exigência primária. O *Night Café*, com seu enfoque mais artístico, apesar de não ter aderido ao *prompt* 100%, é uma ferramenta útil para concepções criativas um pouco mais abstratas, mas apresenta limitações na geração de soluções funcionais para projetos técnicos.

No aspecto usabilidade, todas as ferramentas analisadas oferecem interfaces intuitivas, permitindo que designers de diferentes níveis de experiência as utilizem com facilidade. Assim, essas ferramentas não apenas podem ampliar os espaço de

soluções dos projetistas, mas de maneira rápida, intuitiva, e sem tornar mais lento o processo de projeto dos designers de interiores.

Por fim, é importante considerar que a análise comparativa empreendida neste artigo pode subsidiar projetistas na escolha de ferramentas de IA existentes no mercado. Profissionais que buscam alta precisão e qualidade visual devem optar por soluções como *Adobe Firefly* ou *Bing Image Creator*. Já aqueles que precisam de ferramentas acessíveis para experimentação inicial podem encontrar em *Open Art* e *Imagine Art* opções viáveis. Independentemente da solução a ser usada, o que esse artigo pode observar é que a IA aplicada ao design de interiores revela-se como um instrumento valioso para potencializar a criatividade, otimizar processos e atender às demandas personalizadas dos clientes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Revolução da Realidade Virtual e Aumentada: expandindo os horizontes da experiência humana. CRIAR Tec, 21 fev. 2024, <https://criartec.pt/a-revolucao-da-realidade-virtual-e-aumentada-expandindo-os-horizontes-da-experiencia-humana/>.

BRQ, Redação. **Machine Learning, Deep Learning e a evolução da Inteligência Artificial.** Insights BRQ, 17 jul. 2023. Disponível em: <https://blog.brq.com/inteligencia-artificial-machine-learning-deep-learning/>.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The second machine age:** work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. W. W. Norton & Company, 2014.

DUBEY, Avinash. **The art of harmonious spaces:** balancing aesthetics and functionality in interior design. Axiomstudio, 17 jul 2023, <https://www.axiomstudio.in/post/the-art-of-harmonious-spaces-balancing-aesthetics-and-functionality-in-interior-design>.

HUI, Jiang. **Approach to the interior design using augmented reality technology.** Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications (ISDEA), IEEE, 2015, p. 163–66. DOI. Org (Crossref) <https://doi.org/10.1109/ISDEA.2015.50>.

KAUFMAN, Dora. Inteligência artificial e os desafios éticos: a restrita aplicabilidade dos princípios gerais para nortear o ecossistema de IA. **PAULUS:** Revista de Comunicação da FAPCOM, v. 5, n. 9, jun. 2021. DOI. Org (Crossref) <https://doi.org/10.31657/rcp.v5i9.453>.

Leia o texto do convite que criou o termo inteligência artificial. Época Negócios, 22 ago. 2022. Disponível em:

<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/03/leia-o-texto-do-convite-que-criou-o-termo-inteligencia-artificial.html>.

LIU, Viviane. **Design guidelines for prompt engineering in text-to-image generative models**. Columbia University, 2022. Disponível em: https://www.cs.columbia.edu/~chilton/web/my_publications/LiuPromptsAIGenArt_CHI_2022.pdf. Acesso em: 12 set. 2024.

MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. 1.ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018. Cap.1, p.15-34.

MANOVICH, Lev. **AI Aesthetics**. Moscow: Strelka Press, 2018.

MOURA, Adelina; Ana Amélia Carvalho. Literacia de prompts para potenciar o uso da inteligência artificial na educação. **RE@D-Revista de Educação a Distância e Elearning**, dez. 2023, p.e 202308 Páginas. DOI. Org (Datacite), <https://doi.org/10.34627/REDVOL6ISS2E202308>.

NAJIMA, Fabiana Mitsue. Ciberperformances e a Cibernética. **Revista Outras Fronteiras**, vol. 7, nº 1, out. 2020, p. 293–311. periodicoscientificos.ufmt.br, <https://periodicoscientificos.ufmt.br/outrasfronteiras/index.php/outrasfronteiras/article/view/364>.

OTSUKA, R.H. **Tecnologias emergentes no design de interiores**. São Paulo: Editora Senac, 2024.

OXMAN, Neri. Age of Entanglement. **Journal of Design and Science (JoDS)**, MIT Media Lab, 2016. Disponível em: <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/AgeOfEntanglement>. Acesso em: 6 set. 2024.

Schumacher, P. Parametricism 2.0: rethinking architecture's agenda for the digital age. **Architectural Design**, 2020.

Stanford University, United States AUERNHAMMER of America, e Jan Auernhammer. **Human-centered AI**: the role of human-centered design research in the development of AI. 2020. DOI. Org (Crossref) <https://doi.org/10.21606/drs.2020.282>.

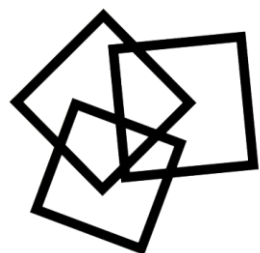
The Importance of Ergonomics in Interior Design for Enhancing Comfort and Productivity. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/importance-ergonomics-interior-design-enhancing-comfort-mavuri-r19gc>. Acesso: 5 set. 2024.

VITORINO, Andreia. **Princípios de design de interiores: estética e função**. 30 de janeiro de 2024, <https://almainteriores.pt/blog/conceitos/principios-design-interiores/>.

YANHUA, Liu. **Research on the application of artificial intelligence in interior design**. International Journal of Science and Engineering Applications, Junho de 2024. P. 24-29. DOI. org(Crossref), <https://doi.org/10.7753/IJSEA1307.1007>.

ZUBOFF, S. **The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power.** Public Affairs, 2019.





REVISTA

GEOMETRIA GRÁFICA

Integração entre prototipagem e fabricação em FABLABS: uma abordagem prática para o ensino de design de produtos

Integrating prototyping and manufacturing in FABLABS: a hands-on approach to product design

Luisa Negraes

eschbergerluisa@gmail.com

Graduanda da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

<https://orcid.org/0009-0009-7557-6390>

Maria Carolina Sturm dos Santos

mariacarol.sturm@gmail.com

Graduanda da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

<https://orcid.org/0009-0004-2377-3759>

Ivan Luiz de Medeiros

ivan.medeiros@ufsc.br

Professor Dr. da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-2552-6239>

Recebido em: 05/07/2024

Aceito em: 03/11/2024

RESUMO

Dentro do processo de criação de design, independente da metodologia adotada pelo projetista, a prototipagem tem papel central no desenvolvimento de produtos, seja no mercado ou no âmbito acadêmico. Por ser uma área diversa, o processo de fabricação se apresenta de diversos modos, e aliados com conceitos de Cultura *Maker*, ou seja, um espaço para desenvolvimento, como Fablabs, agregam na experiência de aprendizado e formação profissional. Assim, este artigo tem como objetivo contextualizar os princípios dos FabLabs e explorar seu papel na sociedade atual com os processos de prototipagem e fabricação digital, de modo a exemplificar com projetos realizados no Pronto3D, laboratório de fabricação da Universidade Federal de Santa Catarina. Apresentando e discutindo os resultados de três processos de materialização realizados por alunos na disciplina de Prototipagem sendo eles: manual, corte à laser e impressão 3D. Pode-se concluir sobre a importância da



materialização tanto manualmente quanto por meios digitais para o processo de ensino e aprendizagem no campo do Design de Produto.

PALAVRAS-CHAVE: prototipagem; fablabs; fabricação digital; ensino em design.

ABSTRACT

Within the design creation process, regardless of the methodology adopted by the designer, prototyping plays a central role in product development, whether in the market or in the academic field. As it is a border area, the manufacturing process is presented in different ways, and, combined with concepts of Culture Maker and space for development, such as Fablabs, add to the student's learning experience. Thus, this article aims to contextualize the principles of FabLabs and explore their role in today's society with prototyping and digital manufacturing processes, in order to exemplify with projects carried out at Pronto3D, the manufacturing laboratory of the Federal University of Santa Catarina. Presenting and discussing the results of three materialization processes carried out by students in the Prototyping discipline, namely: manual, laser cutting and 3D printing. Being able to conclude on the importance of materialization both manually and by digital means for the teaching and learning process in the field of Product Design.

KEYWORDS: prototyping; fablabs; digital fabrication; teaching in design.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com o acesso, assim como disseminação, de informação e conhecimento, houve uma transformação na capacidade de atender as necessidades do mercado, ao passo que a rápida evolução das tecnologias digitais de fabricação acarretou uma revolução na maneira como projetamos e fabricamos objetos. A união desses fatores possibilita a redução de tempo no processo de desenvolvimento, assim como validar em diversos momentos os conceitos explorados, que culminam na obtenção de resultados mais favoráveis e facilita a comunicação entre os envolvidos no processo.

O Design é uma área em constante movimento, uma vez que tem como pilar basal a inovação, assim como a busca da satisfação de necessidades, cada vez mais específicas, dos clientes e consumidores. Portanto, faz-se indispensável a preparação

dos estudantes sobre o domínio das técnicas de prototipagem atualizadas em prol da construção de habilidades do futuro profissional. Nesse cenário, surgiram espaços para propagar a utilização dessas tecnologias e para o incentivo da inovação e criatividade - os FabLabs, ou Laboratórios de Fabricação (Palhais, 2015).

Segundo Medeiros (2016), a trajetória mais comum no processo de desenvolvimento de produto é começar com o abstrato (ideia) e passar para o físico (produto), cabendo aos designers as tomadas de decisão importantes ao longo do processo. A criação de soluções materializadas na fase de concepção de projeto é uma solução para minimizar os eventuais erros, agilizar o processo e aumentar a precisão. A prototipagem virtual domina o mundo do design hoje, apesar do fácil acesso a tecnologias 3D que podem se materializar diretamente de arquivos digitais. Neste sentido ações projetuais que buscam conectar situações que proporcionam uma construção de conhecimento técnico que contribua para o processo criativo pode gerar um diferencial no repertório dos alunos de Design.

Desta maneira esse trabalho tem como objetivo geral apresentar as atividades realizadas no laboratório PRONTO3D, demonstrando a importância da materialização por meios digitais no processo criativo dos acadêmicos do curso de Design de Produto. Como objetivos específicos, pontuamos: (a) compreender a importância da cultura *Maker* no contexto acadêmico; (b) apresentar o laboratório PRONTO3D e suas tecnologias; e por último (c) mostrar os resultados obtidos na disciplina de prototipagem.

O presente artigo caracteriza-se como natureza aplicada, que de acordo Prodanov e Freitas, (2013) objetiva produzir conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolvendo verdades e interesses locais. Segundo os mesmos autores a abordagem é qualitativa, pois a pesquisa tem o ambiente como fonte direta dos dados. O pesquisador mantém contato direto com o ambiente e o objeto de estudo em questão, necessitando de um trabalho mais intensivo de campo.

A metodologia proposta é pautada inicialmente em uma revisão de literatura sobre a temática da Cultura *Maker*, sequencialmente a apresentação do laboratório Pronto3D bem como os processos de materialização mais comuns de um FabLab. Posteriormente descreve-se as três situações de projeto executadas dentro da disciplina de Prototipagem, primeiramente uma ação totalmente manual, posterior a

isso uma ação projetual que utiliza o processo de corte a laser e a outra aplicando a impressão 3D.

2 DESENVOLVIMENTO

Perante os objetivos definidos, optou-se por fazer uma breve introdução aos conceitos centrais do tema: Cultura Maker, FabLabs e prototipagem rápida, ao passar por técnicas de fabricação manuais e digitais, como a CNC e a Impressão 3D.

A combinação dos conceitos citados acima proporciona um rico quadro de suporte para os novos meios de fabricação e ensino, ao estimular a interação, criatividade, colaboração e inovação. Essas ferramentas e espaços proporcionam oportunidades para que ideias sejam concretizadas e soluções sejam desenvolvidas de maneira ágil e acessível. Como resultado, observa-se um impacto significativo em diversas áreas, como design, arquitetura e demais, transformando a forma de projetar, produzir e interagir com o mundo material (Costa; Pellegrini, 2017).

2.1 Cultura *maker*

O movimento *Maker* pode ser considerado uma extensão da cultura *DIY* (*do it yourself*) ou “faça você mesmo” que se baseia em práticas de criação, construção, modificação e conserto de algo com o uso de ferramentas e máquinas tradicionais ou digitais. Assim, incentivando um aprendizado a partir da criação e descoberta (Pinto, 2018).

Conforme Dougherty (2016), o movimento *Maker* sinaliza para uma transformação social, cultural e tecnológica que nos convida a participar como produtores e não apenas consumidores. Ele está mudando a forma como podemos aprender, trabalhar e inovar. É aberto e colaborativo, criativo e inventivo, mão-na-massa e divertido.

Nesse contexto, foram desenvolvidos os chamados FabLabs - Laboratórios de fabricação digital - espaços criados para estimular a criatividade e o conhecimento, colocando em prática a cultura *Maker*, e proporcionando tecnologias de prototipagem e fabricação de baixo custo.

Dentro dos FabLabs encontramos uma variedade de equipamentos: como impressoras 3D, cortadoras a laser, fresadoras CNC, máquinas de corte de vinil, ferramentas eletrônicas e de soldagem, entre outros. A partir desses equipamentos e

com base na filosofia "faça você mesmo", esses laboratórios visam promover a criatividade, inovação e a colaboração entre os usuários (Bastos, 2014).

2.2 PRONTO3D

Com o objetivo de contextualizar as ações realizadas no laboratório pode-se destacar Mikhak, *et. al* (2002), que conceitua os FabLabs por afirmar espaços que possuem um conjunto de instrumentos para design, modelação, prototipagem, teste, fabricação e documentação. Tal ferramentas apresentam potencial para uma vasta gama de aplicações na educação formal e informal, saúde e ambiente, assim como para o desenvolvimento econômico e social.

Desta maneira apresenta-se o PRONTO3D, que pertence à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado em Florianópolis, composto por docentes pesquisadores, alunos de graduação e pós-graduação, bem como participantes de programas de iniciação científica e outras iniciativas semelhantes. O laboratório também conta com o certificado da Rede FabLab, conquistando o título oficial da categoria FabLab.

As atividades realizadas no laboratório têm como objetivo promover a sinergia de tecnologias de ponta com a criatividade em projetos inovadores e workshops de capacitação. Para isso, o laboratório adota uma estratégia baseada em cinco pilares essenciais: ludicidade, eficiência, colaboração, criatividade e versatilidade. Esses pilares sustentam as características fundamentais do laboratório, garantindo que aspectos como: lúdico, eficiente, colaborativo, criativo e versátil (Pupo, 2017).

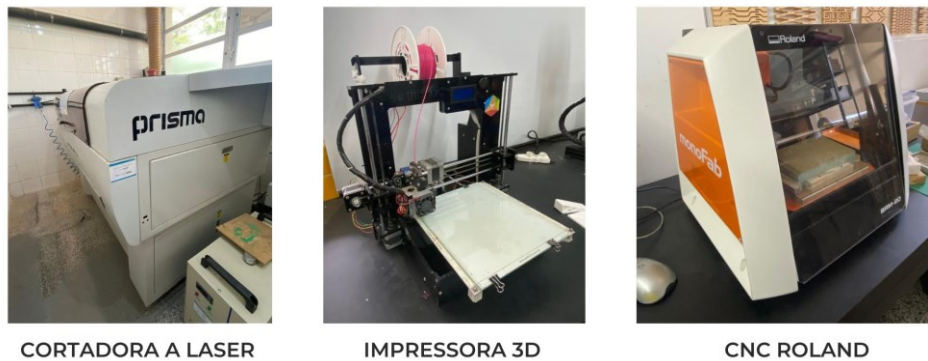
O PRONTO3D Florianópolis é utilizado por disciplinas dos cursos de graduação em Design, Design de Produto e Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), assim como da pós-graduação. As aulas, que podem ser teórico-práticas ou apenas práticas, utilizam as tecnologias disponíveis no laboratório como parte integrante do processo de projeto. Além de objetivar promover a educação, almeja impulsionar o estado de Santa Catarina a se tornar uma referência competitiva tanto a nível nacional quanto internacional no âmbito técnico criativo (Pupo, 2017).

A REDE PRONTO3D atualmente possui laboratórios nas cidades de Criciúma e Chapecó, os quais são responsáveis por atender cursos de Design, Arquitetura, Engenharias e outras áreas relacionadas à criação, desenvolvimento e produção de modelos, protótipos, maquetes e produtos em escala real. Esses laboratórios

desempenham um papel fundamental em todas as fases do processo de projeto (Pupo, 2017).

O PRONTO3D utiliza a fabricação digital como meio de materialização da forma, empregando tecnologias de produção automatizada em três modalidades: aditiva, subtrativa e formativa. Na fabricação aditiva, o PRONTO3D Florianópolis possui impressoras 3D de tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling) (Figura 1), que utilizam polímeros como PLA, ABS, PETG e TPU para a produção de modelos de forma aditiva, com tecnologia nacional. O corte a laser é uma tecnologia subtrativa utilizada para cortar diversos materiais, como papel, papelão, EVA, compensado, cortiça, tecidos, entre outros, com alta precisão e qualidade, a partir de um desenho digital (Pupo, 2017).

Figura 1: Equipamentos do laboratório Pronto3D.



Fonte: dos autores (2024).

O FabLab conta também com uma Router CNC (Computer Numeric Control) de 2,5 eixos e dimensões 3,00 x 2,00 x 0,15m. Essa máquina é utilizada para fabricar elementos de grande porte, tanto para corte de perfil quanto para desbaste de material. Possui também uma CNC de pequeno porte, com dimensões de 203,2mm x 152,4 mm x 70mm, é utilizada para pequenos desbastes em diversos materiais. O Vacuum Forming é um processo de termoformagem utilizado para conformação de materiais plásticos comumente aplicados na confecção de embalagens (Pupo, 2017).

3 PROCESSOS E TÉCNICAS DE FABRICAÇÃO EM FABLABS

Nesse contexto destaca-se a importância da materialização no processo de desenvolvimento de produto, pois segundo Evans (1992 *apud* Pereira, *et al*, 2017) a análise das relações entre os componentes e suas formas é mais eficaz quando parte-se da perspectiva de três dimensões, ou seja, para avaliar as ideias geradas é

vantajoso fazer esse parecer por meio do mundo físico. Assim, com a manipulação de materiais, tem-se a união dialética da aplicação do seu conhecimento através da utilização das suas ferramentas.

A fim de atender uma variedade de necessidades, a etapa de prototipação toma forma das mais diversas maneiras, utilizando as mais variadas técnicas e tecnologias. Estes métodos de prototipagem e fabricação podem ser classificados em tradicionais e digitais, onde a diferença encontra-se nas ferramentas utilizadas no processo, caminhando entre o manual e o tecnológico ao usufruir de softwares e máquinas de Prototipagem Rápida (Pereira et al, 2017).

O mesmo autor complementa afirmando que os modelos em escala também facilitam métodos de prototipagem de experiência em pequena escala, assim como adiantam o processo de validação de ideias ao auxiliar na logística de construção dos mecanismos pensados. Os modelos em tamanho real, por outro lado, permitem experiências imersivas, como ensaios investigativos ou orientações de processos. Esses modelos incentivam a exploração aprofundada e o refinamento assertivo do design iterativo.

Conforme o exposto, pode-se entender que a partir dos diferentes métodos e tecnologias de fabricação digital é possível transformar ideias em realidade, ou seja, protótipos. Nesse contexto, nos próximos tópicos serão apresentados alguns dos métodos mais comuns de fabricação utilizados em FabLabs, mais especificamente: manual, corte a laser e impressão 3D.

3.1 Fabricação manual

Para a construção de modelos e protótipos os profissionais podem fazer uso de diversos materiais, como a argila, o gesso, a plastilina, o clay, a espumas de poliuretano, a madeira, o papel, as chapas de poliestireno, o isopor, massa epóxi, entre muitos outros.

A materialização com papelão, especificamente, é um método comumente empregado para construção de mock-ups, prototipagem de baixa fidelidade e teste de objetos físicos. Essa técnica de construção envolve a agilidade e o uso de materiais baratos. Além disso, pela natureza do material, é comumente usado em ação conjunta com diversos outros materiais do mesmo padrão, como espuma, plasticina e fita adesiva (Palhais, 2015).

Como exposto anteriormente, a materialização manual desempenha um papel fundamental nos processos de criação em design, que pode oferecer diversas vantagens significativas para o projeto. Uma das vantagens mais evidentes é o menor custo dos materiais utilizados. Ao optar pela prototipagem manual, os designers não necessitam de softwares e máquinas sofisticadas para sua materialização, pois empregam materiais de fácil disponibilidade e baixo custo (Pereira, et al, 2017).

Além disso, a prototipagem manual tem ligação íntima com o incentivo à especificidade e criatividade. Os designers podem criar protótipos personalizados e adaptados às suas necessidades específicas. Outra vantagem importante da prototipagem manual é a possibilidade de obter uma maior variedade de acabamentos (Theis, et al, 2022).

Por fim, a materialização manual oferece uma maior amostra de tipos de teste de validação. Os designers podem criar diferentes versões de mock-ups e modelos para experimentar e validar aspectos do design com precisão, como usabilidade, ergonomia, interação e aceitação do usuário. Esses testes permitem identificar possíveis melhorias e ajustes antes de investir em processos de fabricação mais caros e complexos.

3.2 Corte a laser

Segundo o site Automatiza, o processo de corte se baseia em um feixe de laser guiado dentro da máquina de corte e, ao encostar na peça, o material aumenta a temperatura até que o mesmo seja cortado - ou apenas demarcado. Para isso, inicialmente é necessário a preparação de desenhos bidimensionais digitais, a fim de que os desenhos em CAD possam ser planejados já prevendo os possíveis encaixes para posterior montagem manual, de modo a construir modelos físicos tridimensionais.

A facilidade do uso do corte a laser torna essa tecnologia a mais utilizada e procurada por alunos e pesquisadores. Nesse sentido, percebe-se que o corte a laser de fato apresenta muitas vantagens, entretanto apresenta limitações pontuais. Dentre suas vantagens podemos destacar: precisão - visto que realiza cortes limpos e detalhados com acabamento de alta qualidade; versatilidade - devido a ampla variedade de materiais que podem ser utilizados; agilidade na produção - pois é um processo rápido em comparação com outros métodos de corte convencionais; e a

flexibilidade de um design complexo - o corte a laser permite a criação de designs complexos e personalizados.

Por outro lado, suas limitações principais são: espessura limitada - esse método apresenta limitações na espessura do material que será cortado, sendo que materiais mais espessos podem exigir outros métodos de corte; restrições de materiais - como citado anteriormente; e limitações de tamanho - o tamanho da área de trabalho da máquina de corte pode impor limitações ao tamanho das peças que podem ser cortadas, muitas vezes precisando ser feito em mais de uma etapa.

3.3 Impressão 3D

A terceira técnica explorada neste trabalho é a Impressão 3D, que, segundo Aguiar (2017), serve para construir sólidos tridimensionais, camada por camada, umas sobre as outras, até formar o objeto, assim atribuída de caráter aditivo. Pode ser chamada então de manufatura aditiva, pois a matéria-prima vai sendo adicionada gradualmente até concluir a construção de um objeto.

Essa tecnologia permite a criação de protótipos e produtos finais a partir de um modelo 3D digital do objeto que se deseja imprimir. Este pode ser feito em programas de modelagem 3D - como *SolidWorks* e *Rhinoceros* - ou acessando modelos prontos de bancos de dados online. Em seguida, após a criação do produto, deve ser feita a escolha do material, como plástico ABS, policarbonato, poliéster, etc, que servirá de filamento - sendo aquecido e derretido para ser depositado camada por camada formando o objeto. Por fim, é realizada a configuração da impressora, ou seja, a velocidade da impressão, altura da cama, densidade de preenchimento e suportes necessários. Além disso, depois de impresso o produto pode passar por processos de acabamentos, como a remoção de suportes, lixamento, pintura e polimento.

Conforme o site Printit 3D a impressão 3D apresenta diversas vantagens em relação a outros métodos de fabricação - como a velocidade, possibilidade de geometrias complexas, customização, redução de risco no produto final, acessibilidade e menor geração de resíduos.

4 PROJETOS DESENVOLVIDOS EM FABLAB

Com o intuito de aproximar e vincular os elementos teóricos expostos acima, será detalhado os procedimentos adotados para o desenvolvimento e materialização

de projetos de produtos por meio de fabricação manual e digital em um ambiente acadêmico de um FabLab. Diante disso, espera-se explicitar a relação da objetivação da ideia com os processos de materialização.

Os trabalhos aqui apresentados foram desenvolvidos como parte do programa de estudos da disciplina de Prototipagem, pertencente à quinta fase do curso de Design de Produto da Universidade Federal de Santa Catarina. Os projetos foram realizados no âmbito do laboratório PRONTO3D, ambiente especializado e equipado com recursos avançados para modelagem e produção tridimensional, assim como profissionais responsáveis disponíveis para auxiliar.

Apresenta-se a seguir o resultado dos três processos/técnicas citados anteriormente: atividade de materialização manual, aplicação do corte à laser e também a impressão 3D.

4.1 Projeto de luminária de papelão

A essência da prototipagem de papelão está no próprio processo de prototipagem. Serve para materializar o conceito inicial e explorar seus meandros, pontos fortes e fracos. Para agilizar o processo, muitas vezes é benéfico criar várias versões em escala menor antes de fazer a transição para protótipos em escala real. O modelo de produção analógico implica na necessidade de definição de técnica e material mais interessantes para seu desenvolvimento particular (Palhais, 2015).

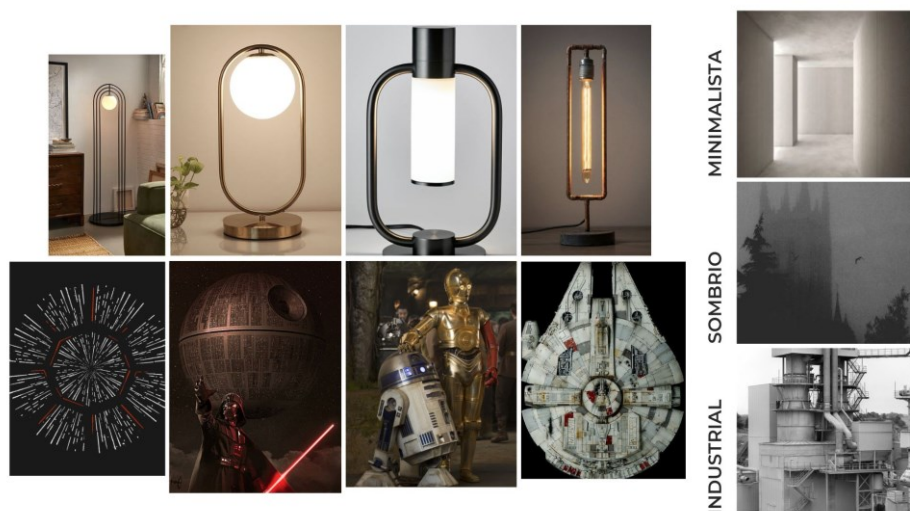
A primeira atividade proposta envolveu o desenvolvimento de uma luminária a partir da técnica de cortes e vincos utilizando papelão, com as seguintes especificações: as peças devem ser planificadas e podem ser coladas. Além disso, a luminária deve medir um metro e seguir a temática de Star Wars. A fim de ajudar na geração de ideias e no processo criativo, decide-se por realizar a pesquisa exploratória, onde inicialmente foram desenvolvidos dois quadros visuais: um com luminárias, e outro que explora a temática proposta (Figura 2).

Após o briefing, partiu-se para o desenvolvimento: propor uma luminária equilibrada e aberta, com cantos arredondados. Assim, optou-se por um modelo no qual a base seria menor que o corpo, com sua frente vazada. Logo em seguida, definiu-se as medidas iniciais básicas para melhor relacionar a proporção e conexão das peças.

Como etapa de experimentação, foram desenvolvidos modelos testes em escala reduzida das três principais ideias iniciais. Cujo objetivo foi fazer o planejamento dos cortes, dobraduras e vincos, para o plano material, ajudando na visualização das ideias. Assim, pode-se observar os pontos fortes e fracos de cada conceito, suas limitações e possíveis áreas de ajustes, bem como o planejamento de recursos de estruturação da luminária.

A estética geral do projeto foi pautada aos moldes retrô futurista dos anos 80, com imagens relacionadas à exploração do espaço, criação de mundo e galáxias. Nos objetos, notou-se cores mais primárias, assim como presença de brancos e pretos, formas mais simplificadas, retilíneas, porém que se complementam, aludem a ideia de complexidade, tecnologia. A paleta deu-se pelas cores apresentadas no painel de conceito e associadas com a estética do personagem central escolhido como inspiração: *Darth Vader*. Como conceitos, optaram-se por expressar as ideias de minimalista, sombrio e industrial (Figura 2).

Figura 2 : Moodboard de inspiração.



Fonte: dos autores (2023).

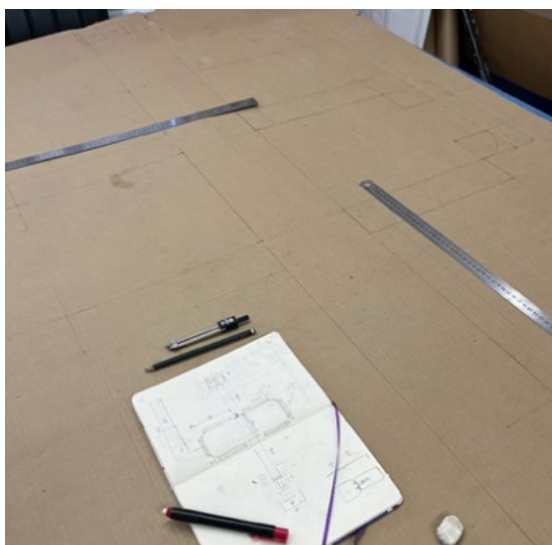
Para a viabilização da ideia (Figura 3 e 4), levando em consideração os requisitos e a estabilidade do produto, dividiu-se a luminária em duas estruturas maiores, planificando-as objetivando maior conectividade e praticidade. Aqui também foram definidas as medidas finais de todos os componentes. Após essa etapa, segue-se para a segunda fase de testes, onde buscou-se validar a viabilidade do projeto por meio físico.



Fonte: dos autores (2023).

Sequencialmente iniciou-se a terceira fase do projeto: de montagem e acabamentos. A primeira etapa no processo de montagem foi a transposição dos sketches das peças em papelão (Figura 6), demarcando o local dos cortes, vincos e dobraduras, diferenciando-os por meio de hachuras.

Figura 6: Papelão demarcado conforme os moldes.



Fonte: dos autores (2023).

Em seguida, as peças foram cortadas com estilete e testadas. Para garantir o controle das medidas e encaixes, as peças foram montadas (Figura 6) sem encaixe fixo, brevemente mantidas em pé com fita crepe, para sustentação.

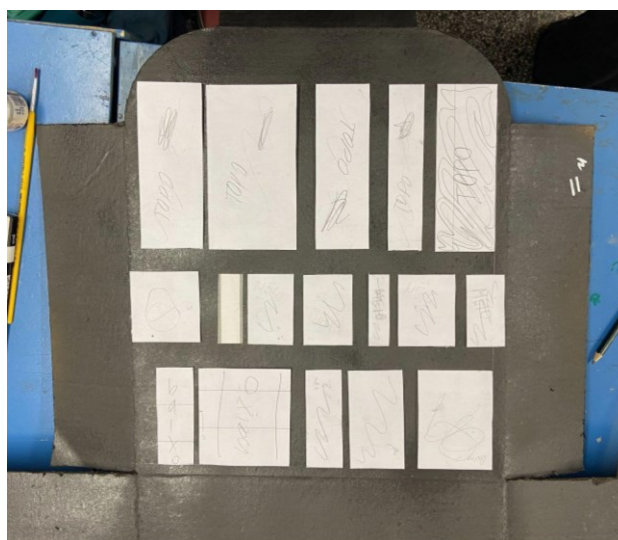
Figura 7: Peças já cortadas e coladas com fita crepe.



Fonte: dos autores (2023).

Assim que a forma e encaixes foram aprovados, passou-se para a etapa de acabamento, no qual as partes foram pintadas completamente (Figura 6 e Figura 7) com tinta spray grafite preto. Logo após, foram desenvolvidos os decalques necessários para a criação da estampa do produto, inspirada pelo moodboard do tema, especificamente o padrão cibernético da Estrela da Morte, objeto icônico do filme.

Figura 8: Decalques para pintura.



Fonte: dos autores (2023).

Figura 9: Processo de pintura com tinta spray do produto final.



Fonte: dos autores (2023).

Por fim, pintou-se de grafite cinza ambas as peças, tendo a base com os moldes de pintura e finalizada com caneta posca branca. Como resultado, (Figura 8) obteve-se uma luminária diferenciada e que atende todos os requisitos do projeto.

Figura 10: Luminária obtida como resultado final.



Fonte: dos autores (2023).

Ao final da atividade foi possível verificar a facilidade e agilidade no processo de materialização utilizando um material simples como o papelão e ferramentas de baixo custo como o estilete e uma escala graduada. Para o projeto a construção de

um modelo em escala reduzida trouxe experiência indicando possíveis problemas na produção da peça.

4.2 Projeto de superfície de assento

Como proposta de projeto para o segundo método de produção definiu-se o desenvolvimento de superfícies de assento para serem confeccionados por corte a laser. Como requisito principal, além do modo de corte, exige-se a montagem em interlocking das peças. As dimensões e componentes presentes no banco foram estabelecidas respeitando as tabelas antropométricas. Outro ponto essencial reforçado pelo briefing é a consideração da estabilidade do objeto para ser produzido com papelão.

Logo após, seguiram-se a mesma ordem lógica do projeto anterior descrito, ao realizar-se uma pesquisa visual e sintetizá-la por meio da construção dos painéis imagéticos do projeto, assim como os painéis de conceitos, definidos por: minimalista, fluido e temático (Figura 11). Com base nos conceitos e ideias definidas, optou-se por explorar a forma de uma maneira mais interessante, assim decidiu-se por um banco puff redondo, trabalhando o conceito de diversão.

Figura 11: Moodboards de inspiração.

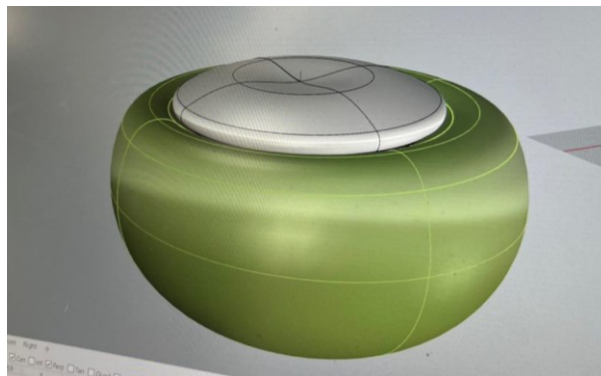


Fonte: dos autores (2024).

Iniciando a modelagem tridimensional, na qual foi utilizado o software Rhinoceros para a criação do produto, optou-se pela forma que cumprisse com o requisito de estabilidade e diversão. O modelo selecionado (Figura 12) explora a forma

de uma azeitona, dividido em corpo e caroço, feito assim em prol do conforto do usuário.

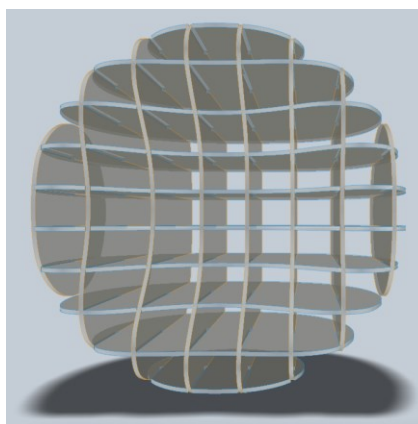
Figura 12: Modelagem digital realizada no Rhinoceros.



Fonte: dos autores (2023).

Pela proposta construtiva do projeto, foi utilizado o software SlicerforFusion360 da Autodesk, responsável por criar os planos de corte (Figura 13) a serem enviados para a Cortadora a Laser. Para o corpo, utilizou-se a técnica construtiva interlock com doze fatias em ambos os eixos, mas para melhorar a experiência e conforto, optou-se por fazer o assento, o caroço, com empilhamento de camadas (papelão).

Figura 13: Modelagem 3D dividida nas peças para o corte à laser.



Fonte: dos autores (2023).

A próxima fase consistiu na preparação do material (Figura 14) de acordo com as especificações da cortadora a laser, por meio da criação de chapas de papelão com tamanho 85x65cm.

Figura 14: Processo de demarcação e corte das chapas basais.



Fonte: dos autores (2023).

Para a validação das dimensões e eficácia dos encaixes planejados, foram criadas duas chapas a mais para a realização do teste. Logo após, cortou-se o tecido escolhido (poliéster, verde musgo) nas mesmas dimensões, unindo os componentes com uma solução diluída de cola branca. Com as pranchas feitas, foram formatados os arquivos do SlicerforFusion360 em DXF e logo após, com o auxílio dos monitores do PRONTO3D responsáveis pela cortadora laser, as peças foram cortadas (Figura 15 e 16). Para finalizar, foi feita a junção das peças (Figura 17) por meio dos encaixes e colagem.

Figura 15: Peças testes cortadas.



Fonte: dos autores (2023).

Figura 16: Peças de interlocking e empilhamento já cortadas.



Fonte: dos autores (2023).

Figura 17: Encaixe das peças prontas.



Fonte: dos autores (2023).

Como resultado, obteve-se um banco Puff Azeitona (Figura 18) com forma orgânica, possuindo dimensões totais de 56x50x35cm. Sua modelagem fez com que seu assento, com entrada arredondada, dispensasse o complemento de empilhamento, pois seu encaixe trouxe conforto por si só. As cores escolhidas remetem à temática de olivas e azeitonas, com a combinação de uma almofada marrom, que representa o caroço do alimento, reforçando os conceitos do projeto.

Figura 18: Assento final desenvolvido.



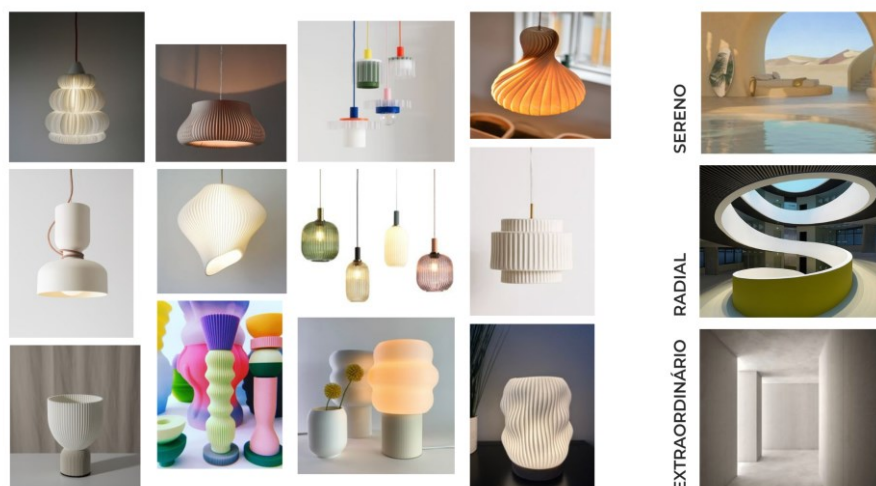
Fonte: dos autores, 2023.

A segunda proposta de atividade, neste caso utilizando os processos de desenvolvimento e materialização por meios digitais, demonstraram eficientes quando se evidencia o acabamento e precisão do corte. No ambiente virtual também pode-se gerar diversas alternativas tanto na modelagem como na preparação dos planos com o software SliceforFusion360, demonstrando flexibilidade no processo criativo.

4.3 Projeto de cúpula de luminária pendente

A terceira atividade proposta teve como objetivo desenvolver uma cúpula para luminária pendente, visando ser materializada com o processo de impressão 3D. Como requisitos de projeto tem-se as seguintes especificações: medir até 180x130mm, com uma temática visual livre para cada aluno. Com isso, inicialmente foi feita uma pesquisa sobre pendentes e logo construído o *moodboard* (Figura 19) de inspiração e referência, a fim de ajudar na geração de ideias e no processo criativo.

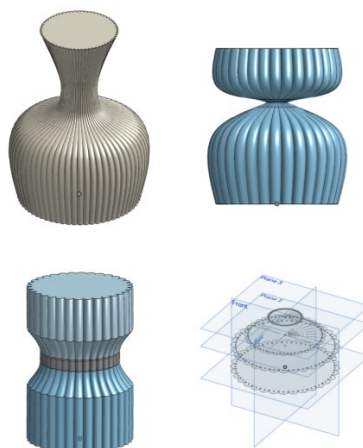
Figura 19: Moodboard de inspiração.



Fonte: dos autores (2024).

Optou-se por adotar uma estética mais minimalista, com formas fluidas, radiais e orgânicas, priorizando a organização dos elementos formais, a fim de criar uma textura sofisticada e complexa. A paleta de cores deu-se pelas referências apresentadas no moodboard e associadas a uma estética mais sóbria. Assim, os conceitos selecionados refletem os resultados obtidos na pesquisa visual: radial, sereno e extraordinário. Na ideação desenvolveu-se uma cúpula para uma luminária pendente com características fluidas e bordas irregulares, que remetem a uma flor. Como exercício criativo, foram desenvolvidas variações diretamente no ambiente virtual (Figura 20). Desta maneira obteve-se como resultado da experimentação uma proposta que mais expressava a junção da estética com os conceitos e funcionalidade, essa alternativa (Figura 21) também tinha o propósito de melhor proveito da técnica aditiva.

Figura 20: Modelagem experimentais.



Fonte: dos autores (2023).

Figura 21: Alternativa da modelagem escolhida.



Fonte: dos autores (2023).

A etapa de validação e teste de alternativas também ocorreu de maneira digital, ao ser importado a modelagem virtual para o aplicativo Ultimaker Cura, software responsável pelo fatiamento do objeto e gerar o código a ser enviado para a impressora 3D. A proposta definitiva da cúpula deu-se de maneira que as curvas radiais se encontram dentro das limitações de impressão, dispensando assim a necessidade de impressão por partes ou até mesmo de suporte, elemento necessário quando a geometria fica em balanço.

Com o auxílio do monitor do PRONTO3D responsável pelas impressoras, o produto foi produzido com filamento PLA reciclado (Figura 22), material termoplástico biodegradável, semitransparente e com coloração esverdeada.

Figura 22: Impressão 3D da alternativa escolhida.



Fonte: dos autores (2023).

Posteriormente, inicia-se a etapa de acabamento (Figura 23 e 24), que consiste basicamente de: lixar inicialmente para fixação do primer, aplicação do primer, aplicação da massa de poliéster, lixar para nivelar a superfície, segunda aplicação do primer, polimento com lixa d'água e, por fim a pintura da peça. Os materiais utilizados consistem em: primer de uso geral em spray, tinta spray branca e massa plástica de poliéster.

Figura 23: Montagem da luminária coberta com a massa de poliéster.



Fonte: dos autores (2023).

Figura 24: Processo de lixamento para acabamento superficial.



Fonte: dos autores (2023).

Como resultado (Figura 25), obteve-se uma luminária pendente, que expressa os conceitos escolhidos e atende os requisitos de projeto, com acabamento e funcionamento satisfatórios.

Figura 25: Luminária final.



Fonte: dos autores (2023).

Essa terceira ação de materialização buscou explorar a fabricação por meio da impressão 3D. A atividade tenta explorar ao máximo as possibilidades dessa técnica construtiva. Isso influenciou positivamente no processo criativo, gerando formas complexas de fácil produção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório que a cultura Maker tem apresentado um impacto significativo no aprendizado. Esse movimento visa transformar o formato de aprendizagem incentivando a autonomia, criatividade e inovação. Assim, os alunos são desafiados a identificar problemas, gerar ideias, testar soluções e realizar seus próprios projetos, desenvolvendo habilidades valiosas para sua vida acadêmica e profissional.

A forma de estudo e trabalho em FabLabs se baseia na cultura do "faça você mesmo" - incentivando a criação, construção, modificação e conserto de algo com o uso de ferramentas e máquinas tradicionais ou digitais. Assim, percebe-se o impacto positivo dessa cultura na vida das pessoas, ensinando novos métodos de prototipagem e fabricação, e promovendo experiências inovadoras.

Somado a isso, os equipamentos que encontramos nos FabLabs possibilitam a fabricação de objetos com complexidade, porém com métodos de criação mais fáceis. Ou seja, essa cultura e os processos de fabricar ampliam as possibilidades de criação, produção e compartilhamento de projetos em um ambiente de inovação e colaboração.

As atividades de materialização que foram relatadas demonstraram que a integração dessas práticas no ambiente acadêmico promoveu um engajamento ativo

dos estudantes em seus projetos, além de melhorar a compreensão dos conceitos teóricos e a aplicação prática deles.

A análise da forma/tridimensional desempenha um papel fundamental no processo de Design de Produto, sendo essencial para o aprendizado dos alunos. Ao integrar a análise física ao processo de Design, os discentes têm a oportunidade de aprimorar suas habilidades práticas e ao mesmo tempo aprofundam seu conhecimento teórico.

Por meio desse estudo, os alunos desenvolveram também conhecimentos sobre características de diferentes materiais. Eles aprenderam sobre as características e propriedades específicas de cada material, como resistência, durabilidade, maleabilidade, entre outros. Assim, pode-se compreender como as propriedades dos materiais influenciam na forma, função e estética do produto. Essa compreensão permite que os alunos façam escolhas adequadas de materiais, levando em consideração requisitos técnicos, econômicos, estéticos e sustentáveis.

As atividades de materialização passando pela experimentação da manualidade e depois evoluindo para a precisão dos equipamentos 2D e 3D, procuram contribuir para a formação de designers, desta maneira quando se compreende e explora cada técnica e as suas potencialidades a materialização por meios digitais e manuais servem como incentivadores da criatividade

6 CONCLUSÃO

Em virtude dos fatos e ideias apresentadas, pode-se concluir que a Cultura Maker e os FabLabs têm desempenhado um papel transformador no processo de aprendizado, que incentiva a criatividade e inovação dos alunos.

Essa abordagem prova-se benéfica, uma vez que desafia os estudantes a identificar problemas, gerar ideias, testar soluções e realizar seus próprios projetos, desenvolvendo habilidades valiosas para suas vidas acadêmicas e profissionais. Os FabLabs, por disponibilizarem ferramentas tradicionais e digitais, oferecem um ambiente propício para a criação e construção de objetos.

Além de que, as atividades propostas obtiveram um bom aceite e comprometimento dos discentes. A disciplina optando por projetos curtos e técnicas diferentes de materialização procurou contemplar e maximizar dentro de um semestre conceitos teóricos e práticos importantes para a formação profissional.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F. F. CESCA, R.; MACEDO, M.; TEIXEIRA, C. Desenvolvimento e implantação de um Fab Lab: um estudo teórico. **Revista Espacios**, v.38, n.31, p.1-14, 2017.

Automatisa.com.br. **Quais as vantagens do corte a laser?** Disponível em: <https://automatisa.com.br/blog/corte-a-laser/>. Acesso em: 02 de jul 2023.

Bastos, V. F. **Moda e Fabricação Digital em um Contexto Fab Lab**: equipamentos, métodos e processos para o desenvolvimento de produtos. 2014. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

COSTA, C. O.; PELEGRINI, A. V. O design dos Makerspaces e dos Fablabs no Brasil: um mapeamento preliminar. **Design & Tecnologia**, v.7, n.13: p. 57-66, 2017.

DOUGHERTY, D. **Free to make**: how the maker movement is changing our schools, our jobs and our minds. Berkley: North Atlantic Books, 2016.

MEDEIROS, I. L. **A materialização digital e sua sistematização no processo de desenvolvimento de produtos**. Florianópolis: UFSC 2016. 197p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Design. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

MIKHAK, Bakhtiar et al. **Fab Lab**: an alternate model of ICT for development. In: 2nd international conference on open collaborative design for sustainable innovation. 2002.

PALHAIS, Catarina Bela Cardoso de. **Prototipagem**: uma abordagem ao processo de desenvolvimento de um produto. Universidade de Lisboa, 2015.

PEREIRA, D. D.; LANUTTI, J. N.; PASCHOARELLI, L. C.; PINHEIRO, O. J. Comparação de técnicas de prototipagem tradicional manual e sua importância para o Design. In: **Anais do Congresso Internacional e Workshop Design & Materiais**, 2017. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/dm/trabalhos/comparacao-de-tecnicas-de-prototipagem-tradicional-manual-e-sua-importancia-para?lang=pt-br>. Acesso em: 02 jul. 2023.

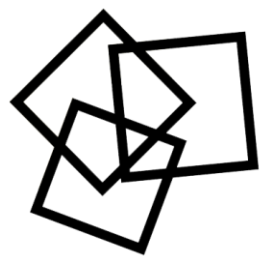
PINTO, Sofia Lorena Urrutia, et al. O movimento maker: enfoque nos fablabs brasileiros. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, 2018, 3.1: 38-56.

Printit 3D. **Vantagens e benefícios da impressão 3D**. Jan. 2021. Disponível em: <https://www.printit3d.com.br/post/vantagens-e-benef%C3%ADcios-da-impress%C3%A3o-3d>. Acesso em: 30 out. 2024.

PRODANOV, C. C.; DE FREITA, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico - 2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

PUPO, R. T. FABLAB PRONTO 3D: aprendendo com a prática. **Extensio**: R. Eletr. de Extensão. v. 14, n. 26, p.152-164, 2017.

THEIS, M. R. .; DE SOUZA, G. G. A. .; FIALHO, F. A. P. .PEREIRA, R. A importância da prototipagem no processo de design e suas relações como mídia do conhecimento. **Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação – ciki**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2022. DOI: 10.48090/ciki.v1i1.1058.



REVISTA

GEOMETRIA GRÁFICA

Experienciando a tectônica a partir da geometria espacial

Experiencing tectonics from spatial geometry

Tássia dos Anjos Tenório de Melo

tassia.melo@ufpe.br

Doutora em Engenharia Civil

Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-8868-5574>

Adriana Carla de Azevedo Borba

adriana.borba@ufpe.br

Doutora em Arquitetura e Urbanismo

Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo da

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0009-0002-1752-4807>

Jaucele de Fátima Ferreira Alves Azerêdo

jaucele.azeredo@ufpe.br

Doutora em Desenvolvimento Urbano

Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-5853-8052>

Recebido em: 18/11/2024

Aceito em: 15/12/2024

RESUMO

A abordagem do conceito tectônico não é nova, e o ensino dessa temática tem sido uma preocupação nos cursos de arquitetura e urbanismo. Uma discussão de cunho teórico é necessária. Porém, não é indicado criar lacunas com a prática tectônica, regida pelo entendimento da arquitetura como um processo construtivo e sistemático entre os aspectos formal, material e estrutural. Este trabalho apresenta uma reflexão sobre tectônica e o trato de seu ensino, apresentando algumas ferramentas/instrumentos que podem auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem; e a experiência do ensino da tectônica no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, pontuando os desafios



e êxitos de uma realidade prática e interdisciplinar da tectônica. É importante ter um espaço físico para o desenvolvimento das práticas tectônicas. Na ausência, algumas estratégias podem ser adotadas, como o caso da disciplina de Tectônica III do curso de arquitetura e urbanismo da UFPE: início por uma dimensão formal, a partir da compreensão de formas estruturais baseadas na geometria espacial; compreensão de estratégias estruturais com base em projetos arquitetônicos existentes; aplicação de equações e gráficos sobre pré-dimensionamentos. O ensino da tectônica é um desafio e adaptações são necessárias, considerando o contexto real dos cursos.

PALAVRAS-CHAVE: ensino; tectônica; forma; estrutura.

ABSTRACT

The approach to the tectonic concept is not new, and teaching this topic has been a concern in architecture and urban planning courses. A theoretical discussion is necessary. However, it is not advisable to create gaps in tectonic practice, governed by the understanding of architecture as a constructive and systematic process between formal, material and structural aspects. This paper presents a reflection on tectonics and its teaching approach, presenting some tools/instruments that can assist in the teaching and learning processes; and the experience of teaching tectonics in the Architecture and Urban Planning course at the Federal University of Pernambuco - UFPE, highlighting the challenges and successes of a practical and interdisciplinary reality of tectonics. It is important to have a physical space for the development of tectonic practices. In the absence of such a space, some strategies can be adopted, such as the case of the Tectonics III discipline of the Architecture and Urban Planning course at UFPE: starting with a formal dimension, from the understanding of structural forms based on spatial geometry; understanding structural strategies based on existing architectural projects; application of equations and graphs on pre-dimensioning. Teaching tectonics is a challenge and adaptations are necessary, considering the real context of the courses.

KEYWORDS: teaching; tectonics; form; structure.

1 INTRODUÇÃO

A abordagem tectônica na arquitetura, objeto ênfase deste trabalho, não é nova, denotando-se do século XVIII, doravante uma compreensão da arquitetura

como reflexo do conhecimento técnico e construtivo. Ao mesmo tempo, não é um termo muito presente, atualmente, nas discussões projetuais, memoriais descritivos de obras, diálogos profissionais com *partners* ou, até mesmo, no próprio ensino da arquitetura e urbanismo.

Os currículos dos cursos de arquitetura e urbanismo apresentam, em sua maioria, temas relativos à construção abordados em disciplinas distintas, como sistemas estruturais, materiais das construções, resistência dos materiais e tecnologia das construções.

Comumente, para o estudante de arquitetura e urbanismo, a lógica conteudista dessas disciplinas pode ser entendível do ponto de vista de um processo de aprendizagem isolado. Porém, ao intencionar a aplicabilidade dos conteúdos teóricos dessas disciplinas às atividades práticas de ateliês e desenvolvimentos de projetos arquitetônicos, os resultados, muitas vezes, são infrutíferos. É imprescindível, no desenvolvimento projetual, a intrínseca relação com outras áreas do conhecimento (Mattana *et al.*, 2021).

Esse impasse se intensifica quando essas disciplinas são lecionadas por professores formados em engenharia civil ou mecânica. Ou seja, distantes do entendimento da arquitetura como uma conjunção interdisciplinar da teoria técnica à prática espacial.

Dessa forma, este manuscrito apresenta a seguinte questão: como o ensino da tectônica pode viabilizar um processo de aprendizado do estudante de arquitetura e urbanismo, analisando a arquitetura, não somente pela perspectiva estrutural ou tecnicista/normativa, mas também, entendendo-a como um produto da relação simbiótica com a geometria e a materialidade, consideradas matérias inerentes à forma arquitetônica?

Apresenta-se aqui uma reflexão sobre tectônica e o trato de seu ensino, apresentando algumas ferramentas/instrumentos que podem auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem. Por fim, apresenta a experiência do ensino da tectônica no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, pontuando os desafios e êxitos de uma realidade prática e interdisciplinar da tectônica.

2 TECTÔNICA E O ENSINO



As abordagens sobre a tectônica têm sido contempladas na área da teoria da arquitetura, a partir da investigação dos princípios fundamentais da produção da arquitetura, com base na ótica construtiva. Arquitetos do século XIX, são exemplares de teóricos que se debruçaram sob a lógica da estreita relação entre a arquitetura, materialidade e a técnica (Amaral, 2009; Aguiar; Favero, 2019).

Com o advento do movimento modernista, no século XX, o debate e importância da tectônica passou a ser irrelevante, predominando, assim, a prática projetual centrada na funcionalidade, racionalidade e simplicidade geométrica. A fusão de saberes atrelados à construção do conceito tectônico ficou em segundo, terceiro ou até quarto plano; proporcionando um enfraquecimento na produção e significação das questões inerentes à tectônica, principalmente como entendimento de uma prática integrativa na construção da arquitetura.

A tectônica reaparece no cerne dos debates, a partir do enfraquecimento do movimento modernista e advento de arquitetos, como Kenneth Frampton, após os anos 60 (Amaral, 2009). Kenneth é um arquiteto e historiador da arquitetura contemporânea, e em seus estudos, falas e ações defende que o caráter tectônico de uma edificação não é a escolha entre uma dimensão simbólica da arquitetura ou construtiva.

É importante ressaltar que, apesar da vasta discussão acerca dos alicerces da teoria da arquitetura que guiam a tectônica (e, diga-se de passagem, muitas vezes com teor filosófico), este manuscrito não tem por objetivo o aprofundamento das discussões e debates teóricos acerca da tectônica, sendo importante, apenas, contextualizar o leitor sobre a temática. O objetivo é uma leitura mais direta e compreensível, principalmente, aos estudantes que desejam entender, de forma geral, o que é a tectônica e como a mesma pode ser trabalhada no contexto do ensino e aprendizagem nos cursos de arquitetura e urbanismo.

Por essas questões e com base no escrito até o momento, entende-se que a tectônica, para as autoras e, viabilizando uma compreensão mais próxima do estudante da graduação, é a consideração da consolidação da arquitetura com base em duas dimensões de abordagem: a estética/formal/simbólica e a técnica/estrutural/material. Na verdade, as dimensões se complementam, na tentativa de compreender que todas as dimensões são essencialmente importantes na

arquitetura, conjugando o senso estético/formal/simbólico ao técnico/estrutural/material, e a influência que um exerce sobre o outro.

Não cabe, neste manuscrito, a conceituação e definição de cada termo utilizado nas dimensões. Entende-se que, a dimensão estética/formal/simbólica se refere ao edifício ou produto da arquitetura enquanto elemento espacial, que gera um impacto e desperta emoções ao experienciar aquele volume através dos sentidos, podendo ser reconhecido por sua geometria, estética e expressão artística. Aguiar e Favero (2019) abordam sobre essa empatia que é possível sentir, através da expressão tectônica. Já a dimensão técnico/estrutural/material, reforça o sentido e prática construtiva da edificação, enquanto matéria, suporte, normativas técnicas e atributos tecnológicos.

Apesar de disciplinas ligadas ao eixo da construção comporem muitos currículos dos cursos de arquitetura e urbanismo, estratégias que proporcionem o ensino e aprendizado desses componentes integrados às práticas de ateliês e projeto tem sido, cada vez menos, experienciadas pelos estudantes em sua trajetória no ensino superior¹. Esse quadro já vinha sendo relatado por alguns autores, como Medeiros (2014). O processo de ensino e aprendizado nos cursos de arquitetura e urbanismo tem se concentrado nos elementos estéticos e funcionais do projeto, criando lacunas para uma tentativa de aplicação da prática construtiva, com ênfase na estrutura e materialidade. Esse distanciamento restringe o pensamento total do projeto arquitetônico.

Entende-se que os processos de construção pedagógica e profissionalizantes dos PPC's (Projeto Pedagógico de Curso) devam cumprir as exigências estabelecidas na Resolução CNE/CES 2/2010 (Brasil, 2010), a qual institui as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. No Art. 3º, incisos III e IV, está clara a obrigatoriedade de constar aspectos inerentes integração entre as disciplinas e a relevância da prática na concepção do curso:

Art. 3º O projeto pedagógico do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, além da clara concepção do curso, com suas

¹ A autora 1 integra o Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (BASIS) do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira vinculado ao Ministério da Educação (MEC). Em sua atuação como avaliadora, tem observado essa falta de integração entre disciplinas do eixo da construção com as atividades de ateliês e projetos. Por questões de sigilo e ética profissional, não é possível identificar os cursos/instituições avaliados.

peculiaridades, seu currículo pleno e sua operacionalização, deverá incluir, sem prejuízos de outros, os seguintes aspectos: [...] III - formas de realização da interdisciplinaridade; IV - modos de integração entre teoria e prática [...]"

Destaca-se também a distribuição dos conteúdos curriculares dos cursos, constante na Resolução CNE/CES 1/2021² (Brasil, 2021): I. Núcleo de Conhecimentos de Fundamentação; II. Núcleo de Conhecimentos Profissionais; III. Trabalho de Curso. Disciplinas relacionadas à construção (ou para facilitar a compreensão, que possuem estreita relação com a Engenharia Civil) são elencadas no Núcleo de Conhecimentos Específicos, sendo: Tecnologia da Construção, Sistemas Estruturais e Topografia³.

Os conteúdos inerentes a essas disciplinas são indispensáveis para a qualificação e profissionalização do estudante de arquitetura e urbanismo. Possuem, em sua essência, matérias que fundamentam suas compreensões, interpretações e reproduções, as quais alicerçam o processo de ensino e aprendizado, e são próprias do Núcleo de Conhecimentos de Fundamentação: Desenho, Desenho Universal e Meios de Representação e Expressão.

Apesar da DCN orientar a implantação e operacionalização de práticas nos cursos de arquitetura e urbanismo; não conduzem metodologias, ferramentas ou instrumentos que possibilitem a operacionalização desses aspectos.

Um exemplo claro é, como já exposto, cursos apresentarem disciplinas distintas de sistemas estruturais, materiais das construções, resistência dos materiais e tecnologia das construções; e outros não apresentarem nenhuma dessas disciplinas, mas sim, disciplinas de tectônica. A DCN é clara em seu texto ao documentar que os conteúdos curriculares deverão estar distribuídos nos Núcleos de Conhecimentos de Fundamentação e Profissionais, sendo composto por “campos de saber”. Ele não particulariza essa noção em disciplina. Assim, a forma como esses “campos de saberes” será documentada nos PPC’s é de responsabilidade de cada curso.

Essa reflexão é importante. Independente da instituição que oferta o curso, todos devem ansiar um perfil profissional de arquiteto e urbanista capaz de atender

² Resolução que altera o Art. 6, § 1º da Resolução CNE/CES 2/2010.

³ Considerando o escopo da tectônica abordado até o momento, o campo da Topografia não foi considerado.

ao projeto e à construção, não só no aspecto teórico ou formativo documental (PPC e DCN), mas em atividades, experiências e vivências que propiciem práticas integrativas.

3 ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DA TECTÔNICA

O foco em uma aprendizagem, em que o aluno é ator principal desse processo, tem ganhado ênfase em diversas áreas (Mattana *et al.*, 2019). Esse movimento tem instigado momentos de reflexão docente sobre que formas ou metodologias adotar para que o ensino possa viabilizar esse protagonismo estudantil.

No contexto do ensino da tectônica, estratégias analógicas, digitais e experimentais têm sido adotadas com o intuito de fazer com que o viés técnico e material do conceito de tectônica esteja intrínseco às práticas interdisciplinares necessárias à formação do arquiteto e urbanista.

3.1 Estratégias analógicas

Estratégias analógicas são aquelas que não envolvem tecnologia, sendo entendível como um ensino mais simples e sem o uso de ferramentas sofisticadas, porém eficiente ao apresentar em quadro negro ou lousa branca, a gráfica estrutural em esboços e desenhos de rápida execução, equações para pré-dimensionamentos dos sistemas e cálculos diversos com demonstrações de memória de cálculo e das relações normativas dos sistemas estruturais, por exemplo. É o entendimento inicial da tectônica a partir da dimensão técnico/estrutural/material.

Muitas vezes, essa forma mais tradicional do ensino de tectônica, baseado em conceituações, equações e cálculos que envolvem aspectos de resistências dos materiais e sistemas estruturais não é muito interessante para o estudante de arquitetura e urbanismo. Por serem necessárias compreensões de matemática e física, mesmo que básicas, ainda há uma barreira nesse ensino tradicional. A maioria dos cursos de arquitetura e urbanismo são enquadrados na área de estudo das humanidades e ciências sociais aplicadas.

Segundo a Área de Classificação das Áreas do Conhecimento e Avaliação da CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)⁴, o curso de Arquitetura e Urbanismo integra a área das Ciências Sociais Aplicadas, juntamente com cursos como Direito e Economia. Porém, ao consultar o Manual para Classificação dos Cursos de Graduação e Sequenciais (INEP, 2019), o qual apresenta a estrutura da Classificação Internacional Normalizada da Educação adaptada para os cursos de graduação e sequenciais de formação específica do Brasil (Cine Brasil), o curso de Arquitetura e Urbanismo pertence à área geral de Engenharia, produção e construção. Lopes (2014) já alertava que os cursos tem se distanciado de bases de conhecimentos tecnológicos da arquitetura e do urbanismo, não por exigência formativa por órgãos educacionais ou profissionais, mas sim, por opção.

Outras estratégias didáticas e pedagógicas podem ser utilizadas no processo de ensino da tectônica, como iniciar o aprendizado do estudante pela compreensão dos aspectos formais. Ou seja, pelos aspectos que envolvem o entendimento da silhueta do edifício, enquanto espacialização de um conceito arquitetônico, em que disciplinas de Maquetes, Representação e Expressão são fundamentais. A maquete possibilita a livre expressão da arquitetura e torna mais fácil a compreensão pelo aluno, por ser um resultado palpável e sem aprofundamento normativo ou de cálculo.

A percepção de que, para que a arquitetura se concretize, ou melhor, o edifício “fique em pé”, é necessária uma estrutura que cumpra essa função. Essa percepção é sentida de forma sutil e despretensiosa, à medida que a maquete e o entendimento dos aspectos de representação gráfica vão amadurecendo. Nesses casos, o processo de aprendizado se torna inverso ao tradicional. É o entendimento da tectônica a partir da dimensão estética/formal/simbólica.

O desenvolvimento de maquetes pode iniciar com materiais simples como papel, papelão, cola e fita crepe; até materiais que resultem em melhor acabamento e durabilidade. Geralmente, esses últimos, são executados por processos que utilizam máquinas e equipamentos mais complexos, como a máquina de corte a laser. A máquina possibilita o corte preciso e veloz de placas de materiais como madeira e acrílico. Em ambas concretizações da maquete, o desenvolvimento gráfico é

⁴ Consultar a página sobre Tabela de Áreas do Conhecimento e Avaliação, disponível em:

<https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/instrumentos/documentos-de-apoio/tabela-de-areas-de-conhecimento-avaliacao>.

fundamento essencial. Noções de escala, estratégias e escolha do material que possibilitará a sustentação da maquete, são noções que são desenvolvidas intuitivamente pelo estudante e que são cerne do aprendizado da tectônica.

3.2 Estratégias digitais

O aumento do uso do computador, softwares do tipo CAD (Computer Aided Design) e BIM (Building Information Model) tem possibilitado o desenvolvimento das maquetes em formatos digitais. Nesse universo, destacam-se o AutoCad, Sketchup e Revit. O AutoCad possibilita, principalmente, uma representação gráfica técnica da tectônica. Para tal, o estudante deve ter a compreensão da dimensão técnico/estrutural/material bem consolidada e antecipada, a fim de utilizar o software, apenas, como ferramenta para representação gráfica.

O Sketchup já é um programa com uma interface mais amigável e de fácil usabilidade, permitindo explorar, principalmente, a dimensão estética/formal/simbólica da tectônica. Porém, apresenta o mesmo obstáculo de aprendizado na dimensão técnico/estrutural/material apontado no software anterior. O Revit por ser um software do tipo BIM, ao mesmo tempo que viabiliza uma estreita relação com a dimensão estética/formal/simbólica, também oportuniza uma relação mais estreita com a dimensão técnico/estrutural/material, a partir do fornecimento das informações construtivas (material e dimensional) dos elementos que compõem o edifício e a integração com demais projetos complementares, a exemplo do estrutural. Nesse caso, o aluno precisa ter ciência que trabalhará com um nível de especificidade na construção, principalmente atrelada aos materiais de construção, e que, em muitos cursos de arquitetura há uma lacuna desse conteúdo na matriz curricular.

Softwares para a modelagem e análises do comportamento estrutural, os quais possibilitam essa aproximação da tectônica, enquanto estrutura e materialidade, não são usuais em arquitetura e urbanismo, por demandarem conhecimentos matemáticos e físicos que não fazem parte do escopo da formação do arquiteto e urbanista. Citam-se alguns exemplos de softwares: (Silva *et al.*, 2018; Lima, Martins, Jorgino, 2019; Kotlarz, Wosatko, 2021): Tekla Structures (estruturas de concreto, aço e madeira); TQS (estruturas em concreto armado, protendido e em alvenaria estrutural); CYPECAD (estruturas em concreto armado, pré-moldado, protendido e misto de

concreto e aço); e RFEM (estruturas, materiais e cargas para sistemas estruturais planos e espaciais).

Mais recentemente, em consequência do aumento do uso das ferramentas digitais e os desafios impostos por uma arquitetura mais inovadora (formalmente, ambientalmente e tecnologicamente), surge a arquitetura paramétrica, permitindo novas maneiras de pensar e consolidar a construção. Segundo Al-Azzawi, Al-Majidi (2021), não há uma definição do que seria a arquitetura paramétrica, podendo ser entendida como um novo estilo arquitetônico (parametricismo), movimento arquitetônico ou uma metodologia baseada em informações e tecnologias para a produção e implementação projetual.

Através da definição de um banco de dados com informações que condicionam o desenvolvimento do projeto é possível ter uma rápida resposta sobre o resultado da proposta à medida que se ajustam as variáveis. Neste aspecto, softwares como Rhino e Grasshopper podem potencializar o ensino da tectônica, a partir de coleta de informações relacionadas à construção e que alimentarão o banco de dados, possibilitando, uma melhor compreensão das dimensões envolvidas na tectônica. Uma mudança na dimensão técnico/estrutural/material reflete, imediatamente, uma resposta na dimensão estética/formal/simbólica.

Apesar da potencialidade da arquitetura paramétrica e como ela pode ser uma ferramenta estratégica no ensino da tectônica, ainda é uma área que necessita ser mais desbravada do ponto de vista teórico-prático. Vislumbram-se outros obstáculos para sua implantação nos cursos de arquitetura e urbanismo: exige dos docentes novas habilidades e capacitação; requer do estudante um excelente entendimento da construção e outros condicionantes para compor a base de dados - quais informações e como se relacionam; e usabilidade não tão simples ou acessível - demandam outras bases de conhecimentos que não são inerentes à formação do arquiteto e urbanista, como programação.

3.3 Estratégias experimentais

A prototipagem rápida é uma metodologia de produção de protótipos controlado por máquinas (Pupo, 2008). O protótipo pode não ser, necessariamente, o resultado final de um projeto, mas sim, um objeto de estudo preliminar, podendo ser, facilmente, corrigido, remodelado e prototipado novamente. A escala é um fator preponderante

no objetivo que se quer atender com o protótipo, podendo ser reproduzido em escala reduzida ou escala real (1:1). Protótipos em escala reduzida são interessantes do ponto de vista estético/formal/simbólico da tectônica, mas não da outra dimensão, pois não há o comprometimento funcional e estrutural do objeto. Por exemplo, geram-se paredes muito frágeis, sem resistência e facilmente quebráveis.

Protótipos em escala real já estão sendo adotados na construção civil, não somente para gerar componentes de pequenas dimensões, mas concebidos como a própria edificação. O Hannah Design Office tem concebido protótipos de residências em escala real, através do uso de impressoras 3D que “imprimem” e constroem em concreto (Hannah, 2022). Mesmo compreendendo que são estratégias interessantes para o aluno de arquitetura e urbanismo, mesmo que em escala reduzida, esses meios de prototipagem ainda apresentam um custo elevado para o curso de arquitetura e urbanismo. Como ressalta Pupo (2008):

Neste contexto, os ambientes acadêmicos devem estar preparados para responder ao desafio de dar os primeiros passos com iniciativas que sejam benéficas e que estimulem experiências de aprendizado. Ao mesmo tempo, é necessária a instalação de laboratórios com nível de inovação técnica, além de grupos de estudo em ambientes educacionais que possam oferecer oportunidades de conectar a pesquisa, disciplinas práticas e a prática profissional (Pupo, 2008, p. 3).

Ainda na linha da prototipagem, porém, considerando o cenário virtual (não mais físico), de desenvolvimento e avanço tecnológico e inovações na arquitetura e construção, tem-se a realidade virtual e aumentada. A realidade virtual permite a criação de cenários em ambientes virtuais; já a realidade aumentada, permite, através da interface virtual, a representação em objetos em um ambiente físico real (Tonn *et al.*, 2008). Algumas experiências que abarcam a dimensão técnica/estrutural/material tem sido registradas (Abdullah *et al.*, 2017; Hajirasouli, Banihashemi, 2022; Azevedo *et al.*, 2023).

Outra estratégia que proporciona ao estudante de arquitetura e urbanismo a prática da tectônica é o canteiro experimental. Na verdade, o canteiro experimental é uma prática pedagógica que objetiva a estreita relação entre a construção e o projeto. É a espacialização pedagógica da reflexão teórico-prática do ensino da tectônica e, principalmente, da interdisciplinaridade. Segundo Carneiro, Botelho Júnior (2024):

(...) verificamos a “conexão” como um princípio orientador que potencializa os CEs por possibilitar uma diversidade de arranjos que “conectam”: conhecimentos teóricos e práticos, conhecimentos tradicionais e acadêmicos, disciplinas optativas e obrigatórias, projetos de extensão e de pesquisa, diferentes públicos e iniciativas (Carneiro, Botelho Júnior, 2024, p. 15).

Experiências pedagógicas em canteiros experimentais tem sido cada vez mais relatadas na literatura (Bessa, Librelotto, 2021; Carvalho, Silvos, 2021; Carneiro, Botelho Júnior, 2024).

4 O ENSINO DE TECTÔNICA NA UFPE

O curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco tem sua origem na década de 1950, como fruto da Escola de Belas Artes (década de 1930). O Projeto Pedagógico do Curso (PPC) mais recente, data do ano de 2010 (DAU, 2010). Nele, não são apresentadas disciplinas individualizadas relacionadas à construção, mas sim, disciplinas denominadas de Tectônica.

O curso de arquitetura da UFPE é o único que apresenta disciplinas com essa nomenclatura, sendo 8 obrigatórias e 5 eletivas, originalmente, e uma sexta eletiva adicionada na pequena reformulação do PPC em 2016. Pode-se considerar, que a inserção de disciplinas de Tectônica, é uma inovação dos pontos de vista de estruturação curricular e ensino da arquitetura e urbanismo. Apesar disso, entender quais os motivos ou justificativas para a exclusão de componentes vinculados à formação técnica e construtiva do arquiteto e urbanista para a ascensão da tectônica como disciplina, é intrigante.

O PPC de 2010 apresenta uma crítica ao currículo anterior, datado de 1995, apresentando como problemática o seguinte:

Em relação aos aspectos tectônicos: a herança do Curso vinda das Belas Artes tende a uma formação mais compositiva do que técnico-construtiva. A lacuna nos aspectos da construção – natureza dos materiais, sistemas construtivos e projetos de sistemas – aumenta com a ausência de laboratórios que permitam a investigação dos comportamentos de sistemas e materiais (DAU, 2010, p. 30-31).

Por um lado, suspeita-se que a influência da Escola de Belas Artes possa ter direcionado a um ensino mais distante do arcabouço técnico e material da arquitetura. Porém, Valença (2022), demonstrou que disciplinas com essas naturezas eram

estabelecidas e preservadas nos currículos iniciais do curso de arquitetura e urbanismo (até 1963, 1963, 1967 e 1971), apresentando disciplinas como Materiais da Construção, Resistência dos materiais, Técnicas das construções e Sistemas estruturais. A preservação por uma formação técnica e construtiva ainda permaneceu até o currículo de 1995, mantendo disciplinas de Materiais e detalhes técnicos da construção 1, 2 e 3; Resistência dos materiais e estabilidade; Concreto armado; e Sistemas estruturais.

O argumento apresentado anteriormente é frágil, pelo simples fato de que a própria estruturação da matriz curricular do curso de arquitetura e urbanismo da UFPE tem preservado disciplinas que proporcionam a compreensão técnico-construtiva do estudante. Não sendo, portanto, claro o motivo pelo qual optou-se pela supressão dessas disciplinas, em detrimento de disciplinas de Tectônica. Talvez, os procedimentos didáticos e metodológicos aplicados no ensino dessas disciplinas técnicas não favorecessem a interlocução com o projeto arquitetônico. E, neste caso, distanciando-se da compreensão teórico e prática da tectônica, enquanto fundamentação da construção da arquitetura.

Ainda sobre a citação do DAU (2010), é fato que o processo de ensino e aprendizagem da tectônica demanda vivências práticas que possibilitem o desenvolvimento de capacidades técnicas e formativas ao estudante, sendo os laboratórios e canteiros experimentais, espaços propícios para tal. Mas, como proceder essas vivências práticas quando não há espaço físico disponível para o desenvolvimento dessas atividades? Esta, ainda, é a realidade do curso de arquitetura e urbanismo da UFPE. Conforme apontado por Freitas (2024), iniciativas para implementação de laboratórios específicos e canteiros experimentais têm sido debatidas desde 2013. Assim, estratégias experimentais que aproximem o aluno de uma prática técnica e construtiva mais próxima do real, ficam limitadas.

Soma-se a essas ausências físicas, a delicada infraestrutura do laboratório específico do curso, Laboratório de Informática aplicado à Arquitetura e Urbanismo - LABORIAU. O mesmo não dispõe de muitas máquinas com poder de processamento que possibilitem a utilização de softwares específicos em sua plenitude. Alguns estudantes instalam esses softwares em seus computadores particulares e aprendem a manusear os comandos básicos conforme seus interesses. Claro que, considerando o perfil social e econômico dos estudantes do curso de arquitetura da UFPE, essa não

é a realidade de todos os graduandos. Portanto, o ensino das disciplinas de Tectônica, a partir de estratégias digitais e, até as virtuais, se tornam limitadas.

Inserido nesse contexto, por um lado inovador, pela criação de disciplinas de Tectônica; e ao mesmo tempo, desmotivador, como potencializar o processo de ensino e aprendizagem do estudante, considerando a tectônica como a essência da construção da arquitetura?

Aqui, relata-se a experiência de ensino e aprendizado do entendimento tectônico na disciplina obrigatória de Tectônica III, ofertada aos alunos do 3º período do curso de arquitetura e urbanismo da UFPE, considerando 8 semestres letivos de 2020.1 a 2024.1⁵. A ementa da disciplina trata da “Associação de sistemas estruturais básicos para a resolução de edificações horizontais (o grande vão, a modulação estrutural, a economia de meios)”. Como conteúdos programáticos são abordados: Cobertas - partido volumétrico e alternativas construtivas (concreto, madeira, metálica, sistema misto); Cobertas tradicionais e excêntricas; Cobertas em estrutura de madeira - traçado e dimensionamento; Cobertas em estrutura metálica - traçado e dimensionamento; Materiais de cobertura (os diferentes tipos de telha e suas inclinações); Sistemas funcionais - iluminação e ventilação zenital; suporte para painéis fotovoltaicos; tetos verdes; e Pisos - tipos e revestimentos associados. Ou seja, mais de 70% do conteúdo é relacionado com cobertas.

Assim, a experiência aqui relatada tem como principal abordagem os conteúdos de Cobertas tradicionais e excêntricas, e Cobertas como partido arquitetônico. Os procedimentos metodológicos adotados no processo de ensino e aprendizagem estão estruturados conforme Figura 1.

Figura 1: Procedimentos metodológicos adotados no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Tectônica III.



Fonte: Autoras (2024).

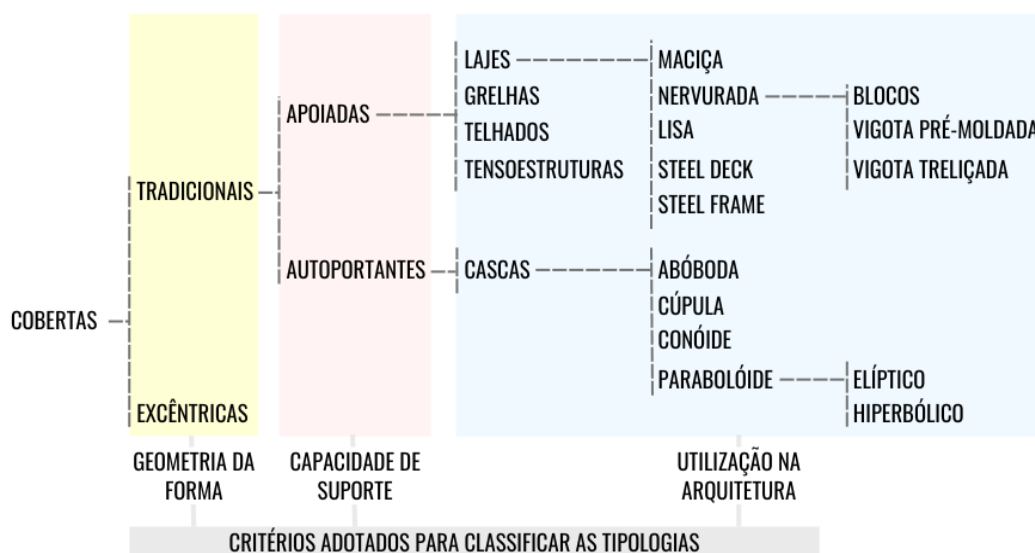
⁵ Apenas no semestre letivo de 2022.2 não foi utilizada essa metodologia no ensino de Tectônica III.

4.1 Abordagem geral de cobertas

Nessa primeira fase, faz-se uma abordagem geral sobre a coberta, buscando a conexão com outras disciplinas do curso como Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo III (definição, funções e usos) e com Geometria Gráfica 3D II (representação gráfica). Neste momento, o estudante entende que a tectônica conversa com outras áreas de conhecimento, tanto instrumentalizando outras disciplinas (como Projeto), quanto sendo instrumentalizada (como Geometria Gráfica 3D II).

Em relação à definição das tipologias, primeiramente foi adotada uma classificação fundamentada na definição da geometria que origina as formas das cobertas (Figura 2).

Figura 2: Definição das tipologias de cobertas estudadas na disciplina de Tectônica III.



Fonte: Autoras (2024).

Foram adotadas 2 classificações: cobertas tradicionais, sendo aquelas onde é possível definir uma geometria de origem; e excêntricas, sendo cobertas em que a geometria da forma é de complexa compreensão, desenvolvimento e execução, a exemplo de projetos nos estilos arquitetônicos Futurista e Desconstrutivista. Em segundo momento, a classificação tipológica das cobertas tradicionais foi baseada na capacidade de suporte em: apoiadas, quando a coberta necessita de alguma outra estrutura de apoio para que possa desempenhar sua função de proteção superior da edificação; e autoportantes, quando não necessita de uma estrutura de apoio, sendo uma estrutura resistente pela sua forma.

4.2 Compreensão de cada tipologia a partir da geometria

Cada tipologia de cobertura é conceituada, a partir dos elementos geométricos que a originam e definem, mantendo relação direta com as bases de representação gráfica, até então, cursadas pelos estudantes, como Geometria Gráfica 2D I e 3D I. Referências como Rebello (2000) e Ching, Onouye, Zuberbuhler (2015) foram essenciais na construção dessa etapa.

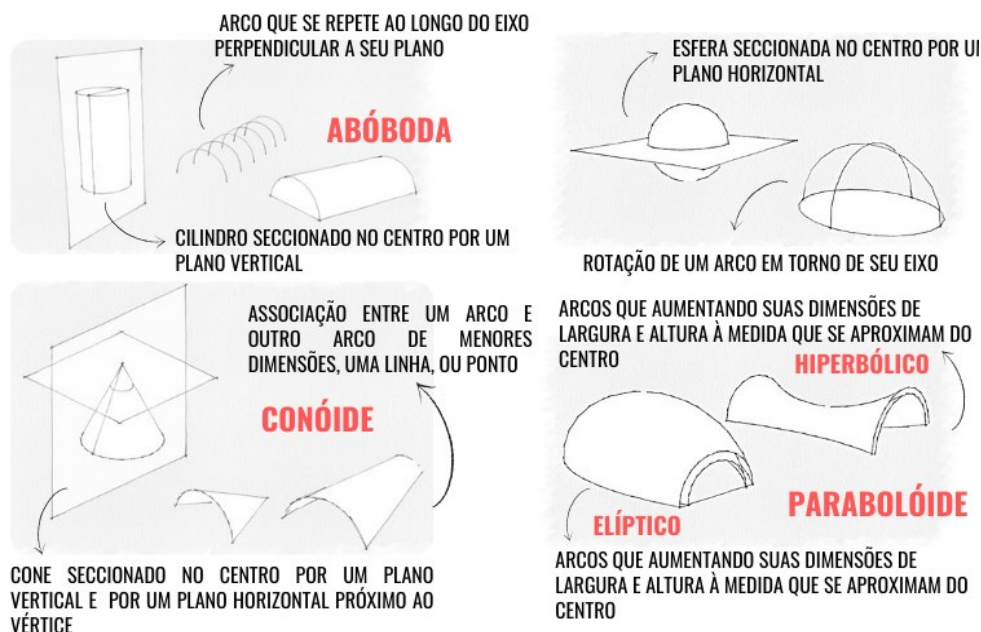
A tipologia de cobertas tradicionais autoportantes foi adotada para exemplificar, com mais riqueza de detalhes, este e os demais procedimentos de ensino e aprendizagem.

A aula é iniciada com um vídeo didático sobre Cascas - morfologia e concepção estrutural, a partir de um estudo de caso sobre o Aeroporto Internacional Whashington Dulles, projetado na década de 1960, pelo arquiteto Eero Saarinen (Stona, Marin, 2016). Neste primeiro momento, objetivou-se compreender a definição de casca, a partir da definição de “placas curvas”, e observar aspectos relacionados à dimensão estética/formal/simbólica da tectônica, como plasticidade, flexibilidade, estética, pureza da forma e estrutura como ativo na arquitetura. Importante destacar que, nesta etapa, o estudante continua a assimilar a tectônica de forma sutil, desobrigado-o de uma compreensão dessa matéria por equações de pré-dimensionamentos e conceitos sobre resistência dos materiais, que na maioria das vezes, é um desafio e decepcionante para o estudante de arquitetura e urbanismo.

Em um segundo momento, entendendo-se o conceito de cascas e capacidade plástica na arquitetura, os subgrupos tipológicos foram ensinados. O ensino advém de bases da geometria espacial, porém, de uma forma mais lúdica, sem definições complexas ou equacionáveis como utilizadas no ensino para cursos de Matemática ou Expressão Gráfica (Figura 3).

As principais referências adotadas nesta etapa foram Rebello (2000); Ching, Onouye, Zuberbuhler (2015); NBR 6120 (2019).

Figura 3: Estratégias de ensino da dimensão estética/formal/simbólica da tectônica, a partir do ensino lúdico da geometria espacial de cascas.



Fonte: Autoras (2024).

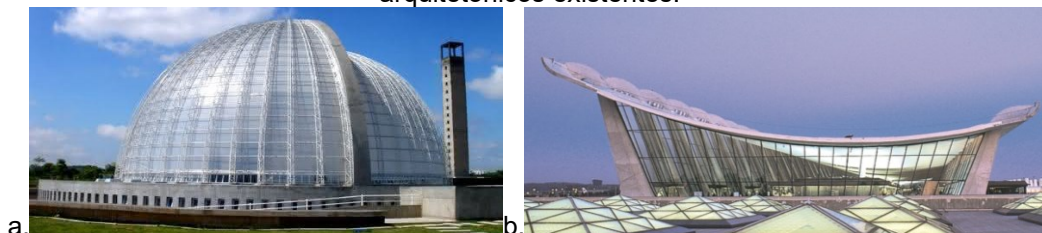
4.3 Compreensão de cada tipologia a partir do comportamento estrutural

Após a compreensão formal característica de cada tipologia, segue-se com o ensino sobre o comportamento estrutural, ainda adotando as cascas como exemplo. Retornando ao vídeo citado anteriormente, foi possível ter noção da dimensão técnica/estrutural/material, através de entendimentos sobre: estrutura resistente pela forma, justificando seu enquadramento como autoportante; capacidade de vencer grandes vãos na arquitetura; capacidade de suporte depende da curvatura e a carga deve ser uniformemente distribuída na superfície; as dimensões dos elementos estruturais são diretamente proporcionais às do vão a ser vencido; esforços de empuxo gerados pela forma da casca; posicionamento e formas dos elementos podem combater determinados esforços e aumentar a estabilidade da edificação.

Aqui, destacou-se a relevância em compreender o comportamento estrutural dos elementos como atributo fundamental para uma aplicabilidade na forma arquitetônica de modo mais consciente e inteligente.

Para tal, foram utilizados alguns projetos arquitetônicos como referência. Algumas estratégias ensinadas: aumento da base do elemento de apoio das cascas (quando apoiadas); elementos de travamento (cabos tracionados e anel de compressão (Figura 4a); inclinação dos apoios para combater esforços de empuxo (Figura 4b).

Figura 4: Estratégias de ensino da dimensão técnica/estrutural da tectônica, a partir de projetos arquitetônicos existentes.



Fonte: a. Orquidário Ruth Cardoso Parque Villa Lobos, disponível em <https://www.parquevillalobos.net/orquidario-ruth-cardoso-parque-villa-lobos/>; b. Aeroporto Internacional de Washington Dulles, disponível em https://images.adsttc.com/media/images/5acd/ef58/f197/ccc2/b400/001f/slideshow/Dullesskylites_E2.jpg?1523445586.

Cientes do comportamento básico estrutural das tipologias de cobertas, o conteúdo seguinte contemplou a materialidade das mesmas. A partir da identificação dos principais materiais adotados em cada tipologia, o aluno vislumbrou possibilidades diversas da aplicabilidade de materiais, técnicas e formas que melhor se adequassem ao projeto desenvolvido na disciplina de CODA de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo III⁶.

Ainda na dimensão técnica/estrutural/material foram introduzidas estratégias para o pré-dimensionamento dos elementos de cobertura, seja através da leitura de ábacos/gráficos ou da aplicação de equações simplificadas e já difundidas na literatura. As principais referências adotadas nesta etapa foram Rebello (2000); Silver (2013); Ching, Onouye, Zuberbuhler (2015); Botelho (2017); NBR 6120 (2019); NBR 6118 (2023).

4.4 Atividade prática sobre cobertura como partido arquitetônico

Com base no aprendizado dos 3 procedimentos anteriores, o estudante de arquitetura foi desafiado a desenvolver com o tema de Coberta como partido arquitetônico. Para tal, além do ensino dos conteúdos já descritos, também foi ministrado o conteúdo sobre esse assunto.

O desafio do ensino desse conteúdo era transmitir para o estudante a importância de pensar a cobertura como parte das cogitações iniciais do projeto, e não como mera consequência da resolução de uma planta baixa. Entende-se que, quanto

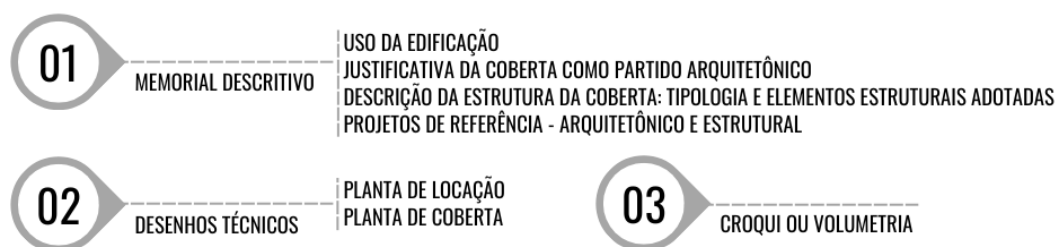
⁶ Esta disciplina é integrativa do 3º período, devendo o aluno apresentar um projeto a nível urbano que integre os aprendizados das disciplinas cursadas no semestre, como Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo III, Tectônica III, Conforto III e Geometria Gráfica 3D I.

mais cedo o estudante especular sobre a concepção da cobertura (seja a partir de uma materialidade ou de uma forma), mais chances de êxito o projeto terá.

Adicionado a isso, ressalta-se a importância de uma noção volumétrica do edifício, reconhecendo a cobertura como componente substancial na expressão arquitetônica, reconhecida pela dimensão estética/formal/simbólica da tectônica. Essa leitura tridimensional segue sendo importante na dimensão técnica/estrutural/material também, principalmente, no momento de compatibilização do próprio projeto arquitetônico - entre as representações e interpretações entre plantas e cortes; quanto com os demais projetos, como o estrutural - continuação vertical e horizontal de elementos lineares (pilares e vigas), por exemplo.

A atividade tinha como objetivo desenvolver uma proposta de projeto (esboço ou estudo preliminar), onde o partido arquitetônico fosse a cobertura e, que deveria estar integrada a nível urbano com a área de implantação. A proposta deveria conter as seguintes informações e elementos, conforme a Figura 5.

Figura 5: Estruturação da atividade sobre Cobertas como partido arquitetônico de Tectônica III.



Fonte: Autoras (2024).

A atividade, desenvolvida em grupo, buscava estimular a reflexão e debates conjuntos sobre os conteúdos inerentes à disciplina. Ao longo de 8 semestres foram desenvolvidas 67 atividades. Foi reconhecida uma variedade de tipologias, com exceção da excêntrica, devido à complexidade de representação gráfica da forma e dos elementos estruturais.

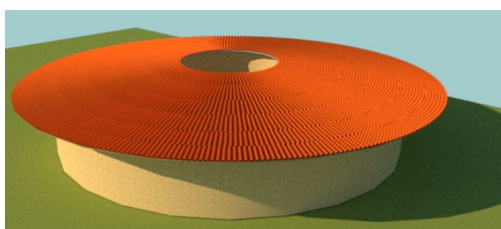
Assim, continuando o entendimento do processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Tectônica III, conforme passos descritos anteriormente, os 4 exemplos de atividades são sobre a tipologia tradicional autoportante - cascas (Figura 6).

Primeiramente, destaca-se que, apesar da cobertura do Projeto Escola-Biblioteca ser um telhado (cobertura tradicional apoiada), a mesma foi adotada como exemplo neste ponto por ter sua ideia formal próxima à definição geométrica da cúpula. A

cúpula do Panteão, em Roma, também apresenta essa centralidade vazada, tendo os alunos se assimilado dessa estratégia para adotar em sua proposta.

O Bar e Restaurante apresenta uma coberta com uma estrutura metálica deslocada do “corpo do edifício”, entendendo a importância dos elementos de suporte de um coroamento do edifício com silhueta fluida, rítmica e leve. Inspirados no Hospital Sarah Kubitschek em Salvador, projetado por João Filgueiras Lima - Lelé, as cobertas do Mercado Público e do Centro Poliesportivo são estruturas do tipo shed, porém não na forma tradicional de “dentes de serra”. Adotam a sinuosidade da forma proporcionada pelos elementos curvos que definem a tipologia, e propiciam as ventilação e iluminação zenitais, conteúdos também ensinados na disciplina.

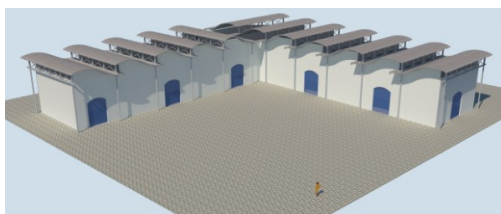
Figura 6: Exemplos de atividades desenvolvidas pelos estudantes de Tectônica III.



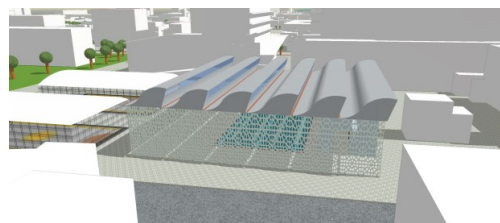
Projeto Escola-Biblioteca



Bar e Restaurante



Mercado Público



Centro Poliesportivo

Fonte: Acervo do Google Classroom de Tectônica III - 2022 a 2024 (2024).

O modo de representação e a ferramenta adotada para tal foi, predominantemente, a utilização de softwares como Sketchup e Revit, em detrimento do croqui à mão livre. Apenas 10% das atividades desenvolvidas foram realizadas com instrumentos de desenho como esquadro e escalímetro. As referências adotadas foram bastante variadas, contemplando desde estruturas simples, como telhados em estruturas de madeira com 2 águas.

A materialidade das cobertas adotadas também foi variada. A madeira, utilizadas nas treliças planas para compor estruturas de telhado foram as mais usuais, seguidas de lajes de concreto armado moldada *in loco* com o uso de teto verde.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma reflexão sobre o ensino da tectônica e algumas ferramentas adotadas nesse processo; compartilhando a experiência do ensino da tectônica no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. O curso é o único no Brasil que apresenta disciplinas denominadas Tectônica, apresentando-se como uma inovação no ensino da arquitetura e urbanismo.

Observou-se que, a existência de um espaço físico em que possam ser atendidas as práticas tectônicas voltadas, principalmente, ao ensino técnico e material, como os laboratórios específicos e o canteiro experimental, podem potencializar o processo de ensino e aprendizagem da matéria. Nessa ausência, laboratórios de informática dos cursos podem atender algumas demandas das disciplinas, através da utilização de softwares que possibilitem a modelagem, análise e compreensão dos conteúdos. Porém, fazem-se necessários computadores com elevada capacidade de processamento para disponibilizar aos alunos.

Uma estratégia é iniciar o ensino da tectônica pela dimensão estética/formal/simbólica, através do auxílio da geometria espacial na compreensão de formas e estruturas que podem compor os edifícios. No caso, foi abordado o ensino de cobertas com ênfase nas tipologias tradicionais autoportantes - cascas. Através da compreensão lúdica da origem das 4 classes de cascas - abóboda, cúpula, conóide e parabolóide, é possível desenvolver um aprendizado mais facilitado, distante de cálculos e equações de pré-dimensionamento que frustram e desmotivam o estudante de arquitetura e urbanismo.

Posteriormente, a dimensão técnica/estrutural/material pode ser introduzida, através do uso de projetos arquitetônicos existentes como exemplos para demonstrar estratégias adotadas na estrutura. Após uma compreensão mais serena sobre essa dimensão, é possível prosseguir com o ensino mais técnico e normativo, utilizando equações, gráficos ou ábacos de pré-dimensionamento.

Percebe-se que o desafio do ensino de tectônica é intenso. Mas, a disposição e motivação de docentes e pesquisadores no ensino dessa matéria é um forte incentivador para que os estudantes tenham, em sua formação, o entendimento da construção da arquitetura, sob aspectos sistêmicos da tectônica: forma, matéria e estrutura.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, F.; KASSIM, M. H. B.; SANUSI, A. N. Z. Go Virtual: Exploring Augmented Reality Application in Representation of Steel Architectural Construction for the Enhancement of Architecture Education. **Advanced Science Letters**, v. 23, n. 2, p. 804-808. 2017. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.7449>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: ações para o cálculo de estruturas de edificações. 2019 Versão Corrigida: 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto. 2023.

AGUIAR, M. FAVERO, M. **MAM-Rio**: forma-estrutura, tectônica e empatia. *Arquitetura Revista*, v. 15, n. 2. 2019. <https://doi.org/10.4013/arq.2019.152.03>

AL-AZZAWI, T.; AL-MAJIDI, Z. Parametric architecture: the second international style. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 1067. 2021.

AMARAL, I. **Quase tudo que você queria saber sobre tectônica, mas tinha vergonha de perguntar**. Pós Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, v. 16, n. 26, p. 148-167. 2009.

AZEVEDO, V., LIRA, H., MORAES, A., & VASCONCELOS, B. **Uso da realidade aumentada no ensino de projeto de engenharia civil**. *arq.Urb*, (36), p. 67–79. 2023. <https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi36.645>

BESSA, S. A. L.; LIBRELOTTO, L. I. **A importância das práticas construtivas nos canteiros experimentais em cursos de arquitetura e urbanismo**. *PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 12. 2021. <https://doi.org/10.20396/parc.v12i00.8660850>.

BOTELHO, M. H. A. **Resistência dos materiais**: para entender e gostar. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2017. 264p.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CES 2/2010: **Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo**, alterando dispositivos da Resolução CNE/CES nº 6/2006. Diário Oficial da União, Brasília, 18 de junho de 2010.

BRASIL. Resolução CNE/CES 1/2021: Altera o Art. 9º, § 1º da Resolução CNE/CES 2/2019 e o Art. 6º, § 1º da Resolução CNE/CES 2/2010, que institui as **Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo**. Diário Oficial da União, Brasília, 29 de março de 2021.

CARNEIRO, D. M.; BOTELHO JÚNIOR, M. A. S. **Canteiro Experimental: a conexão como princípio ativo para transformação do ensino**. III Seminário Canteiro Experimental em Arquitetura e Urbanismo e I Encontro Nacional de Canteiros Experimentais. São Paulo. 2024.

CARVALHO, C. G.; SILVOSO, M. M. **O canteiro experimental no desenvolvimento de tecnologias construtivas sustentáveis**. Encontro Latino Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, v. 4, p. 1310–1323. 2023.

CHING, F. D. K.; ONOUE, B. S.; ZUBERBUHLER, D. **Sistemas estruturais ilustrados: padrões, sistemas e projeto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015. 344p.

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UFPE. **Projeto Pedagógico do curso de graduação em arquitetura e urbanismo da UFPE**. Recife, 2016.

FREITAS, M. L. M. X. **Quando o canteiro não existe: práticas didáticas de uma ausência no Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE**. III Seminário Canteiro Experimental em Arquitetura e Urbanismo e I Encontro Nacional de Canteiros Experimentais. São Paulo. 2024.

HAJIRASOULI, A., BANIHASHEMI, S. **Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities**. Int J Educ Technol High Educ 19, 39. 2022. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00343-9>

HANNAH. **House of cores**. Houston, TX. 2022. Acesso em: 09 de nov. 2024. Disponível em: <https://www.hannah-office.org/>.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Manual para classificação dos cursos de graduação e sequenciais: CINE Brasil** [recurso eletrônico]. Brasília. 160p. 2019.

KOTLARZ, O.; WOSATKO, A. **Effectivity of BIM transfer of structural models between programs for engineers**. Budownictwo i Architektura, v. 20, n. 3, p. 5-24. 2021. <https://doi.org/10.35784/bud-arch.2627>

LIMA, W. N.; MARTINS, P. J.; JORGINO, D. R. **Avaliação comparativa entre os softwares EBERICK V10 e CYPECAD 2016 para estruturas de concreto armado**. Revista Eletrônica TECCEN, v. 12, n. 1. 2019. <https://doi.org/10.21727/teccen.v12i1.1391>

LOPES, J. M. A. **Quando menos não é mais: tectônica e o ensino tecnológico da Arquitetura e do Urbanismo**. III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-

graduação em Arquitetura e Urbanismo, arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva São Paulo, 2014.

MATTANA, L.; SOUZA, J. C.; PFÜTZENREUTER, A. H.; PIMENTA, A. F. P. S. Interações da tectônica no ensino de projeto de arquitetura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12. 2021. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v12i00.8658502>.

MEDEIROS, R. **Ensino de Arquitetura, o conteúdo tecnológico e a contribuição da abordagem tectônica para o ensino de projeto**. III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva São Paulo, 2014.

PUPPO, Regiane Trevisan. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 1, n. 3, p. 80–98, 2008. <https://doi.org/10.20396/parc.v1i3.8634511>.

REBELLO, Y. C. P. **Bases para o projeto estrutural na arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora, 2007. 288p.

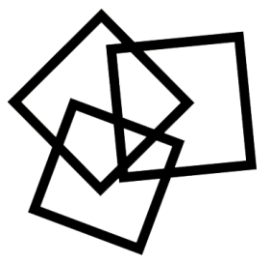
SILVA, J. N.; SILVA, J.; SILVA, S.; MELO, R.; MELO, T. A. T. **Análise dos esforços causados pela incidência dos ventos em estruturas metálicas utilizando o Método dos Volumes Finitos**. Anais. III Congresso Nacional de Construção de Edifícios, João Pessoa. 2018.

SILVER, P.; McLEAN, W.; EVANS. P. **Sistemas estruturais**. São Paulo: Blucher, 2013. 208p.

STONA, A. M.; MARIN, I. **Cascas: morfologia e concepção estrutural**. YouTube, 29 de nov. de 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=a9UE1t0I2-M>.

TONN, C.; PETZOLD, F.; BIMBER, O.; GRUNDHÖFER, A.; DONATH, D. **Spatial Augmented Reality for Architecture** — Designing and Planning with and within Existing Buildings. SAGE Publishing, v. 6, n. 1. 2008. <https://doi.org/10.1260/147807708784640126>

VALENÇA, M. L. R. M. **Representatividade feminina na arquitetura do Recife: formação, trajetórias e práticas profissionais (1956-1975)**. Trabalho de Conclusão de Curso em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco. 146p. 2022.



REVISTA

GEOMETRIA GRÁFICA

Integração do patrimônio tangível e imaterial: um protocolo para colaboração baseado no HBIM

Integration of tangible and intangible heritage: a protocol for collaboration based on HBIM

Rebeca Hayanny Braz Pessoa

rebeca.pessoa@ufpe.br

Bacharel em Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-8308-8559>

Max Lira Veras Xavier de Andrade

max.andrade@ufpe.br

Doutor em Engenharia Civil

Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Expressão Gráfica,

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-0717-1251>

Vinícius Albuquerque Fulgêncio

vinicius.fulgencio@ufpe.br

Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Paraíba

Docente do Departamento de Expressão Gráfica

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-9178-4549>

Recebido em: 20/09/2024

Aceito em: 15/11/2024

RESUMO

Considerando a crescente conscientização sobre a conservação do patrimônio arquitetônico e o desenvolvimento das tecnologias computacionais, a interação entre o mundo material e suas representações digitais tem exercido um importante papel na área da documentação e gestão da informação arquitetônica. Atualmente, diversos recursos tecnológicos têm sido utilizados neste âmbito, dentre eles, o uso do HBIM (Heritage Building Information Modeling), com inúmeras aplicações em edificações históricas no Brasil e no mundo. Entretanto, o cenário de diretrizes para sua execução é complexo, especialmente considerando as diferenças de localização, propósito e escala dos casos de uso disseminados. Persistem os desafios da criação de uma



estrutura colaborativa que viabilize a integração de dados geométricos e semânticos no contexto brasileiro, assegurando sua aplicação contínua por gestores do patrimônio, independente de possuírem conhecimento especializado no HBIM. Diante do exposto, o presente artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que investigou experiências da aplicação do HBIM em busca de procedimentos de integração de informações do patrimônio tangível e imaterial em um repositório compartilhado, de modo a desenvolver um protocolo para colaboração. Conforme a proposta, foi feito um estudo de caso que gerou o Modelo HBIM do Museu Memorial de Caruaru, em Pernambuco.

PALAVRAS-CHAVE: HBIM; colaboração; gestão da informação; patrimônio histórico.

ABSTRACT

Considering the growing awareness about the conservation of historical heritage and the development of computer technologies, the interaction between the material world and its digital representations has played an important role in the area of documentation and management of architectural information. Currently, several technological resources have been used in this area, among them the use of HBIM (Heritage Building Information Modeling), with numerous applications in historical buildings in Brazil and worldwide. However, the scenario of guidelines for its implementation is complex, especially considering the differences in location, purpose and scale of the use cases disclosed. The challenges of creating a collaborative structure that enables the integration of geometric and semantic data in the Brazilian context, ensuring its continuous application by heritage managers, regardless of whether they have specialized knowledge in HBIM, persist. In view of the above, this article presents the results of a research that investigated experiences of applying HBIM in search of procedures for integrating information on tangible and intangible heritage in a shared repository, in order to develop a protocol for collaboration. As proposed, a case study was carried out that generated the HBIM Model of the Caruaru Memorial Museum, in Pernambuco.

KEYWORDS: HBIM; collaboration, information management; historical heritage.

1 INTRODUÇÃO

As ações relacionadas ao Patrimônio Arquitetônico dependem fundamentalmente da colaboração multidisciplinar, e nesse contexto, especialistas de diferentes áreas desempenham um papel crucial ao compartilhar e interpretar as informações sobre o bem, ações essenciais para compreender seu valor e significado arquitetônico e cultural. Esse entendimento aprofundado é decisivo para orientar futuras decisões sobre intervenções, conservação e gestão, e a qualidade e integridade na coleta e registro dessas informações são de extrema importância.

Segundo observação de Castellano-Román e Pinto (2019), a gama de conhecimento, metodologias e experiências no registro e documentação digital do patrimônio arquitetônico tem evoluído amplamente ao passo que incorpora as tecnologias de inovação do BIM (Building Information Modeling), dando origem a novos procedimentos para gestão de edifícios de valor patrimonial e cultural.

O termo HBIM (Heritage/Historic Building Information Modeling), primeiramente apresentado por Maurice Murphy em 2009, descreve um conjunto de métodos voltados à digitalização de dados arquitetônicos obtidos por meio de levantamentos utilizando Laser Scanning ou Fotogrametria Digital, com o objetivo de criar modelos BIM geométricos parametrizados (Murphy et. al, 2009). A principal característica do HBIM é a integração do modelo gráfico digital das informações (quantitativas e qualitativas) dos elementos que compõem as edificações históricas e as relações que podem ser estabelecidas entre si e entre dados documentais externos. Este aspecto oferece grande potencial como um sistema de informações patrimonial interdisciplinar, podendo ser explorado para aplicação em variados tipos de patrimônios edificados.

No entanto, segundo Lovell et al. (2023), embora o HBIM tenha potencial como uma ferramenta para gerenciar o patrimônio cultural, sua implementação atual é limitada por desafios práticos, falta de definição das necessidades de informações e ausência de padronização. De acordo com o estudo supracitado, há poucas evidências de que os modelos HBIM criados estão sendo utilizados em aplicações do mundo real, sugerindo uma lacuna entre o desenvolvimento teórico e a implementação prática no campo da gestão do patrimônio. Os autores também constataram que há uma falta geral de consideração das necessidades de informação das partes interessadas envolvidas em projetos de patrimônio, o que pode impactar

negativamente na eficácia do HBIM como ferramenta de gestão de ativos históricos. Em consequência disso, a ausência de requisitos de informação, que especifiquem o porquê, para quem, quando e como as informações precisam ser produzidas e trocadas ao longo do ciclo de vida de um projeto BIM (Manziane et. al. 2021, p. 115) aumenta o desafio na criação de Modelos de Informação do Ativo (AIM)¹ que atendam as necessidades reais do patrimônio. Destaca-se ainda a necessidade de padronização dos métodos de implementação do HBIM, tendo em vista que a falta de práticas padronizadas pode levar a inconsistências e ineficiências na forma em como o HBIM é aplicado em diferentes projetos.

Segundo Amorim (2023), o atual cenário do BIM no Brasil apresenta uma significativa carência de textos nacionais que abordem e ofereçam informações estruturadas para difusão, adoção e implantação do processo BIM. Nesse contexto, considerando o nicho específico de aplicação do HBIM e as diferenças em termos de localidade, dimensão e propósito entre os diversos casos de uso que têm sido difundidos, percebe-se uma escassez de trabalhos aplicados que discutam o uso de práticas colaborativas em sua fase de produção e principalmente em sua fase de uso para o setor de gestão do patrimônio. Esses fatores acentuam a necessidade de diretrizes para um método de processo HBIM no contexto patrimonial brasileiro que considere a colaboração para inserção de informações geométricas e semânticas durante todo o ciclo de vida da edificação.

Diante do exposto, o presente artigo apresenta os resultados de uma pesquisa cujo objetivo foi o desenvolvimento de um protocolo para colaboração que leve à geração de um modelo HBIM para integração de informações de forma viável à utilização futura. O protocolo considerou os requisitos de informação necessários ao setor da gestão da edificação para realizar ações de: pesquisa, proteção, conservação e divulgação de um patrimônio arquitetônico. Como resultado, obteve-se um modelo HBIM e um repositório de informações compartilhadas, capazes de serem atualizados continuamente à medida que novos dados e informações surgem ao longo do ciclo de vida da edificação. Para tal, teve como objeto de estudo o Museu Memorial de

¹ AIM é o Modelo de Informação voltado à gestão estratégica de ativos que reúne dados relacionados à fase de operação, manutenção e administração. Contém conteúdos verificados e necessários à condução da edificação, como dados gráficos (desenhos e modelos 3D), documentos não gráficos, fichas de dados, manuais de uso e manutenção, contatos, metadados, entre outros (BIBLUS, 2022).

Caruaru, antigo Mercado de Farinha (Figura 1). A edificação fica localizada na Rua Duque de Caxias, Bairro Nossa Senhora das Dores na cidade de Caruaru, Pernambuco.

Figura 1: Fotografias do Mercado de Farinha de Caruaru, cerca de 1924.



Fonte: Adaptado de Tenório (2016).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Patrimônio

2.1.1 Significado de Bem Patrimonial

Segundo Jordan-Palomar et al (2018, p.1), um bem patrimonial é definido como: "Um edifício, monumento, sítio, lugar, área ou paisagem identificado como tendo um grau de significância que merece consideração nas decisões de planejamento, devido ao seu interesse patrimonial". Para o IPHAN (2005, p.22) o patrimônio não possui um significado inerente, pois seus múltiplos significados são construídos socialmente, onde o valor atribuído ao patrimônio é uma construção cultural. Torna-se necessário entender não apenas o valor arquitetônico, mas também seu significado ao longo do tempo e os valores intangíveis que o levam a ser considerado patrimônio cultural, sendo esta uma parte primordial de sua preservação. Para tanto, é necessário assegurar que o conhecimento sobre a edificação seja sólido, confiável e devidamente registrado, garantindo que essas informações sejam transmitidas para as gerações futuras.

Nesse contexto, o registro adequado do patrimônio desempenha um papel crucial, pois é uma ferramenta indispensável para capturar e preservar esse conhecimento, contribuindo para que o valor cultural da edificação seja compreendido ao longo do tempo.

2.2.1 Desafios da Conservação e do Registro Documental do Patrimônio Edificado

Edificações patrimoniais são insubstituíveis, e podem nos proporcionar um entendimento valioso sobre nossa história, arquitetura e cultura. Contudo, estão continuamente expostas a mudanças ambientais, desastres naturais, ações humanas, tensões socioculturais e outros fatores que podem contribuir para sua deterioração ao longo do tempo. Muitas vezes essa degradação é inevitável, o que torna a preservação e a manutenção desses patrimônios essenciais para garantir que continuem a transmitir seu valor histórico e cultural (Penjor *et al.*, 2024).

No contexto do registro do patrimônio, a documentação é um processo contínuo e sistemático que envolve a obtenção, armazenamento, tratamento, restauração, disponibilização e divulgação de dados e informações, tanto gráficas quanto não gráficas. Esse processo é complexo, e requer a colaboração de profissionais de diversas áreas e o uso de diferentes métodos e tecnologias (Mikalauskas; Amorim, 2020).

Normalmente, essas informações consistem em uma coleção de documentos, relatórios, desenhos (2D ou 3D), arquivos e diversos conjuntos de dados gerados por diferentes profissionais utilizando suas respectivas ferramentas. Como resultado, as informações sobre um único bem histórico podem acabar dispersas em múltiplos locais (bancos de dados locais, arquivos físicos, ou na nuvem) e em variados formatos (papel, digital, entre outros). Segundo Jordan-Palomar *et al.*, (2018) o cenário segmentado de protocolos e técnicas empregados pelos profissionais do patrimônio amplificam ainda mais o problema da dispersão de informações e comprometem a colaboração entre os envolvidos.

Penjor *et al.*, (2024) aponta que, apesar da introdução do Computer-Aided Design (CAD) na década de 1970, alguns problemas continuaram, como: deficiências no manuseio de informações semânticas, incapacidade de apoiar a colaboração interdisciplinar simultânea, e morosidade ao abordar dificuldades durante a fase de construção. Assim, para atenuar essas questões, novas tecnologias, métodos e processos podem ser utilizados para o registro e conservação de edificações históricas, criando modelos de informação abrangentes em um banco de dados centralizado e compartilhado, servindo de base para atividades de documentação, gestão e manutenção.

2.2 Building information modeling (BIM)

Segundo Gonçalves (2022, p.61), o BIM ou Modelagem da Informação da Construção surgiu como uma resposta à evolução da representação gráfica 2D com o intuito de atender às novas demandas na indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação), promovendo uma nova forma de desenvolvimento de projetos com possibilidades de uso desde a fase de concepção até às fases de manutenção e conservação da edificação.

Esse novo processo parte não mais de desenhos bidimensionais, mas de modelos tridimensionais e pressupõe que todas as informações relativas à construção, nas diversas fases de seu ciclo de vida, sejam alocadas em um só modelo integrado, paramétrico, intercambiável e passível de simulação, que poderá ser utilizado desde a concepção dos projetos, durante as obras e até durante toda a vida útil do espaço construído (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura, 2013, p. 6).

Succar (2009) afirma que o BIM constitui um conjunto em contínua expansão de tecnologias, processos e diretrizes que viabiliza a colaboração entre as diversas partes interessadas no desenvolvimento, construção e operação de edificações ou instalações, de forma integrada em um ambiente virtual.

O BIM promove a uniformização da informação ao tornar única a fonte de dados para todos os envolvidos. No processo de projeto BIM, os componentes trazem consigo todas as informações relevantes em diversos documentos, como por exemplo uma janela que aparece simultaneamente na visualização 3D, nas folhas gráficas, ou nas planilhas. Caso este elemento seja alterado em qualquer um destes pontos, será automaticamente atualizado nos demais (Amorim, 2023, p. 21).

A ABNT NBR ISO 196502 define o conceito de “Nível de Informação Necessária” como responsável pelo tipo de informação básica para diferentes estágios do projeto e para diferentes partes interessadas, cujo escopo deve atender aos “usos” pretendidos do projeto e da organização. São inúmeros os usos BIM possíveis, os mais frequentes foram detalhados em produções acadêmicas

²ABNT NBR ISO 19650:2022 - *Organização e digitalização de informações de ambientes construídos e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) - Gerenciamento de informações usando modelagem da informação da construção.*

reconhecidas mundialmente, como o New Zealand BIM Handbook³ e o 211in Model Uses Table⁴, de Bilal Succar, que mapeou 125 usos do BIM (Amorim, 2023).

O Nível de Desenvolvimento do Componente (Level of Development - LOD) representa a combinação entre a geometria e as informações associadas a um objeto BIM (BIM Forum, 2023)⁵. O BIM Fórum propõe 6 níveis cumulativos, aplicáveis de acordo com o Nível de Informação Necessária.

Quanto à integração dos dados e o trabalho colaborativo, um recurso imprescindível do BIM é o uso de um Ambiente Comum de Dados (ACD/ Common Data Environment - CDE), responsável por proporcionar o acesso compartilhado, transparente e controlado a todos os arquivos e informações das diversas disciplinas envolvidas em um projeto BIM. Segundo a ABNT NBR ISO 19650, o uso deste recurso é obrigatório em projetos BIM, tendo em vista que o objetivo principal desta prática é que a informação seja gerada apenas uma vez e seja utilizada sempre que necessário por todos os integrantes do empreendimento, além de garantir a sua confiabilidade e integridade por meio de regras e procedimentos bem definidos, referenciados no Plano de Execução BIM (BEP)⁶ (Amorim, 2023).

Esta característica fundamental do BIM, de permitir a inserção de informações da edificação em diversos níveis de forma ampla e colaborativa, faz da sua aplicação uma potencial ferramenta de documentação e gestão, estendendo seus conceitos para o HBIM. Esta aplicação não se restringe somente aos processos de modelagem, mas também à gestão das informações geométricas e não geométricas nas diversas disciplinas, para ações de conservação, restauração ou preservação da edificação patrimonial (Gonçalves, 2022, p. 64).

2.3 Historic/heritage building information modeling (HBIM)

No contexto HBIM, onde a edificação já é existente, o Modelo de Informação do Ativo é o produto final, desenvolvido a partir de dados obtidos em pesquisas e levantamentos que serão utilizados para o seu enriquecimento com as informações

³ Disponível em: <https://www.biminnz.co.nz/nz-bim-handbook>. Acesso em 04 set. 2024.

⁴ Disponível em: <https://bimexcellence.org/files/211in-Model-Uses-Table.pdf>. Acesso em 04 set. 2024.

⁵ A especificação detalhada e atualizada com as exigências de acordo com as classes dos elementos, pode ser encontrada em <http://bimforum.org/lof/>. Acesso em: 04 Set. de 2024.

⁶ Documento que apresenta um plano de como os aspectos da gestão da informação serão conduzidos pelas equipes de entrega no processo BIM. (ABNT NBR ISO 19650-2:2022).

patrimoniais. Estas informações podem aprimorar a compreensão e o contexto da edificação, consistindo de registros históricos, fotografias dentre outras documentações relevantes, servindo como suporte a uma abordagem mais abrangente para a gestão do patrimônio.

A abordagem HBIM destaca-se pela capacidade de correlacionar os elementos arquitetônicos patrimoniais (como paredes, ornamentos de fachadas, coberturas, pisos, esquadrias, entre outros), a diversas classes de informação geométricas e não geométricas, podendo abranger todas as fases históricas da edificação (como materiais originais, técnicas construtivas, vida útil, registros históricos, fotografias, propriedades físicas, mapas de danos, manuais de uso e manutenção, entre outros). A associação desses dados aos Objetos BIM⁷ pode ser feita por meio das propriedades dos objetos, em que qualquer informação externa poderá ser referenciada ao Modelo de Informação do Ativo (AIM).

Uma abordagem semelhante ao LOD foi proposta por Castellano-Román e Pinto (2019), o Nível de Conhecimento (Level of Knowledge - LOK). O LOK se refere ao nível de conhecimento que o modelo HBIM necessita para fornecer informações suficientes à diferentes ações de gestão do patrimônio. Possui 5 níveis referentes a: capacidade de caracterização básica do bem patrimonial; proteção legal e planejamento estratégico; monitoramento e diagnósticos; ações de conservação e intervenção; e programas de pesquisa, conservação preventiva e planos de investimentos periódicos.

O HBIM oferece vantagens significativas para documentar e gerenciar edifícios históricos, contudo, apresenta alguns desafios de implementação (ANSAM QSYMAH et al., 2024) referentes a:

1. coleta e integração de dados: onde a qualidade e disponibilidade dos dados podem variar, dificultando a criação de um modelo digital adequado ao nível de informação necessária;

⁷Objeto BIM é uma representação digital de um elemento ou de um resultado da construção que contempla suas características geométricas (forma e dimensão), e pode conter parâmetros de funcionalidade e especificações. (Regulamento da Biblioteca Nacional BIM, 2018). Disponível em: https://plataformabimbr.abdi.com.br/docs/arquivos_avulsos/Regulamento%20T%C3%A9cnico%20-%20BNBIM.pdf Acesso em: 02 Set. de 2024.

2. complexidade das estruturas históricas: cujas características arquitetônicas demandam levantamento e modelagem mais aprofundados, frequentemente exigindo novas tecnologias de captura geométrica;
3. colaboração: estabelecer um ambiente compartilhado para as partes interessadas (arquitetos, historiadores e profissionais da conservação) requer conscientização e capacitação para que a colaboração seja eficaz;
4. sustentabilidade dos bancos de dados: manter esse recurso ao longo do tempo significa garantir que as informações permaneçam atualizadas e acessíveis, exigindo esforços contínuos.

Assim, o uso do HBIM como um sistema colaborativo de gestão do patrimônio necessita de aperfeiçoamento, pois ainda apresenta desafios quanto aos fluxos de trabalho, clareza dos processos e a dispersão de informações decorrentes do uso de técnicas e protocolos não padronizados (Gonçalves, 2022, p. 67).

2.4 Museu memorial de caruaru

Construído em 1924, o mercado foi criado para abrigar os feirantes de cereais e farinha de mandioca na Feira de Caruaru, uma atividade de grande relevância econômica para a cidade (Tenório, 2016). No período de realização deste estudo, o edifício desempenha a função de museu municipal, abrigando exposições documentais, iconográficas e objetos históricos que representam a trajetória política, econômica e cultural da cidade de Caruaru. A arquitetura do edifício preserva suas características e ornamentos originais mesmo após um século de sua construção (Figura 2). Esses elementos refletem as técnicas e tecnologias construtivas do estilo eclético neoclássico, tornando-o um exemplar singular na cidade .

Figura 2: Fachada principal o Museu Memorial de Caruaru.



Fonte: Pessoa (2023).

A edificação apresenta um preocupante estado de conservação em seu interior (Figura 3), sendo um ponto preocupante da sua integridade física e, consequentemente, do seu acervo.

Figura 3: Problemas de conservação do Museu Memorial de Caruaru.



Fonte: Pessoa (2023).

Um questionário aplicado ao gestor responsável pela edificação (Pessoa, 2023, p.85-87) revelou diversos desafios na conservação deste patrimônio. As perguntas orientaram o diagnóstico da situação do registro e gestão documental sobre o Museu, bem como levantaram as motivações que guiaram o desenvolvimento do modelo HBIM da edificação e seus principais requisitos de informação. Como resultado, percebeu-se a falta de informações organizadas sobre o monumento e escassos recursos documentais disponíveis para acesso, (como levantamentos técnicos, registros sobre as intervenções realizadas, fotografias históricas e ausência de um plano de manutenção preventiva), fatores que repercutem na vulnerabilidade de seu

estado de conservação e em sua memória cultural. Nesse âmbito, a condição ideal requer a existência de um registro patrimonial adequado e acessível. Além disso, é importante que seu valor histórico e cultural seja reconhecido pela coletividade por meio da democratização do acesso à história e valores dessa edificação.

3 MÉTODOS E TÉCNICAS

Tendo em vista que o trabalho buscou a concepção de um protocolo de aplicação do HBIM como solução para uma problemática no âmbito da preservação do patrimônio, o método Design Science Research (DSR) se mostra ideal. Esse método busca a produção de soluções que aprimorem sistemas ou procedimentos existentes podendo gerar artefatos⁸ para aperfeiçoamento de atividades em um cenário real (Angeluci *et al*, 2020). O método propõe a aplicação prática de artefatos, fomentando o futuro uso do protocolo obtido em contextos semelhantes. Desse modo, a solução não necessita ser capaz de solucionar todos os problemas identificados, mas sim ser suficiente como um passo inicial eficaz em sua proposta. Neste método, o processo se inicia com a identificação e compreensão do problema, segue com a proposta de uma solução e, em seguida, com a implementação de um artefato conforme a solução sugerida.

Para verificar a eficácia do artefato desenvolvido, será necessário submetê-lo a um exame empírico (Aken, 2004), que consistirá da análise do protocolo por meio de um estudo de caso. O objetivo é verificar sua aplicabilidade em uma situação real, bem como identificar possíveis melhorias.

A avaliação será conduzida por meio do estudo de caso do Museu Memorial de Caruaru, através da aplicação do protocolo para o desenvolvimento do modelo HBIM da edificação. O protocolo será avaliado pelos pesquisadores do presente estudo por meio do acompanhamento e análise dos resultados obtidos. Serão considerados aspectos como:

Eficiência: análise do desempenho operacional considerando a complexidade da modelagem geométrica e os recursos disponíveis (pessoas e tecnologias);

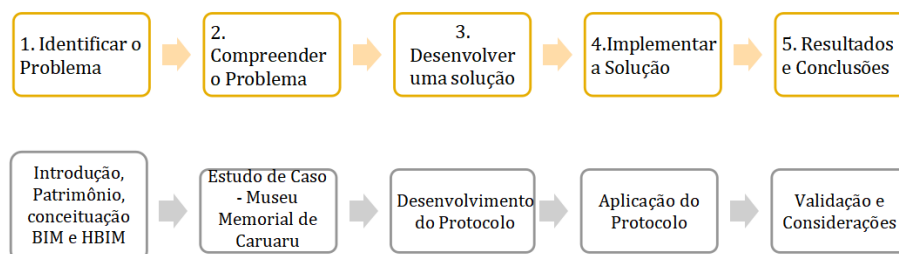
Eficácia: verificação do alcance dos objetivos propostos para o protocolo;

⁸ “Artefato na Design Science é um objeto que produz conhecimento e sua construção segue métodos científicos. Alguns exemplos de artefatos são modelos, entidades, algoritmos, métodos e sistemas de informação.” (Zaidan *et al.*, 2016)

Conformidade: adoção de diretrizes, padrões e processos bem estabelecidos;

A Figura 4 representa as etapas do método na pesquisa e sua correlação com as fases deste trabalho:

Figura 4: Etapas da pesquisa distribuídas segundo o método DSR.



Fonte: Autores (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este tópico apresenta os aspectos considerados no desenvolvimento da estrutura do modelo virtual de informação do Museu Memorial de Caruaru, e estabelece as bases para a compreensão de como o HBIM foi proposto no contexto da gestão, documentação e conservação deste patrimônio cultural. Para esta implementação foi necessário o desenvolvimento de um protocolo, considerado o artefato deste trabalho.

4.1 O protocolo HBIM

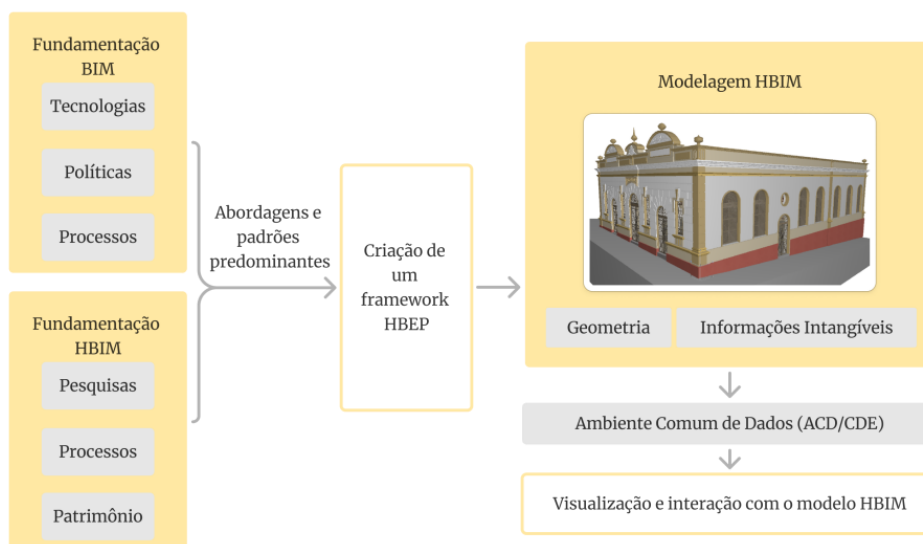
O protocolo HBIM estabeleceu as diretrizes metodológicas do desenvolvimento do projeto. Nesse contexto, foi necessário desenvolver um planejamento bem definido, representado pelo estabelecimento de um plano de execução. Estas etapas são descritas nos tópicos 4.1.1 e 4.1.2 a seguir.

4.1.1 A Metodologia do desenvolvimento do projeto HBIM

A metodologia proposta, baseada na estratégia de Heesom et al. (2021), propõe a análise das mais recentes produções acadêmicas sobre HBIM e suas aplicações, avaliando suas potencialidades e limitações. Foram identificadas as melhores práticas, como técnicas de levantamento arquitetônico, estratégias de modelagem e o uso de ferramentas e metodologias colaborativas para coleta e armazenamento de dados tangíveis e intangíveis de edificações patrimoniais. Além disso, foi criado um Plano de Execução BIM para Edificações Históricas (HBEP),

recurso essencial que apresenta o planejamento de como os aspectos da gestão da informação serão conduzidos pelas equipes de entrega no processo HBIM. As etapas finais consistem na inserção de toda informação no Ambiente Comum de Dados e na disponibilização do modelo HBIM para visualização e interação, tanto da gestão quanto do público. A Figura 5 representa o protocolo:

Figura 5: Metodologia para o projeto HBIM.

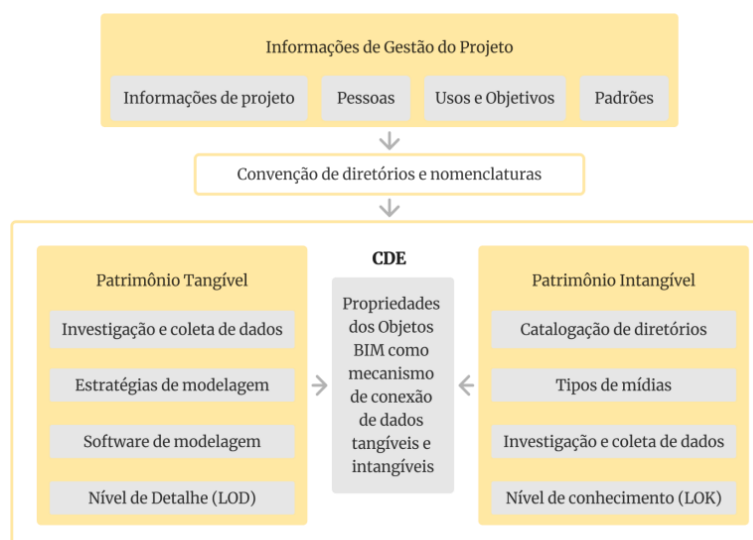


Fonte: Adaptado de Pessoa (2023).

4.1.2 Estabelecimento de um *framework* HBEP

Esta fase, fundamental para o desenvolvimento do modelo HBIM, consiste no desenvolvimento de um HBEP adaptado à natureza singular dos projetos de preservação do patrimônio cultural. Embora existam diversos Planos de Execução BIM (BEP), há pouca orientação específica para edificações históricas. O HBEP deve ser elaborado de forma colaborativa e ajustado às particularidades de cada proposta, com o objetivo de garantir que todas as partes envolvidas conheçam as metas do projeto, descrevendo fluxos de trabalho, funções e responsabilidades, padrões e entregas a serem produzidas de acordo com os objetivos e usos BIM pré-estabelecidos. Nesta premissa foram criadas diretrizes para estruturação das informações em 3 fatores: “Informações de gestão do projeto”, “Patrimônio Tangível” e “Patrimônio Intangível”, como mostra a Figura 6:

Figura 6: Plano de desenvolvimento do HBEP.



Fonte: Adaptado de Pessoa (2023).

Um conjunto específico de informações é essencial para o gerenciamento eficaz do projeto, assegurando que todos os envolvidos no seu desenvolvimento sigam os mesmos padrões. Assim, propôs-se para o HBEP os seguintes requisitos:

1 - Informações de Gestão do Projeto:

- Informações e definições de projeto: localização e caracterização do projeto;
- Pessoas: dados de identificação, funções e contatos da equipe;
- Usos e objetivos: usos BIM, prazos e prioridades de entregas;
- Sistema de coordenadas: tipos e localização das coordenadas;
- Terminologias e Nomenclaturas: para arquivos, siglas, disciplinas, fases, entre outros;
- Comunicação e colaboração: formato de comentários (BCF⁹) e escolha do CDE;
- Entregáveis: nome, descrição, tipo e formato dos entregáveis BIM;
- Prazos: datas estipuladas para atualizações de projeto;

2 - Patrimônio Tangível: descreve as informações essenciais para garantir que a modelagem HBIM possa funcionar colaborativamente no CDE.

- Nível de Informação Necessária: especificação LOD dos objetos BIM;
- Investigação e coleta de dados: técnicas e equipamentos para levantamentos;

⁹ BIM Collaboration Format (BCF) é um protocolo padrão de comunicação para gerenciamento e coordenação que permite o controle do histórico, rastreabilidade de comentários e das solicitações de informações em projetos BIM (ABNT PR 1015:2022).

- Softwares: definição de softwares e versões de acordo com os entregáveis (modelagem, realidade aumentada, plataformas de acesso ao modelo HBIM, etc);
- Premissas para modelagem: unidades de medida, templates¹⁰, entre outros;
- Nomenclaturas: para objetos BIM e bibliotecas¹¹ de objetos BIM;
- Terminologias: estabelecimento de termos dos elementos arquitetônicos históricos juntamente com um guia visual da edificação;
- Estratégias de modelagem: procedimentos de modelagem a ser adotados;
- Revisão e controle de qualidade: métricas de controle de qualidade do modelo HBIM;

3 - Patrimônio Intangível: descreve as informações fundamentais para assegurar que a gestão das informações intangíveis opere de maneira organizada e colaborativa dentro do CDE.

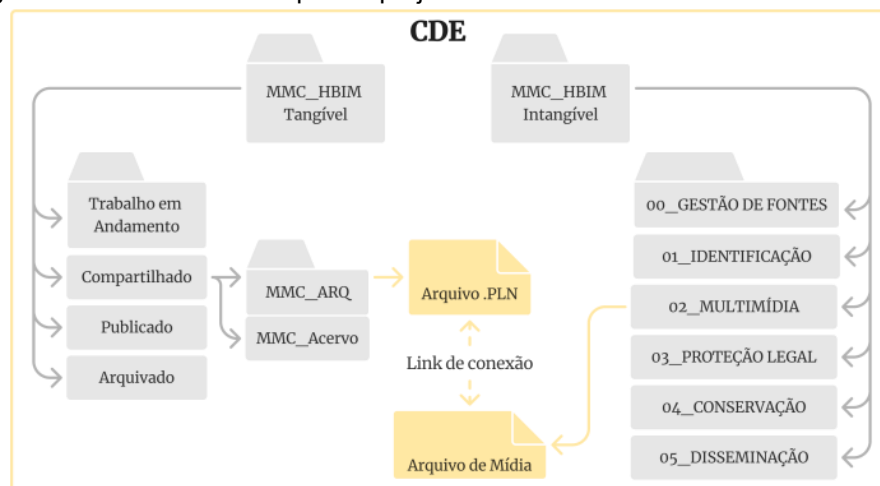
- Nível de Conhecimento Necessário: especificação LOK do modelo HBIM;
- Investigação e coleta de dados: técnicas de levantamento de informações semânticas;
- Nomenclaturas: para os diversos arquivos (mídias, documentos, entre outros);
- Tipos de Mídias: definição de tipos e formatos de arquivos aceitáveis no CDE;
- Catalogação de diretórios: foi utilizada uma estrutura de pastas proposta por Castellano-Román e Pinto (2019) denominada “Repositório de Informação BIM de Edificações Patrimoniais” (Heritage BIM Information Repository - HBIR), cuja disposição foi idealizada para centralizar as informações do patrimônio integrando as ações de gestão: identificação, pesquisa, proteção, conservação e disseminação;
- Propriedades: campos de dados necessários aos objetos BIM para compor os usos especificados e armazenar informações. Estas propriedades são responsáveis por conectar os objetos do modelo HBIM aos arquivos contidos no CDE através de links;

¹⁰Template é um arquivo padrão de projeto que pode incluir objetos BIM pré-definidos de acordo com o sistema de classificação a ser utilizado. Ele também pode conter modelos de planilhas de quantitativos, índices de documentos, modelos de folhas, padrões gráficos e outros critérios que possam ser adotados no projeto. (Amorim, 2023, p.42).

¹¹Coleção de objetos BIM que segue uma definição de estruturas, nomes e esquemas de dados. Disponível em: <https://bimdictionary.com/>. Acesso em 02 set. 2024.

Dessa forma, o Ambiente Comum de Dados resultante foi organizado de modo a receber os arquivos referentes às informações tangíveis e intangíveis em duas diferentes pastas principais, sendo MMC a sigla para “Museu Memorial de Caruaru”, conforme apresenta a Figura 7:

Figura 7: Estrutura do CDE para o projeto HBIM do Museu Memorial de Caruaru



Fonte: Adaptado de Pessoa (2023).

Os diretórios para arquivos de dados tangíveis (MMC_HBIM Tangível), como modelagens de Arquitetura e Acervo, foram organizados segundo os princípios da ABNT PR 1015:2022. Conforme os arquivos são desenvolvidos, esta evolução é caracterizada pela transição entre as pastas de diferentes estados, denominados “status”:

- Trabalho em Andamento: Informação em andamento pelo criador ou equipe, não está disponível a outras equipes, agentes ou organizações;
- Compartilhado: Informação aprovada para ser compartilhada a outras equipes;
- Publicado: Informação aprovada para ser utilizada para detalhamento de projeto, construção e/ou gestão da edificação;
- Arquivado: Informação que foi superada, retirada de uso ou rejeitada do processo;

Os diretórios para arquivos de dados intangíveis (MMC_HBIM Intangível) foram organizados segundo a estrutura HBIR previamente apresentada, cujos arquivos são organizados conforme a sua finalidade das ações de gestão do patrimônio:

- 00_Gestão de Fontes: Inclui dados de identificação dos locais onde foram adquiridas informações da edificação (como arquivos, bibliotecas, repositórios digitais, etc);
- 01_Identificação: Identificação do imóvel a partir de dados exigidos pelo Iphan¹² na plataforma SICG¹³, e documentos relacionados aos arredores, área de proteção, às atividades próximas e outras edificações associadas;
- 02_Multimídia: Arquivos associados à pesquisa e análise da edificação, incluindo uma variedade de mídias, como documentos, trabalhos acadêmicos, plantas baixas, fotografias, músicas, vídeos, gravações de áudio, desenhos, entre outros;
- 03_Proteção Legal: Documentos relacionados à legislação, arranjos administrativos, catálogos e inventários, bem como ao planejamento urbano e espacial da edificação;
- 04_Conservação: Documentos relacionados a diagnósticos, projetos e intervenções;
- 05_Disseminação: Materiais para divulgação, como conteúdos digitais, planejamento de visitas, publicações, exposições, roteiros turísticos, entre outras atividades.

4.2 Aplicação do protocolo HBIM

Considerando o cumprimento dos objetivos da aplicação do HBIM para o Museu Memorial de Caruaru, os seguintes usos BIM foram elencados conforme os graus de importância e suas interdependências segundo estimativas de curto, médio e longo prazo:

- Usos BIM à Curto Prazo: Modelagem de Arquitetura, Documentação, Visualização, Representação em realidade virtual e aumentada, Extração de Quantitativos;
- Usos BIM à Médio Prazo: Fabricação Digital, Modelagem de Disciplinas complementares, Compatibilização, Planejamento e controle 4D e Gestão de Custos;

¹² “O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Cidadania que responde pela preservação do Patrimônio Cultural Brasileiro” (Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1702/>) Acesso em 05 Set. de 2024.

¹³ O Sistema Integrado de Conhecimento e Gestão (SICG) é uma base de dados desenvolvida para coordenar, em todo o território nacional, a documentação dos bens culturais de natureza material e imaterial, integrando, em uma única interface, o conhecimento e a gestão desses bens. (Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/wp/patrimonioculturalcolaborativo/sicg/>). Acesso em 05 Set. de 2024

- Usos BIM à Longo Prazo: Gerenciamento de espaços, Planos de Manutenção Preventiva, Simulações Diversas;

O projeto HBIM seguiu as orientações do modelo HBEP proposto, seguindo os protocolos estabelecidos. Os diretórios propostos foram criados no CDE Trimble Connect. Foram realizadas as modelagens de arquitetura, e a estrutura do mezanino e cobertura. Além disso, foram modelados itens do acervo do museu, como os quadros de obras de arte e uma luminária histórica. O software modelagem de modelagem BIM utilizado foi o Archicad licença estudante versão 26 (da Graphisoft). Apesar da indisponibilidade de ferramentas mais avançadas para captura da geometria dos elementos, algumas estratégias¹⁴ de modelagem foram adotadas, resultando em objetos BIM com grande semelhança aos elementos originais (Figura 8).

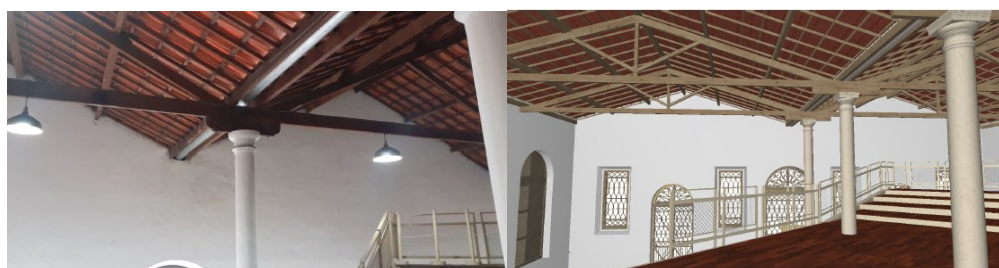
Figura 8: Estratégias de modelagem de objetos BIM históricos.



Fonte: Adaptado de Pessôa (2023).

As Figuras 9 e 10 apresentam a comparação entre a situação real da edificação e as modelagens arquitetônica, da estrutura do mezanino e da cobertura:

Figura 9: Foto da cobertura do Museu Memorial de Caruaru e modelagem HBIM.



Fonte: Adaptado de Pessôa (2023).

¹⁴ Alguns elementos, como a luminária e os pináculos, foram modelados a partir do desenho dos detalhes das peças e de suas silhuetas, que posteriormente foram “extrudados” ou “girados em 360°” para compor os objetos BIM.

Figura 10: Foto de mezanino do Museu Memorial de Caruaru e modelagem HBIM



Fonte:

Adaptado de Pessôa (2023).

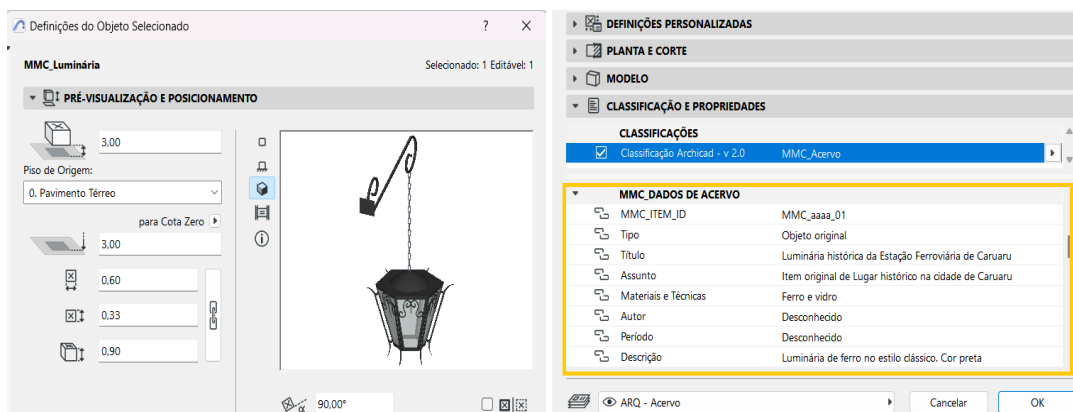
As propriedades dos objetos BIM foram criadas para o recebimento dos dados tangíveis e intangíveis, e foram aplicadas a todos os elementos modelados conforme o nível de informação necessário para cada classe de objetos. Foram designadas duas classes de objetos: “itens de acervo” e os “demais objetos BIM” (paredes, pisos, esquadrias, etc). Estas propriedades foram:

- Itens de Acervo:¹⁵ ID, Título, Assunto, Materiais e Técnicas, Autor, Data ou Período, Descrição, Localização, Dimensões, Características, Estado de Conservação (bom, precário, em arruinamento, arruinado), Imagem (link para imagem no CDE), Forma de Aquisição, Proveniência, Proteção a direitos autorais, LOD e Bibliografia (link para arquivos no CDE);
- Demais objetos BIM: ID, Nome, Descrição, Localização, Fase Histórica, Técnica Construtiva, Material, LOD, Imagem (link para CDE), Bibliografia (link para CDE), Estado de Preservação (íntegro, pouco alterado, muito alterado ou descaracterizado), Estado de Conservação (bom, precário, em arruinamento ou arruinado), Data da última inspeção, Data da Próxima inspeção, Mapa de Danos, Patologias, Diretrizes de Conservação e Causas de Degradação;

A Figura 11 apresenta alguns dados de acervo sendo utilizados para a luminária modelada no software Archicad:

¹⁵ As propriedades criadas para os itens de acervo contém campos já solicitados pela gestão do Museu Memorial de Caruaru, mapeados durante o questionário. Também foram criados novos campos para cumprir os objetivos BIM.

Figura 11: Dados personalizados inseridos nas propriedades da luminária.



Fonte: Autores (2024).

4.2.1 Resultados Obtidos

A modelagem arquitetônica do Museu Memorial de Caruaru foi completamente desenvolvida, correspondendo aos requisitos de informação necessários e a acurácia gráfica esperada (Figura 12).

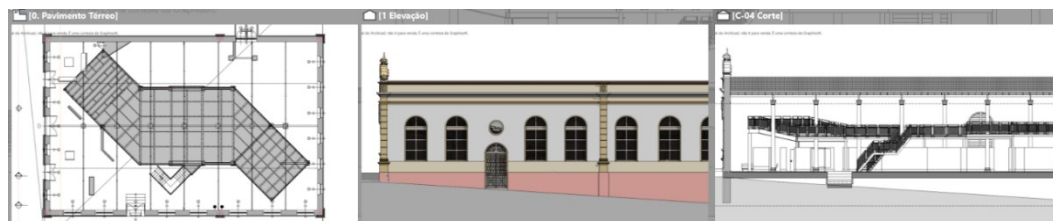
Figura 12: Resultados da Modelagem HBIM do Museu Memorial de Caruaru.



Fonte: Autores (2024).

Estruturas mais complexas, como todos os elementos da cobertura e do mezanino também foram modelados com êxito, proporcionando entregáveis como plantas baixas, plantas de cobertura, cortes, elevações, mapas de danos, vistas e perspectivas 3D e tabelas de quantitativos diversas (Figura 13).

Figura 13: Exemplos de entregáveis obtidos a partir da modelagem HBIM.



Fonte: Autores (2024).

A modelagem dos itens de acervo e a utilização das propriedades personalizadas proporcionou a obtenção de uma tabela de quantitativos rica em informações tangíveis e intangíveis (Figura 14) contendo dados de grande relevância para a gestão do acervo do museu. Esta tabela poderá ser utilizada para melhorar a eficiência de organização e elevar a segurança e salvaguarda dos dados (por estarem em um ambiente virtual controlado e compartilhado).

Figura 14: Tabela de dados de Acervo obtida do software Archicad (da Graphisoft).

Vista de Frente 3D	ID	Tipo	Título	Assunto	Materiais e Técnicas	Localização
	MMC_Luminária_01	Objeto original	Luminaria histórica da Estação Ferroviária de Caruaru	Item original de Lugar histórico na cidade de Caruaru	Ferro e vidro	Salão principal do térreo, anexo à parede Leste
	MMC-Terreo-Quadro-CaruaruFazenda-200-23/03/2023	Quadro	Caruaru Fazenda	As origens da cidade de Caruaru, quando ainda era fazenda	Pintura	Térreo
	MMC-Terreo-Quadro-OrigensDeCaruaru-200-23/03/2023	Quadro		Origens da cidade de Caruaru	Pintura	Térreo

Fonte: Autores (2024).

Os objetos BIM dos elementos ornamentais característicos do estilo arquitetônico da edificação, como os componentes das fachadas (Figura 15) e as esquadrias históricas (Figura 16), compõem o modelo HBIM tornando-o abrangente, contendo uma biblioteca de objetos completa do Museu Memorial de Caruaru.

Figura 15: Alguns objetos HBIM de ornamentos das fachadas do Museu Memorial de Caruaru.



Fonte: Autores (2024).

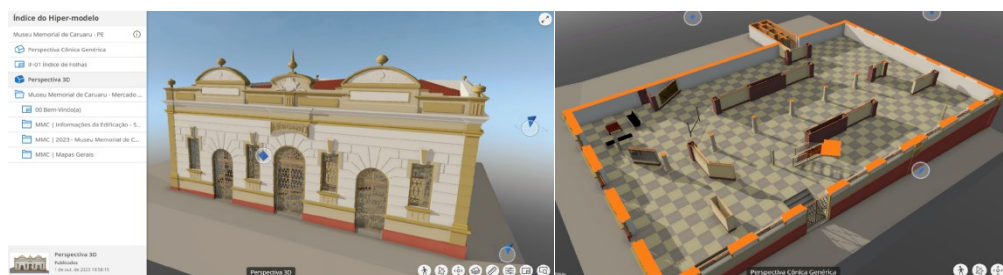
Figura 16: Objetos HBIM das esquadrias do Museu Memorial de Caruaru.



Fonte: Autores (2024).

A democratização do acesso ao modelo HBIM através de recursos como o BIMx16 (Figura 17), também contribui para a disseminação da história e cultura do Museu Memorial de Caruaru para o público geral, promovendo o conhecimento dos valores desta edificação patrimonial para a sociedade.

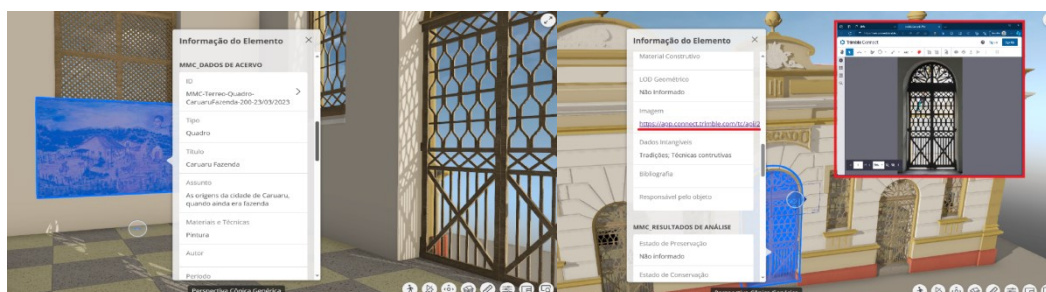
Figura 17: Modelo BIMx do Museu Memorial de Caruaru.



Fonte: Adaptado de Pessoa (2023).

O acesso às propriedades de dados que redirecionam o usuário a arquivos no CDE (como mídias de imagens, vídeos, áudios, textos, entre outros, salvo dados sigilosos), permite que o modelo virtual possa ser utilizado para diversas finalidades educacionais e culturais. A Figura 18 abaixo demonstra a visualização de informações de uma obra de arte parte do acervo do museu e também um exemplo de acesso ao link de uma fotografia de uma esquadria no CDE Trimble Connect:

Figura 18: Informações nas propriedades dos elementos no Modelo BIMx.



Fonte: Adaptado de Pessoa (2023).

Outro recurso utilizado foi a adaptação do projeto HBIM obtido para a visualização em Realidade Aumentada, onde o modelo 3D do Museu Memorial de Caruaru foi disponibilizado através do aplicativo “My Web AR”¹⁷. Esse modelo pode ser acessado através do QR Code apresentado na Figura 19.

¹⁶ App da Graphisoft para visualização de modelos BIM. O modelo BIMx do Museu Memorial de Caruaru está disponível em: <https://bimx.graphisoft.com/model/d2332ad6-3021-42a6-859a-650f04e9a397>

¹⁷ O Modelo RA do Museu Memorial de Caruaru está disponível em: <https://mywebar.com/qr/294827>

Figura 19: QR Code do modelo 3D do Museu Memorial de Caruaru.



Fonte: Pessoa (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou várias questões que destacam a importância da pesquisa do HBIM e suas implicações para a gestão do patrimônio. As principais questões se referem ao desenvolvimento de um protocolo viável, a demanda por padronizações, a importância das abordagens interdisciplinares, os desafios desta implementação, os desafios de gestão da informação a longo prazo e a necessidade de validação do protocolo por meio de estudos de caso.

Quanto ao desenvolvimento do protocolo, a pesquisa desenvolveu com sucesso um artefato viável, escalável e flexível para gerenciar informações relacionadas a projetos HBIM. Este protocolo se mostrou eficiente quanto a integração dos dados patrimoniais tangíveis e intangíveis, promovendo uma abordagem abrangente do patrimônio arquitetônico. A necessidade de padronização no âmbito do HBIM se destaca no processo de projeto BIM. Como resposta a esta problemática, um HBEP foi desenvolvido, estabelecendo requisitos básicos a serem cumpridos de forma a alcançar os objetivos organizacionais pré-estabelecidos na etapa de pesquisa e conhecimento do bem.

A abordagem interdisciplinar realizada na pesquisa enfatizou o valor da colaboração para construção de um modelo HBIM e seu potencial uso para gestão do patrimônio. Ao incorporar diferentes metodologias e práticas, a pesquisa demonstrou que diferentes campos de conhecimento podem contribuir para uma estratégia de gestão mais eficaz no contexto do uso do BIM no patrimônio.

Alguns desafios de implementação foram reconhecidos no decorrer da pesquisa, particularmente durante a modelagem dos objetos BIM. Estas adversidades destacam a necessidade de pesquisa e desenvolvimento contínuos para aprimorar as técnicas de captura e modelagem para construção de modelos BIM. Também levanta

a importância de maiores investimentos financeiros e tecnológicos no setor de pesquisa HBIM.

Quanto aos desafios da gestão da informação a longo prazo, um dos principais objetivos da pesquisa foi preparar um ambiente virtual compartilhado que pudesse acomodar os dados coletados durante todo o ciclo de vida da gestão do patrimônio. A criação dos diretórios para armazenamento de informações de diferentes âmbitos da gestão da edificação levou em consideração aspectos intrínsecos, como suas particularidades administrativas, seu uso atual (como museu da cidade) e também seu papel social para a comunidade. Associado a isto, o uso de um ambiente virtual compartilhado, como o CDE, foi de grande importância, garantindo que os valiosos dados históricos estejam em um ambiente seguro, transparente e controlado. Assim, é essencial que o estudo tenha continuidade para que a perspectiva a longo prazo possa otimizar a gestão desse repositório patrimonial.

A validação por meio do estudo de caso a partir da aplicação do protocolo no Museu Memorial de Caruaru proporcionou uma avaliação prática dos métodos propostos. Os resultados dessa implementação confirmaram a eficácia das estratégias descritas na pesquisa, mostrando sua aplicabilidade em um cenário real. No entanto, novos estudos devem ser realizados quanto à manutenção do modelo HBIM junto à edificação a médio e longo prazo, de forma a quantificar e qualificar seus impactos nas questões da conservação preventiva da edificação e identificar melhorias e novas potencialidades.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, S. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM**: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.

ANGELUCI et al. Design Research como método para pesquisas em TDIC na educação. CIET EnPED: **Congresso Internacional de Educação e Tecnologias - Encontro de Pesquisadores em educação à distância**. Ed. Ressignificando a presencialidade. p13. 2020.

ANSAM QSYMAH et al. HBIM for Sustainable Documentaion of Historic Buildings: Case Study of Al-Faddain Umayyad Mosque. **Civil Engineering and Architecture**, v. 12, n. 3A, p. 1969–1984, 1 maio 2024.

CASTELLANO-ROMÁN, Manuel; PINTO PORTO, Francisco. Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain). **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage**. Vol. 14, p110. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212054819300438?via%3Di> hub. Acesso em: 10 fev. 2024.

Jordan-Palomar, I., Tzortzopoulos, P., García-Valldecabres, J., & Pellicer, E. **Protocol to manage heritage building interventions using heritage building information modelling (HBIM)**. [Artigo]. Sustainability, Switzerland, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10040908>. Acesso em 2 de Ago. de 2024.

LOVELL, L. et al. The Application of Historic Building Information Modelling (HBIM) to Cultural Heritage: A Review. **Heritage**, v. 6, n. 10, p. 6691–6717, 1 out. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/heritage6100350> Acesso em: 02 de Set. de 2024.

Mikalauskas de Souza Nogueira, F.Leão de Amorim, A. Reconstrução digital: A preservação em meio digital da Herança Cultural. **Revista Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, [S. l.], v. 11, n. 1, 2020.

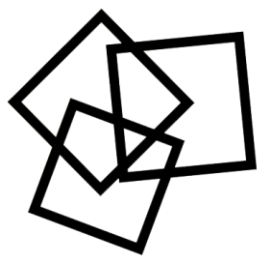
MURPHY, M.; MCGOVERN, E.; PAVIA, S. Historic building information modelling (HBIM). **Structural Survey**, v. 27, n. 4, p. 311–327, 27 ago. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/02630800910985108> Acesso em 02 de Set de 2024.

TSHERING PENJOR et al. Heritage Building Information Modelling (HBIM) for Heritage Conservation: Framework of Challenges, Gaps, and Existing limitations of HBIM. **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage**, p. e00366–e00366, 1 jul. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.daach.2024.e00366> Acesso em 2 de Ago. De 2024.

Pessôa, R. **A abordagem HBIM para documentação, preservação e gestão do Patrimônio Histórico**: uma aplicação para o Museu Memorial de Caruaru PE. Monografia—UFPE - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2023. 164 p.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, maio 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>. Acesso em 2 de Ago. de 2024.

TENÓRIO, L. A. . Estudo Para Planejamento de Intervenção em Monumentos e Sítios Históricos: O Caso do Mercado de Farinha de Caruaru. In: **4 Colóquio Ibero-Americano Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto- Desafios e Perspectivas**, 2016, Belo Horizonte -Mg. 4 Colóquio Ibero-Americano Paisagem Cultural, Patrimônio E Projeto, 2016.



REVISTA

GEOMETRIA GRÁFICA

Estudo de caso em bibliotecas públicas de Natal – RN: de 2004 a 2024 o que mudou nas suas condições de acessibilidade?

Case study in public libraries in Natal – RN: from 2004 to 2024, what has changed in their accessibility conditions?

Adriana Carla de Azevedo Borba

adriana.borba@ufpe.br

Doutora em Arquitetura e Urbanismo

Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0009-0002-1752-4807>

Luanna Nari Freitas de Lima

luannanarifi@gmail.com

Arquiteta e Urbanista

Formada pelo Centro Universitário Facex, UNIFACEX, Natal, Brasil

<https://orcid.org/0009-0009-2068-5020>

Tássia dos Anjos Tenório de Melo

tassia.melo@ufpe.br

Doutora em Engenharia Civil

Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-8868-5574>

Jaucele de Fátima Ferreira Alves Azerêdo

jaucele.azeredo@ufpe.br

Doutora em Desenvolvimento Urbano

Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-5853-8052>

Recebido em: 20/11/2024

Aceito em: 16/12/2024

RESUMO

Trata-se de um estudo de caso comparativo das condições de acessibilidade de duas bibliotecas públicas de Natal – RN, a Biblioteca Câmara Cascudo (BCC) e a Biblioteca Central Zila Mamede (BCZM), a partir de dados coletados em 2004 e 2024. O objetivo geral é compreender de que forma as duas instituições se adequaram à NBR ABNT



90/50. Os objetivos específicos são: Caracterizar as instituições BCC e BCZM em seus recortes temporais (2004 e 2024) na questão do desenho universal; compreender em que medida as reformas realizadas atenderam a NBR ABNT 90/50 e suas atualizações; traçar um panorama geral a longo prazo das reformas empreendidas por instituições públicas para adequação a NBR ABNT 90/50, considerando que a própria norma também se modifica. O método consistiu em pesquisa bibliográfica, visita a campo e coleta de dados (a partir de fotografias digitais e tomada de medidas), elaboração das avaliações de acessibilidade a luz da NBR ABNT 90/50 e análise comparativa a partir dos espaços e sua evolução nos recortes temporais investigados. Como resultados temos que, embora as edificações tenham sido construídas anteriormente à norma, com dificuldades diversas, há um esforço lento, mas consistente, resultando em melhorias gerais das condições de acessibilidade.

PALAVRAS-CHAVE: acessibilidade; bibliotecas públicas; Natal.

ABSTRACT

This is a comparative case study of the accessibility conditions of two public libraries in Natal – RN, the Biblioteca Câmara Cascudo (BCC) and the Biblioteca Central Zila Mamede (BCZM), based on data collected in 2004 and 2024. The The general objective is to understand how the two institutions adapted to NBR ABNT 90/50. The specific objectives are: Characterize the BCC and BCZM institutions in their time frames (2004 and 2024) on the issue of universal design; understand to what extent the reforms carried out complied with NBR ABNT 90/50 and its updates; to outline a long-term overview of the reforms undertaken by public institutions to adapt to NBR ABNT 90/50, considering that the standard itself also changes. The method consisted of bibliographical research, field visits and data collection (from digital photographs and taking measurements), preparation of light accessibility assessments of NBR ABNT 90/50 and comparative analysis based on spaces and their evolution in time frames investigated. As a result, although the buildings were built before the standard, with various difficulties, there is a slow but consistent effort, resulting in general improvements in accessibility conditions.

KEYWORDS: accessibility; public libraries; Natal.



1 INTRODUÇÃO

A acessibilidade, a partir do desenho universal, consiste numa luta contínua por uma sociedade mais inclusiva, socialmente justa, com oportunidades semelhantes para todos. No Brasil, os primeiros princípios desta sociedade mais inclusiva podem ser identificados a partir de 1961 com a Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961, mais conhecida como Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Nesta, o TÍTULO X, trata “Da Educação de Excepcionais” (BRASIL, 1961) e em seus artigos 88 e 89 defendem que os alunos, à época identificados como excepcionais, deveriam “enquadrar-se no sistema geral de educação, a fim de integrá-los na comunidade” e que toda iniciativa privada exitosa deveria receber benefícios públicos (como bolsas de estudos, empréstimos e subvenções).

Contudo, foi apenas nos anos 2000 que tivemos a promulgação da Lei nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2000) que “Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências”. De acordo com Gala (2024) esta, conhecida como Lei da Acessibilidade, abordou de forma mais assertiva a quebra das barreiras seja no âmbito arquitetônico, urbano, mobilidade e comunicação em geral, buscando assegurar a autonomia e oportunidade das pessoas com deficiência. Após este marco surgiu o Decreto Nº 5296 de 02 de dezembro de 2004, que além de regulamentar as Leis 10.048 e 10.098, tem o reforço das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que se debruçam em estabelecer, baseado em critérios internacionais, os parâmetros de acessibilidades a serem seguidos.

Nesta trajetória, um ponto crucial e decisivo, que instrumentalizou os profissionais que atuam no espaço, foi a ampla divulgação da Norma Brasileira foi a ABNT NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Segundo Garcia et al (2020), em 1994 houve uma primeira publicação desta obra, “com 56 páginas, na qual o termo acessibilidade já é incluído” (Garcia et al, 2020, 2), contudo ainda tratado de forma superficial. Todavia, ao comparar as normas de 2004 e 2015, o documento antes composto por 105 páginas, passa a conter 162 páginas, e sai de um total de 8 para 17 normas, o que “sugere indícios de maior robustez e abrangência em sua versão mais atual”. Além disto, foi observada a adoção

do “princípio dos dois sentidos, que prevê a implantação, em casos de informações e sinalizações, o uso em pelo menos dois sentidos: visual e tátil ou visual e sonoro” (Garcia et al, 2020, 5) e em se tratando das figuras contidas na norma, na versão de 2015 foram acrescentadas 30% a mais do que na versão de 2004, assim como foram atualizadas ou aprimoradas 19%.

Mais recentemente, em 2020, a NBR 9050 passou por um processo de atualização, fruto do trabalho da Comissão de Estudo Acessibilidade em Edificações, do Comitê Brasileiro de Acessibilidade (ABNT/CB-040), cujas atividades foram acompanhadas nacionalmente, por meio de consulta, ao longo dos anos de 2017 e 2018 (Bernardi, 2020). Ainda segundo Bernardi, não houveram mudanças muito profundas, e, portanto, trata-se de uma emenda, não de uma revisão; neste sentido, pode-se explicitar as principais alterações ocorridas no documento: a sinalização, por meio do Símbolo Internacional de Acesso (SIA); a sessão de corrimãos; a de circulação, sobretudo nas rampas; as portas; piscina e sua acessibilidade; e Bilheterias e Balcões de Informações. Estas frequências de ajustes nas normas são um esforço, a partir da implementação das adequações, de melhorar cada vez mais as soluções espaciais, a partir de feedbacks tanto técnicos como de usuários. Percebemos, ao longo do tempo, o aprimoramento e detalhamento da norma, buscando sempre a tornar mais compreensível, mais exequível e, sobretudo, mais inclusiva. Para além de mera atualização, tais ajustes demonstram uma maior sensibilidade e engajamento da sociedade em torno desta causa.

Evidentemente, a acessibilidade é um direito de todos e deveria ser encontrada em todos os espaços, sejam públicos ou privados, sejam em escala arquitetônica ou urbana. Neste artigo, partimos da premissa de avaliar dois direitos humanos fundamentais: a acessibilidade física e o acesso ao conhecimento junto aos espaços de bibliotecas públicas na cidade de Natal – RN. Na era da informação, o acesso a acervos privilegiados, construídos a partir da curadoria técnica, compreende uma oportunidade ímpar de aprimoramento de futuros profissionais.

Este estudo teve início em 2004, logo após uma das atualizações da NBR 9050, e naquele ano, muito ainda havia a ser transformado nas bibliotecas públicas de Natal para garantir sua acessibilidade; atualmente, passados 20 anos desta avaliação, nos interessou compreender como tais espaços, de gestão pública (com suas dificuldades e limitações) haviam se transformado para adotar as adaptações de

acessibilidade. Assim, os procedimentos metodológicos aplicados consistiram em montar um corpo teórico – conceitual através da revisão bibliográfica sobre acessibilidade; e foi produzido um breve relato com o contexto histórico de criação/inauguração das bibliotecas estudadas.

Foram realizadas visitas in loco, registrando os percursos e soluções encontradas a partir de fotografias digitais e medições, para conceber o posterior diagnóstico dos espaços de bibliotecas públicas estudadas: elaborou-se uma listagem de parâmetros a serem verificados, tais como: dimensionamento dos ambientes (em especial do banheiro para manobra da cadeira de rodas); existência ou não de desníveis e sua(s) possibilidade (s) de transposição; existência ou não de barras de apoio ou corrimão nos locais apropriados; sinalização indicando desníveis ou obstáculos; sinalização e acesso às rotas de fuga, dentre outros aspectos, identificados in loco.

Foram verificados nesta análise os espaços destinados ao usuário da biblioteca (acesso ao prédio, calçadas, recepção, acervo, acervo especial e banheiros). Estes fatores foram elencados de modo a traçar um diagnóstico das condições de acessibilidade das bibliotecas estudadas e finalmente foram traçadas diretrizes para otimizar a acessibilidade destes espaços. Em cada um dos espaços visitados, registramos a realidade encontrada em 2004 e em seguida, o que se alterou nestes mesmos espaços, no ano de 2024.

2 LEITURA: O PAPEL DA BIBLIOTECA E SUA ACESSIBILIDADE

Com os avanços tecnológicos, o advento da Internet e o uso abusivo das redes sociais, o hábito de leitura que já era alarmante baixo, parece ter piorado com o estímulo de acesso à informação rápida e vídeos de curta duração. Em face disto, o baixo hábito de leitura têm sido uma temática recorrente em diversos trabalhos científicos. De acordo com Marques Neto (2021, p. 146) a última edição da investigação “Retratos da Leitura no Brasil revela um número deprimente: nosso país perdeu 4,6 milhões de leitores entre 2015 e 2019. Na quarta edição, (2011 a 2015) havíamos crescido 16,6 milhões de brasileiros e brasileiras ao mundo da leitura”.

São várias as ideias propostas para reversão desse quadro, desde reformulações no perfil do bibliotecário até modificações físico-estruturais, com finalidade de ampliar as atividades da biblioteca, dentre outros. Todavia, Marques

Neto (2021, p. 146) reflete sobre a crucial falta de apoio governamental “Vários motivos podem ajudar a explicar essa queda, mas nada é mais central e importante do que a paralisia e a posterior destruição das políticas públicas de formação de leitores no último quadriênio”.

Esta perda reflete, para nosso futuro, uma queda de qualidade cognitiva de profissionais, pois a prática da leitura torna o indivíduo, para além de um leitor eficiente, um ser crítico, com mais capacidade de interpretação e elaboração de ideias, favorecendo a criatividade, espírito crítico e o raciocínio rápido, compreensão e conexão de ideias. Entendendo que o espaço “biblioteca” consiste num significativo promotor na formação de leitores, faz-se imprescindível dotá-la de total acessibilidade, tanto do ponto de vista físico como social. Considerando a cidade de Natal – RN, o Plano Diretor (Lei Complementar nº 208 de 07 de março de 2022) traz como objetivos, em seu Artigo 3º:

[...] II – garantir o uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado do seu território, além de preservar e proteger o meio ambiente, em sintonia com a economia sustentável e com a proteção do patrimônio histórico e cultural da cidade;

III– assegurar a todos os seus habitantes, condições de qualidade de vida, bem-estar, acessibilidade e segurança;

IV – promover a inclusão social, acessibilidade e a erradicação da pobreza, nos termos da legislação vigente e dos tratados internacionais nos quais o Brasil é signatário, considerando a importância de políticas habitacionais dignas e de interesse social; (Natal, 2022).

Tendo em vista atender à referida legislação, as bibliotecas precisam, além de existir com condições adequadas aos usuários, ter um uso socialmente justo, ou seja, permitir o acesso a todos os habitantes. No intuito de garantir este uso efetivamente social da cidade e de seus espaços, sobretudo públicos, faz-se imprescindível a eliminação de barreiras arquitetônicas, bem como disponibilizar no meio urbano sinalização apropriada que auxilie a população a localizar-se na cidade. Com a finalidade de avaliar as questões pertinentes à acessibilidade, a presente pesquisa tem como objetivos levantar a situação atual das principais bibliotecas públicas da cidade de Natal (Biblioteca Pública Câmara Cascudo e a Biblioteca Central Zila Mamede); diagnosticar de forma crítica as condições de acesso nas

citadas edificações; e por fim, fornecer algumas diretrizes para adequação às normas pertinentes.

3 BIBLIOTECAS PÚBLICAS ESTUDADAS

3.1 Biblioteca Pública Câmara Cascudo

3.1.1 Situação da Biblioteca Pública Câmara Cascudo em 2004

A Biblioteca Câmara Cascudo localiza-se na rua Potengi, em Natal/RN. É a maior biblioteca pública do Estado com um acervo de 65 mil volumes, e foi por este motivo que recebeu este nome (Decreto nº 14.759). A biblioteca é administrada pela Fundação José Augusto, e ocupa um edifício de dois pavimentos (Figura 01), sendo que no primeiro pavimento estão situadas a recepção, banheiros e o acervo geral, e no segundo pavimento encontram-se as coleções e materiais especiais.

Figura 01: Fachada principal da Biblioteca Câmara Cascudo.

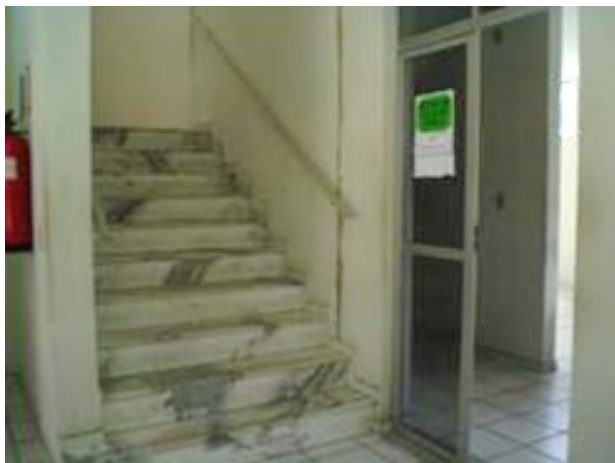


Fonte: As autoras (2004).

O acervo geral, apesar de ter porta dupla, mantém uma delas fechada, o que dificulta o livre acesso de cadeirante (Figura 02). Além disto, o espaçamento entre as estantes fica em torno de 60 cm (Figura 03), o que dificultava muito a passagem. O único acesso para as coleções e materiais especiais (segundo pavimento) é através de uma escadaria, absolutamente intransponível (Figura 02). Com relação aos banheiros, existe um para pessoas com deficiência; contudo este fica permanentemente fechado (é necessário pedir ao funcionário que o abra, Figura 04)

e o mesmo não possui nem maçaneta adaptada e tampouco as barras de apoio, próximas ao vaso sanitário.

Figura 02: Acesso com porta dupla e escadaria para as coleções especiais.



Fonte: As autoras (2004).

Figura 03 e 04: Espaçamento entre as estantes do acervo. Banheiro para PCD sem acessibilidade.



Fonte: As autoras (2004).

No que se refere ao acesso ao prédio, foram identificadas tanto rampa de acesso como escadaria, ambas com corrimão, contudo ainda não adaptados para a atual NBR 9050/2020 (Figura 05). A calçada também está em boas condições de conservação, faltando apenas as sinalizações para deficientes visuais. Com relação aos deficientes visuais, a biblioteca Câmara Cascudo detém um relevante acervo em Braille, mas que nunca foi consultado, segundo o funcionário que nos atendeu; possivelmente uma parte desta realidade seja a pouca divulgação da existência deste

acervo. Um outro motivo pode ser a falta de adaptação ao deficiente visual (no caso, as calçadas não sinalizadas e as estantes muito próximas, também sem sinalizações adequadas).

Figura 05: Acesso principal ao prédio.



Fonte: As autoras (2004).

Em linhas gerais pode-se colocar que a biblioteca é relativamente acessível do exterior para o interior, e internamente apresenta sérias limitações em especial para o cadeirante.

3.1.2. Situação da Biblioteca Pública Câmara Cascudo em 2024

Após 9 anos fechada (2012 a 2021), a Biblioteca Câmara Cascudo foi reaberta no final de 2021, e fazendo o comparativo com as observações realizadas em 2004, modificou-se bastante no decorrer dos anos (Figura 06).

Figura 06: Biblioteca Câmara Cascudo.



Fonte: As autoras (2024).

Atualmente, a biblioteca ocupa um edifício com três pavimentos (anteriormente tinha somente dois pavimentos). No primeiro pavimento estão situadas a recepção (Figura 07 e 08), hall de convivência com áreas de descanso e espaço para guarda volumes (Figura 09), banheiros acessíveis (Figura 10 e 11), sala de processos técnicos, acervo geral e acervo infantil. No segundo pavimento encontram-se a galeria, a sala de estudo e os banheiros acessíveis e no terceiro pavimento encontra-se o auditório e os banheiros acessíveis – nesse só é permitido o acesso com um funcionário da biblioteca.

Figura 07 e 08: Biblioteca Câmara Cascudo.



Fonte: As autoras (2024).

Após a entrada, passa-se pela porta detectora de segurança (Figura 07), que possibilita a passagem do cadeirante, chega à recepção (Figura 08), fazendo o seu cadastro, o acesso para o acervo geral é livre, passa-se primeiro pelo setor de processos técnicos e a partir daí tem acesso ao acervo.

Figura 09: Biblioteca Câmara Cascudo.



Fonte: As autoras (2024).

No estudo realizado em 2004, existia somente um banheiro para deficientes físicos, permanentemente fechado, e era necessário solicitar a chave a um funcionário. Atualmente, cada pavimento possui um hall (ao lado do elevador) que dá acesso aos banheiros acessíveis, feminino e masculino, com sinalização em braile, os banheiros possuem barras acessíveis, espaços adequados conforme a NBR 9050/2020, e cada banheiro possui alarme sonoro. No térreo, além dos banheiros acessíveis próximo a recepção e ao lado do elevador, no acervo técnico infantil também possui banheiros acessíveis feminino e masculino. Todos os banheiros são semelhantes, acessíveis conforme a NBR 9050/2020, com sinalização em braile na parede ao lado da porta, barras de acessibilidade, dimensionamento adequado e alarme sonoro.

Figura 10 e 11: Biblioteca Câmara Cascudo.



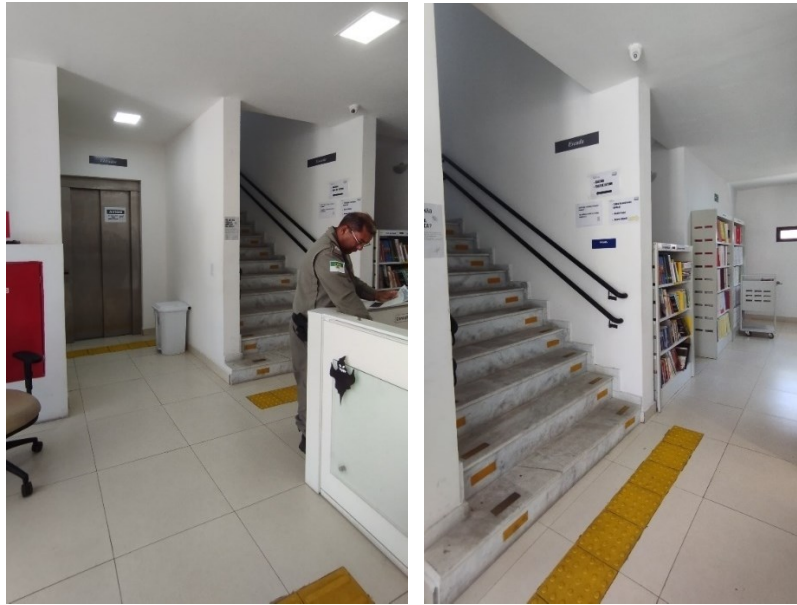
Fonte: As autoras (2024).

No estudo realizado em 2004, o acesso ao segundo pavimento era realizado somente através da escada. Atualmente, para ter acesso a cada pavimento, a edificação conta com um elevador (Figura 12 e 13), porém o mesmo encontrava-se com um aviso de interditado para manutenção no dia da visita.

No estudo realizado em 2004, o acesso ao acervo geral possuía uma porta dupla, em que uma delas era fechada, dificultando assim o livre acesso do cadeirante. Atualmente, o acesso para o acervo geral é livre, com dimensionamento de aproximadamente 1,20 m.

O acervo geral possui de 6 corredores, alguns com espaçamento entre estantes maiores e outros não, alguns possui o espaçamento entre as estantes em torno de 60 cm (figura 14, 15 e 16), o que dificulta a passagem do cadeirante.

Figura 12 e 13: Biblioteca Câmara Cascudo.



Fonte: As autoras (2024).

Figura 14, 15 e 16: Biblioteca Câmara Cascudo.



Fonte: As autoras (2024).

Dentro do acervo técnico possui um elevador (Figura 17) que dá acesso aos outros pavimentos (Figura 18), porém o mesmo encontrava-se com um aviso de interditado no dia da visita.

Figura 17 e 18: Biblioteca Câmara Cascudo.



Fonte: As autoras (2024).

Figura 19 e 20: Biblioteca Câmara Cascudo.



Fonte: As autoras (2024).

Com relação aos deficientes visuais, a biblioteca Câmara Cascudo possui sinalização em braile ao lado das portas e elevadores, possui sinalizações tátil de alerta (em toda a biblioteca) e sinalização sonora nos banheiros acessíveis, além de contar com o acervo em braile, tanto adulto como infantil e pretende instalar em breve opções para áudio book. No segundo pavimento encontram-se a galeria, a sala de estudo e os banheiros acessíveis, igual aos banheiros do primeiro pavimento.

No que se refere ao acesso ao prédio, foram identificadas duas rampas e duas escadas de acesso, na entrada principal e na entrada para o acervo infantil, ambas com corrimão duplo, sinalização tátil (alerta e direcional) antes da rampa e da escadaria (Figura 19 e 20).

3.2 Biblioteca Central Zila Mamede

3.2.1 Situação da Biblioteca Central Zila Mamede em 2004

A Biblioteca Central Zila Mamede, localizada no CAMPUS Universitário da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, foi criada em 1959, e era denominada (até 1974) “Serviço Central de Bibliotecas”, ou “SCB”. Seu funcionamento foi autorizado pelo Conselho Universitário em 02 de maio de 1959 (UFRN, 2024). Coordenava as atividades técnicas e administrativas das Bibliotecas da Faculdades

Isoladas. A partir de 1974 até 1985, passou a chamar-se “Biblioteca Central”, ou “BC”, em virtude da Reforma Universitária (Decreto 74.211) que centralizou os acervos das Bibliotecas das Faculdades: assim, a Biblioteca Central coordenava o Sistema de Bibliotecas da UFRN (num total de 10 Bibliotecas), uma no Campus Universitário, três em Natal fora do Campus (no Centro de Ciências da Saúde, no Departamento de Oceanografia e Limnologia e no Departamento de Odontologia), cinco nos Campi Avançados nos municípios de (Caicó, Santa Cruz, Currais Novos, Macau e Nova Cruz) e uma no Colégio Agrícola de Jundiá (Macaíba). Como forma de homenagem póstuma à bibliotecária Zila Mamede, idealizadora e organizadora do Sistema de Bibliotecas, a Biblioteca passou a ser denominada como “Biblioteca Central Zila Mamede”, ou “BCZM”, a partir da Resolução 120/CONSUNI de 09/12/1985).

Atualmente a BCZM é um órgão central executivo, responsável pela administração, planejamento, coordenação e fiscalização das atividades do Sistema de Bibliotecas (SISBI) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A BCZM é Unidade Suplementar, vinculada à Reitoria, diretamente subordinada ao Reitor. Possui uma área física total de 4.937,32 m², Videoteca com 30 lugares, auditório com 140 lugares, Hall para Exposições, Sala de Autores Norte-Riograndense, Sala de Obras Raras, Sala de máquinas Leitoras/Copiadoras de Multimeios, 1 (uma) sala climatizadas para estudos individuais com 36 cabines, 6 (seis) salas climatizadas para estudos em grupos totalizando 14 (quatorze) mesas de 8 (oito) lugares, Cantina e Jardins internos.

Com relação aos acessos ao prédio, apesar da existência de rampa (Figura 21), as calçadas do entorno da biblioteca não permitem a passagem de cadeiras de rodas. Após a entrada no hall de exposição, existe uma porta detectora de segurança ao acervo (Figura 22), que possibilita a passagem de cadeiras de rodas – mas a acessibilidade ao cadeirante termina neste ponto.

Figura 21 e 22: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Uma série de escadarias tanto para o pavimento superior (Figuras 23, 24 e 25) como inferior, restringem o acesso do cadeirante ao setor de dicionários (no piso intermediário).

Figura 23, 24 e 25: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Apesar disto, pôde-se constatar que o acesso por entre as estantes é total, correspondendo a corredores de no mínimo 1 metro (Figura 26). Desconsiderando o fato de que cadeiras de rodas não conseguiriam chegar ao banheiro, ao acessar o mesmo percebe-se que não tem adaptação alguma para o deficiente: a porta não permite a passagem da cadeira de rodas, existem muitas curvas sem espaço de giro suficiente, o sanitário não tem nem as dimensões mínimas nem as barras de apoio (Figura 27). A única rampa interna verificada (no setor de coleções especiais), é destinada ao transporte do acervo, pois a inclinação não permite o deslocamento de cadeiras de rodas com segurança (Figura 28).

Figura 26, 27 e 28: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Em síntese, trata-se de uma biblioteca pública, mas completamente inacessível aos deficientes físicos.

3.2.2 Situação da Biblioteca Central Zila Mamede em 2024

A biblioteca da UFRN passou por algumas reformas e intervenções com o passar dos anos. Além disso, em 2011, na gestão do Reitor José Ivonildo do Rêgo, foi inaugurado um novo prédio, conhecido como Anexo, que fica ao lado do prédio original, ampliando assim a estrutura da BCZM, que atualmente possui uma área total de 8.586,49 m² (UFRN, 2024), podemos visualizar na Figura 29.

Figura 29: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Com relação aos acessos ao prédio melhorou bastante com as intervenções, as calçadas do entorno possuem rampas, piso tátil direcional, e conta com uma faixa de pedestre elevada em frente a BCZM (Figura 29), precisando melhor somente em

relação a sinalização (nova pintura). Atualmente possui uma rampa de acessibilidade para ter acesso a edificação (Figura 30), piso tátil de alerta, corrimão de duas alturas e com inclinação conforme a NBR 9050/2020.

Figura 30: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Após a entrada no hall da edificação, o acesso se dá por meio de uma catraca (Figura 31), porém o cadeirante tem acesso pela lateral, onde fica uma corrente provisória (Figura 32).

Figura 31 e 32: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

E em seguida, passa pela porta detectora de segurança, que permite a passagem da cadeira de rodas. Para ter acesso ao piso inferior e superior, pode ser por meio das escadas, mas também existe uma plataforma de acessibilidade (Figura 33), no prédio anexo também existe uma plataforma de acessibilidade (Figura 34), possibilitando o deslocamento de cadeirantes e pessoas com baixa locomoção, ambas estavam funcionando no dia da visita.

Figura 33 e 34: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

A Biblioteca possui circulações adequadas tanto entre as estantes como no geral da biblioteca, pois é possível se deslocar com segurança e não possui obstáculos, tanto na biblioteca central (Figura 35), como no prédio anexo (Figura 36). Nas duas partes da biblioteca possui mesas para estudos em grupos e individualizados, na parte antiga e no prédio anexo.

Figura 35 e 36: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Saindo do prédio principal para o prédio anexo, o acesso se dá por três opções (Figura 37), piso inferior, piso térreo e pavimento superior, para o pavimento superior o acesso é através de uma plataforma em estrutura metálica com cobertura (Figura 38), somente no acesso pelo pavimento inferior possui sinalização tátil de alerta em volta dos jardins.

Figura 37: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Figura 38: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Cada pavimento possui um hall com banheiros acessíveis, no prédio antigo, tanto no pavimento inferior quanto no pavimento térreo. Visualizamos também no prédio anexo em que cada pavimento possui um hall com banheiros acessíveis, possuindo um banheiro feminino e um masculino, e um banheiro feminino PNE e um masculino PNE, porém não existe sinalização visual em braile nas portas. Nos banheiros acessíveis do prédio antigo (Figura 39 e 40), o banheiro possui medidas mínimas acessíveis, com possibilidade do giro para o cadeirante, portas que abrem para fora, barra de acessibilidade na porta, chapa galvanizada na porta ao sair, barras acessíveis próxima ao sanitário, porém faltando a barra vertical próximo ao sanitário, ausência de barras próximo ao lavatório, ausência de alarme sonoro e sinalização em braile conforme a NBR 9050/2020.

Figura 39 e 40: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

Já nos banheiros acessíveis do prédio anexo (Figura 41 e 42), encontra-se a mesma situação, o banheiro possui medidas mínimas acessíveis, com possibilidade do giro para o cadeirante, portas que abrem para fora, barra de acessibilidade na porta, chapa galvanizada na porta ao sair, barras acessíveis próxima ao sanitário, porém faltando a barra vertical próximo ao sanitário, ausência de barras próximo ao lavatório, ausência de alarme sonoro e sinalização em braile conforme a NBR 9050/2020.

Figura 41 e 42: Biblioteca Central Zila Mamede.



Fonte: As autoras (2024).

A biblioteca conta com um acervo diverso em Braille, o acervo está localizado no térreo do prédio antigo, o acervo conta inclusive com literaturas atuais, e tem previsão para chegar mais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A passagem do tempo foi extremamente benéfica no quesito de acessibilidade para as duas principais bibliotecas públicas de Natal – RN. Como pôde ser verificado quando da análise dos espaços estudados, na visita realizada em 2004, nenhum deles apresentava condições que permitissem total acessibilidade; tal fato se tornava mais agravado quando se constata o aumento populacional ao longo do tempo, que demanda por mais informação; e a escassez de bibliotecas públicas, bem como as limitadas condições de acessibilidade nestas.

Em relação a Biblioteca Câmara Cascudo, embora tenha passado nove anos fechada (2012 a 2021), em sua reabertura, muitos dos aspectos negativos diagnosticados em 2004 foram mitigados na grande reforma realizada (que chegou a ampliar o prédio verticalmente). No estudo realizado em 2004, embora o acesso urbano fosse bem estruturado, havia uma série de falhas no interior do prédio. Por exemplo, existia somente um banheiro para deficientes físicos, permanentemente fechado, e era necessário solicitar a chave a um funcionário. Atualmente, cada pavimento possui um hall (ao lado do elevador) que dá acesso aos banheiros acessíveis, feminino e masculino, com sinalização em braile, os banheiros possuem barras acessíveis, espaços adequados conforme a NBR 9050/2020, e cada banheiro

possui alarme sonoro. Além disso, o acesso ao segundo pavimento, que em 2004 era realizado somente através da escada, hoje há um elevador. O acesso ao acervo geral, com porta dupla, mas que na prática era apenas uma, foi eliminada, possibilitando o livre acesso do cadeirante pelo amplo vão de aproximadamente 1,20 m. Em toda a BCC, o único ponto que ainda inviabiliza a inclusão total, em termos de acessibilidade, é o espaçamento entre as estantes, alguns corredores em torno de 60 cm, o que dificulta a plena passagem do cadeirante.

A Biblioteca Central Zila Mamede, no ano de 2004, era o caso mais grave de inacessibilidade; o fato de o edifício se prestar fundamentalmente a fins de pesquisa, científicos, fazia com que houvesse uma lacuna importante no acesso de deficientes físicos (literalmente) à Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Apesar de vários edifícios na UFRN, a esta época, estarem passando por processos de adaptação à acessibilidade – inclusive a própria biblioteca passou também ao incorporar uma rampa de acesso ao edifício – a biblioteca, um dos prédios mais antigos no complexo, era um dos que menos havia conseguido se adaptar ao deficiente. Não obstante, após essas duas décadas, aconteceram muitas mudanças, incluindo em 2011, a construção de um novo Anexo, ao lado do prédio original, ampliando assim a estrutura da BCZM.

Os acessos ao prédio melhoraram bastante com as intervenções realizadas, com intervenções como as calçadas do entorno, atualmente dotadas de rampas acessíveis, piso tátil direcional, faixa de pedestre elevada em frente a BCZM, onde se observa apenas a necessidade de melhoria na sua sinalização (nova pintura). Atualmente conta com uma rampa de acessibilidade para ter acesso a edificação com dimensões conforme a norma, piso tátil de alerta, corrimão de duas alturas e com inclinação conforme a NBR 9050/2020. Os acessos ao hall do prédio antigo, tem rota acessível (como solução para a catraca, há um acesso lateral para o cadeirante, por meio da retirada de uma corrente provisória; e a porta de segurança, que permite a passagem da cadeira de rodas). Para o acesso ao piso inferior e superior, onde antes apenas havia escadarias, atualmente existe uma plataforma de acessibilidade – tanto no prédio antigo, como no anexo. Com relação aos banheiros, que antes não havia nenhum acessível, atualmente, cada pavimento possui um hall com banheiros acessíveis, no prédio antigo e no Anexo. Contudo, não existe sinalização visual em braille nas portas. Internamente, os banheiros dos dois prédios possuem medidas

mínimas acessíveis, com possibilidade do giro para o cadeirante, portas que abrem para fora, barra de acessibilidade na porta, chapa galvanizada na porta ao sair, barras acessíveis próxima ao sanitário, porém faltando a barra vertical próximo ao sanitário, ausência de barras próximo ao lavatório, ausência de alarme sonoro e sinalização em braile conforme a NBR 9050/2020.

Esta pesquisa faz parte de um estudo maior que vêm analisando edificações públicas em Natal, e os resultados, em 2004, eram similares: as adaptações necessárias ao livre acesso eram mínimas, o que na época nos fazia questionar porque não eram efetivados. Natal, que em 1992 era uma das cidades vanguardistas no Brasil nas questões de acessibilidade, tendo destaque nacional com aprovação de leis que serviram de exemplo para muitas outras cidades, no período do primeiro estudo, parecia ter se perdido nas ações de inclusão. Nestes últimos anos, todavia, vemos aos poucos este cenário se modificando, sendo as reformas implementadas – o que nos dá esperança e alento no sentido de estarmos conseguindo uma cidade mais inclusiva. Todos nós podemos necessitar de adaptações, por deficiências temporárias ou permanentes, ou ainda envelheceremos, e vamos e precisar de uma cidade que nos receba e acolha, independente de nossas condições físicas. Se por um lado, é inegável que ainda haja muito a avançar em termos de desenho universal inclusivo, englobando o aprimoramento das próprias normativas, por outro, também é indiscutível os avanços que temos alcançado, de modo paulatino, mas inexorável, para a construção de cidades mais inclusivas, respeitosas e acolhedoras para todos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Acessibilidade: de acordo com a norma ABNT NBR 9050:2020**. Disponível em: https://www.confea.org.br/midias/acessibilidade_abnt_2022.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

BERNARDI, Cristiane Kröhling. **NBR 9050: atualização de 2020**. O que mudou? Disponível em: <https://guiaderodas.com/emenda-1-da-nbr-9050-o-que-mudou>. Acesso em: 12 nov. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 74.211, de 24 de Junho de 1974**. Modifica a estrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-74211-24-junho-1974-422758-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em 14 de novembro de 2024.

BRASIL. LEI Nº 10.098, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2000. **Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida**, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10098.htm. Acesso em: 11 nov. 2024.

BRASIL. LEI Nº 4.024, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1961. **Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em 05 nov. 2024.

GALA, Ana Sofia. **Lei de acessibilidade**: quais são, importância e quem fiscaliza? Disponível em: <https://www.handtalk.me/br/blog/leis-de-acessibilidade/>. Acesso em 05 nov. 2024.

GARCIA, Amanda Ferreira; ANDRADE, Isabela Fernandes; FRANZ, Luis Antonio dos Santos; RODRIGUES, Lucas Barbosa da Silveira. **Evolução da NBR 9050**: uma breve discussão a partir da avaliação comparativa entre as versões 2004 e 2015. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

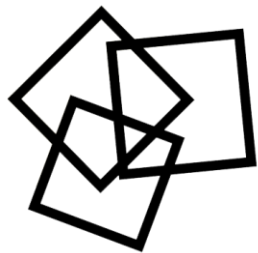
MARQUES NETO, José Castilho. **Retratos da leitura no Brasil e as políticas públicas do livro e leitura** – O que nos diz a série histórica. In: FAILLA, Zoara (org). Retratos da leitura no Brasil 5. São Pauli: Instituto Pró-Livro, 2021.

NATAL. **LEI COMPLEMENTAR Nº 208 DE 07 DE MARÇO DE 2022**. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal, e dá outras providências. Disponível em: https://www.natal.rn.gov.br/semut/legislacao/complementar/complementar208_2022.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

RIO GRANDE DO NORTE. Decreto nº 14.759, de 10 de fevereiro de 2000, que aprova o Regulamento à Lei n.º 7.799, de 30 de dezembro de 1999, o qual institui o **Programa Cultural Câmara Cascudo**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=152589>. Acesso em: 12 nov. 2024.

UFRN. **Histórico da BCZM**. Disponível em: <https://sisbi.ufrn.br/biblioteca/bczm/sobre/historico>. Acesso em: 12 de novembro de 2024.

UFRN. **Resolução N. 120/CONSUNI**. 19 de dezembro de 1985. Aprova mudança do nome “Biblioteca Central” para “Biblioteca Zila Mamede”. Disponível em: https://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/2022198175e60d110392649bda4317c584/Resolucao_N_120-1985
Aprova_mudanca_do_nome_da_Biblioteca_Central__Biblioteca_C.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.



REVISTA

GEOMETRIA GRÁFICA

Apontamentos sobre o uso da geometria Euclidiana e não Euclidiana no ensino de projeto de arquitetura

Notes on the use of Euclidean and non-Euclidean geometry in teaching architectural design

Andrei de Ferrer e Arruda Cavalcanti

andreideferrer@gmail.com

Doutor em Arquitetura e Urbanismo

Docente do Centro Universitário UNIESP, João Pessoa, Paraíba

<https://orcid.org/0009-0006-1318-8569>

Marcela Dimenstein

marcela@ufersa.edu.br

Doutora em Arquitetura e Urbanismo

Docente da Universidade Federal Rural do Semi Árido

Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte

<https://orcid.org/0000-0003-0226-8206>

Recebido em: 08/07/2024

Aceito em: 22/11/2024

RESUMO

O artigo explora a importância da representação no campo da arquitetura e urbanismo, destacando sua evolução como ferramenta essencial para projetistas comunicarem e desenvolverem ideias. O texto ressalta que, embora o processo projetual seja flexível e não-linear, ele exige habilidades específicas que abrangem desde esboços analógicos até modelagens digitais avançadas em CAD e BIM. A partir de uma revisão bibliográfica, o estudo aborda os desafios enfrentados no ensino de arquitetura, como a fragmentação disciplinar, a resistência a novas tecnologias e a falta de integração entre teoria e prática. A geometria emerge como elemento central no processo criativo e representacional, tanto em sua vertente tradicional quanto em abordagens contemporâneas, como a modelagem paramétrica e as geometrias não-euclidianas. Por fim, defende a necessidade de repensar a metodologia de ensino da geometria, buscando maior integração com as demandas práticas da profissão e incorporando tecnologias que favoreçam a colaboração e a inovação projetual.



PALAVRAS-CHAVE: representação gráfica; geometria; ensino; BIM; arquitetura contemporânea.

ABSTRACT

The article explores the importance of representation in the fields of architecture and urban planning, highlighting its evolution as an essential tool for designers to communicate and develop ideas. The text emphasizes that, although the design process is flexible and non-linear, it requires specific skills ranging from analog sketches to advanced digital modeling in CAD and BIM. Based on a literature review, the study addresses the challenges faced in architecture education, such as disciplinary fragmentation, resistance to new technologies, and the lack of integration between theory and practice. Geometry emerges as a central element in the creative and representational process, both in its traditional form and in contemporary approaches, such as parametric modeling and non-Euclidean geometries. Finally, it advocates for rethinking the methodology of geometry education, seeking greater integration with the practical demands of the profession and incorporating technologies that promote collaboration and design innovation.

KEYWORDS: graphic representation; geometry; teaching; BIM; contemporary architecture.

1 INTRODUÇÃO

A representação desempenha um papel fundamental para as áreas da arquitetura e urbanismo e engenharias. É através dela que o projetista se comunica e consegue externalizar uma ideia do campo imaginário para o visível.

Segundo Lawson (2011), ao longo da história, o ato de projetar tornou-se essencial no dia a dia da sociedade. A introdução do desenho no processo de criação foi um ponto de distinção entre o projeto arquitetônico e a construção artesanal. Para o autor, o processo de projetar não segue uma lógica linear, sendo mais provável que o problema e a solução surjam juntos. Kowaltowski et al (2011) apontam que esse processo se caracteriza por ser pouco estruturado, aberto e flexível. Isto se dá pela existência de inúmeras variáveis que pedem reflexão e testagem, de forma a reduzir incertezas.

Logo, o registro das ideias em cada uma das etapas, seja de maneira analógica ou digital, exige certas habilidades de compreensão da tectônica do projeto, tanto para a sua representação final, quanto no processo de amadurecimento.

Para isso, algumas ferramentas auxiliam o estudante ou profissional da arquitetura, desde os esboços iniciais em papel até as representações digitais em 3D. As técnicas aplicadas permitem a visualização e comunicação de informações de maneira eficiente. Com a popularização do computador e os avanços tecnológicos ao longo do século XX, aparecem variados softwares de projeção e modelagem em CAD e BIM que mudaram todo o fluxo de ação projetual (Florio, 2014), tendo agora a modelagem digital e renderização como pilares da representação gráfica.

Em recentes discussões realizadas em importantes eventos acadêmicos tais como o Projetar e Enanparq, bem como publicadas em periódicos especializados, a exemplo de “Ambiente Construído”, “Revista Projetar”, “Arquitextos”, dentre outras, sobre o ensino e pesquisa com ênfase na questão da “ensinabilidade” do projeto, Barros e Andrade (2015), Marques e Loureiro (2003) e Elali e Veloso (2016) apontam que diversos desafios permeiam o processo de ensino aprendizagem e a prática profissional em arquitetura e urbanismo. Como exemplo, podemos citar o medo das novas tecnologias substituírem a experiência e tradição do projetar, restrições orçamentárias, ausência de profissionais qualificados, criatividade tolhida pela ferramenta de representação, prática sem teoria, relação entre professor-aluno estreitada.

Por outro lado, novos estudos buscam caminhos para solucioná-los a partir da integração entre técnicas tradicionais e inovadoras de testagem e representação; buscam novas ferramentas de colaboração e simulação no projeto; propõem o ensino de projeto mais próximo da realidade do canteiro de obra; o uso de softwares inteligentes que estimulam a criatividade e facilitam a operabilidade do projeto; por fim, a incorporação de princípios democráticos em suas etapas de concepção, pós-produção e modelagem.

Metodologicamente, este trabalho se configura como uma revisão de literatura e tem como objetivo explorar as críticas ao cenário contemporâneo da representação e projeção da construção civil, as limitações dos instrumentos existentes, as contribuições da geometria euclidiana e não euclidiana, e suas potencialidades para a formação do arquiteto e ensino da arquitetura.

2 MÉTODO

Para alcançar os objetivos deste artigo realizou-se uma revisão bibliográfica por meio da abordagem de diversos tipos de documentos, tais como artigos, teses, dissertações e textos online. Este método possibilita uma descrição abrangente do assunto, contudo, vale ressaltar que não esgota todas as fontes de informação, uma vez que não se baseia em busca e análise sistemática de dados. Sua relevância reside na capacidade de fornecer uma atualização ágil dos estudos relacionados à temática.

Inicialmente foi feita uma revisão sobre o processo de ensino de projeto em arquitetura e urbanismo a partir de Lawson (2011) e Kowaltowski (2011), visando compreender os desafios que se apresentam ao processo de ensino/aprendizagem. Logo após, foram investigados os temas relacionados à geometria e arquitetura a partir dos estudos desenvolvidos por Florio (2014) e Sant'Anna (2012), para identificar o papel que essa disciplina ocupa no campo da arquitetura e urbanismo, como é incorporado no processo de ensino e como se reflete nos projetos. Por fim, buscou-se entender a crítica ao cenário contemporâneo da representação e projeção da construção civil, reconhecendo as suas novas possibilidades e possíveis entraves.

3 DESENVOLVIMENTO

A arquitetura ocorre na esfera física, tem materialidade e seu significado é ativado através da experiência sensível. Porém, a arquitetura também é fruto de especulação intelectual e criativa. No processo que se dá entre forma-pensamento e forma-material é necessário o intermédio do que chamamos de representação. As representações são resultado do esforço da humanidade em codificar sua mensagem para então poder transmiti-la. Isso pode se dar de forma verbal, escrita, imagética, pelas mídias gráficas e visuais, auditivas etc.

Na arquitetura, desde a conversa com o pedreiro no canteiro de obra até a mais sofisticada imersão em realidade virtual, todas são formas de representação, afinal esta é a única maneira de envolver as pessoas que participam nesse processo que é necessariamente colaborativo e interdisciplinar. Os meios de representação têm particularidades próprias, potencialidades e limitações. Afinal, nenhum método de

comunicação atinge a transmissão total e ilibada de informações, como posto por McLuhan (2002). Portanto, selecionar a forma como será representada uma ideia, necessariamente afetará o seu entendimento.

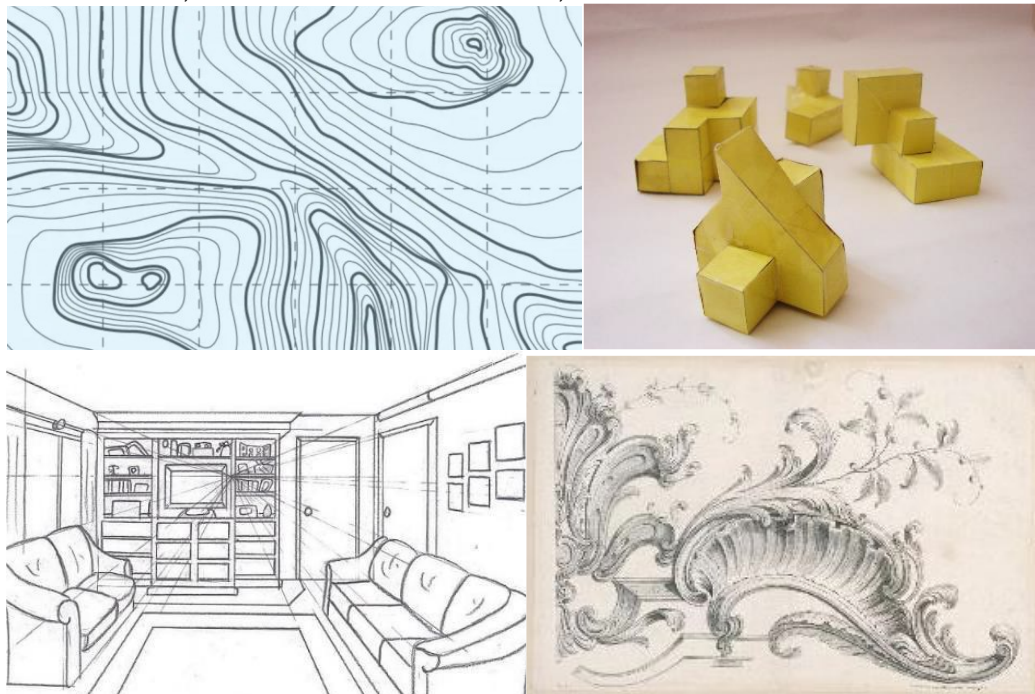
Desenhos a mão livre, desenhos técnicos, modelos físicos e digitais, são algumas das ferramentas à disposição do arquiteto para a comunicação de suas ideias. Mas, independentemente do meio de representação, a linguagem da arquitetura é expressa através da geometria, ciência que estuda formas e suas relações espaciais e que, segundo Marco Frascari (2006), oferece um quadro conceitual ou linguístico para a construção física e para a construção intelectual de um edifício.

A geometria está na arquitetura enquanto produto que se manifesta tridimensionalmente no mundo real através de formas e espaços que são percebidos pela sensibilidade humana através de volumes, proporções, ritmos etc. Está presente em todo o processo criativo de projeção, de simulação, de prototipagem, de análise, tanto dos elementos pré-projetuais, quanto dos condicionantes ambientais, bem como dos elementos pós-projetuais.

Uma vez que compreendemos a geometria como a língua através da qual os arquitetos se comunicam entre si, com os profissionais parceiros, com clientes e com a sociedade de forma geral, podemos percebê-la em diversos aspectos envolvidos na concepção, representação, simulação e construção da arquitetura. A geometria também é uma ferramenta da topografia para criar seções e curvas de nível (Figura 1), da plástica, quando manipulamos matéria de forma física na busca das formas (Figura 2); está presente em desenho, nas linhas convergentes dos desenhos perspectivados, no ponto de fuga (Figura 3), na isometria, e mesmo no croqui a mão livre; está presente nos estudos de conforto, pois ajuda na compreensão das sombras geradas por formas geométricas, com aplicações tanto nos estudos das cartas solares quanto dos rebatimentos acústicos; está igualmente no ensino da história, na análise de estudos de caso em plantas, cortes, fachadas, massas capturadas em fotografia e vídeo. Historicamente esteve no foco dos interesses dos clássicos pela proporção, nas operações geométricas que originam o arco ogival dos góticos, no esquadramento urbano colonial dos espanhóis e ingleses, no paladianismo, no detalhamento das *rocailles* barrocas (Figura 4), nas complexas estruturas espaciais

da arquitetura do ferro, na volumetria dos modernos, na geometria complexa dos contemporâneos.

Figura 1, 2, 3, 4: Produto de processo criativo usando a geometria, Expressão gráfica com desenho a mão, Desenho de rocailles barrocas, Desenho de curvas de níveis.



Fonte: Disponível em: https://br.freepik.com/vetores-premium/contorno-topografico-mapa-da-linha-com-a-montanha_5323139.htm; <https://carolcouthoarquitectura.blogspot.com/p/maquetes.html>; <https://www.scribd.com/document/506147105/gambar-perspektif-ruang-tamu-1-titik-hilang>; <https://www.meisterdrucke.pt/artista/Gabriel-Huquier.html>. Acesso em 09 de fev. de 2024.

Apesar da geometria estar em praticamente todos os aspectos da arquitetura, isso nem sempre se torna evidente para o estudante. Ao se observar a matriz curricular dos cursos de arquitetura e urbanismo, a palavra geometria geralmente aparece uma única vez, na disciplina de Geometria Descritiva. Esta é uma disciplina do primeiro ciclo formativo e, portanto, precede qualquer iniciativa prática de projeto, indicando a importância dada à compreensão de princípios da geometria, pois é acompanhada de outras disciplinas que criam as bases para o conhecimento e experiências que se seguirão. Entretanto, a geometria em arquitetura não se esgota em Geometria Descritiva, ela precisa ser uma constante no processo de aprendizagem do arquiteto. Processo este que não se encerra na vivência acadêmica, dado que muito do que vai qualificar a formação e desenvolvimento de competências e habilidades do profissional segue depois da graduação, na vida prática.

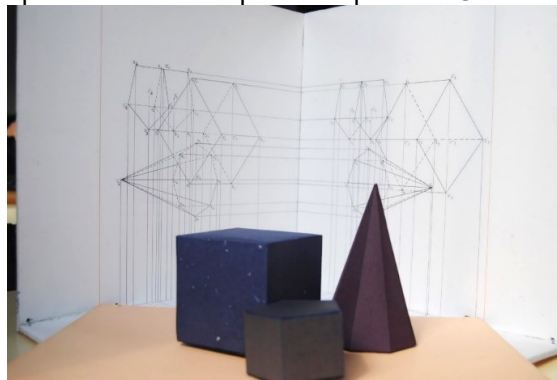
Segundo Marcone (2017), a Geometria Descritiva foi desenvolvida por Gaspard Monge, no século XVIII, no contexto revolucionário, servindo a uma visão

reformista da educação alinhada ao positivismo, filosofia que foi contestada em diversos campos do conhecimento, especialmente na pós-modernidade. Apesar desse contexto, o método gaspariano segue dominante. A premissa da GD parte das projeções bidimensionais de formas tridimensionais, observadas de um ponto situado no infinito, chamado de ponto impróprio.

Nos cursos de arquitetura e urbanismo, segundo o ensino da Geometria Descritiva se dá a partir da apresentação de conceitos, seguida da explicação teórica das propriedades dos elementos e projeções adotadas no método, aplicação do conteúdo em desenhos, as projeções em é pura de formas geométricas, finalizando com a execução de uma maquete tridimensional (Marcone, 2017).

Nessa metodologia, geralmente, são utilizados para a prática de desenhos e modelos, formas geométricas abstratas, como os sólidos platônicos ou outras formas puras (pirâmides, cones, barras, cilindros e esferas), estudando-se as interações entre essas formas e suas projeções em é pura (Figura 5). É uma abordagem que visa familiarizar o estudante com a linguagem geométrica, mas que, na maioria das vezes, acaba por aliená-lo. As formas adotadas não são comumente empregadas em arquitetura, além de não possuírem propriedades arquitetônicas como fenestrações, ritmos, texturas, que são os elementos que tornam as formas habitáveis.

Figura 5: Maquetes elaboradas para disciplina de Geometria Descritiva.

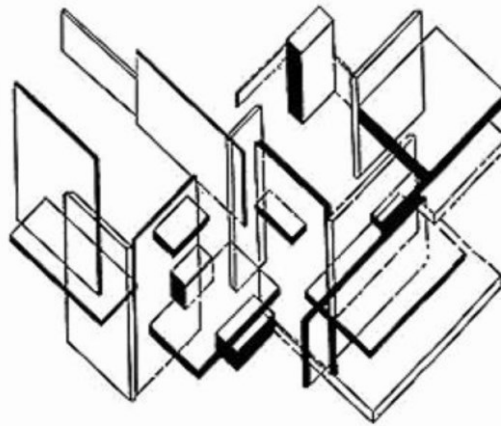


Fonte: Disponível em: https://1.bp.blogspot.com/-O_UV3gelp_g/Uh5rfEsquvI/AAAAAAAAAQQ/HHNqAIXf8hA/s1600/DSC_0019.JPG. Acesso em 09 de fev. de 2024.

A adoção desse método que estuda a interação entre sólidos abstratos, não só induz a uma forma de pensar a arquitetura enquanto uma expressão meramente formal, como pressupõe uma forma de concepção de formas arquitetônicas por adição (Marcone, 2017). Esta é uma abordagem que já é contestada pelo menos desde as primeiras décadas do século XX, com o movimento neoplasticista, que propunha o abandono das formas aditivas em arquitetura, aquelas que por sua pobreza

expressiva induziam ao uso do ornamento, e a adoção de formas mais complexas, derivadas das interações entre planos e não de sólidos (Figura 6).

Figura 6: Planos neoplasticistas.



Fonte: Disponível em: https://arquitetocaio.com/wpcp/wp-content/uploads/2018/04/Theo_van_Doesburg-An%C3%A1lise-arquitetonica-840x561.jpg. Acesso em 09 de fev. de 2024.

Nos cursos de arquitetura e urbanismo a disciplina de Geometria Descritiva tem altos índices de reprovação. Alguns fatores estão relacionados a esta situação: se pressupõe que o estudante de arquitetura irá adentrar no Ensino Superior com conhecimentos de geometria básica consolidados; as disciplinas de GD são muitas vezes ministradas por outros profissionais que não arquitetos; uso de uma terminologia peculiar e de pouca aplicabilidade posterior como *épura*, *ordenada*, *abscissa*, *cota* e *afastamento*. Estes e outros aspectos são responsáveis por fazer com que a Geometria Descritiva tenha altos índices de reprovação, resultantes das dificuldades e desinteresse provocados pela abordagem dada ao conteúdo. Fazem-se necessárias, portanto, novas abordagens da Geometria na grade curricular de Arquitetura e Urbanismo, de forma que o conteúdo esteja mais bem integrado às disciplinas de Expressão Gráfica e Plástica, incorporando na representação elementos que os estudantes venham a encontrar no cotidiano da profissão, estimulando a compreensão da geometria como algo integrado ao processo criativo e representacional.

Frequentemente, pensa-se no arquiteto como produtor de objetos, e nesse sentido, a mera transmissão de instruções precisas seriam necessárias para a execução de uma obra de arquitetura. Todavia, Gausa et al (2004) enxerga o arquiteto

como um estrategista de processos, que dispõe ações e relações no espaço. Portanto, como detentor de uma missão muito mais complexa do que meramente dar forma aos materiais. O processo de projeção envolve variáveis e condicionantes complexos e, por vezes, conflitantes, que vão desde a visão do cliente, o orçamento disponível, questões geográficas, climáticas, culturais, identitárias, dentre outras. E responder a essas questões faz do processo criativo algo intuitivo e, muitas vezes, errático, avançando entre idas e vindas difíceis de controlar por completo.

São recorrentes as dificuldades dos estudantes em idealizar arquiteturas complexas e em comunicar tanto esse desenvolvimento do processo quanto suas reais intenções. Ou seja, a falta de domínio da linguagem da geometria e das ferramentas de representação acaba por limitar o processo criativo. Parte dessa dificuldade pode advir de uma separação entre as informações formais de um projeto e suas demais condições. O modelo convencional de ensino induz a uma compartimentação da arquitetura que tem, por um lado, expressão plástica e por outro, resoluções de condicionantes de ordem mais prática como materiais, estrutura, custo, aspectos geográficos e climáticos, entre outros. Essa separação está contida nos próprios meios de representação tradicionais que precisam expressar as instruções quanto à forma da edificação em um meio gráfico, geralmente, plantas, cortes e elevações, e complementarmente, expressar outros documentos como memoriais, legendas, projetos complementares etc.

4 NOVOS CAMINHOS DA GEOMETRIA

Na tentativa de reduzir as lacunas citadas anteriormente, surge o *Building Information Modeling* (BIM), um sistema de representação de projetos que integra dados, ou parâmetros variados, a elementos gráficos tridimensionais, formando um "duplo" digital da edificação a ser construída (Kolarevic, 2003). Essa fabricação digital possibilitada pelos softwares e plugins BIM não só facilita a mobilização de dados múltiplos de forma simultânea, forçando o projetista a considerá-los um todo o processo, como também tem vantagens quanto às capacidades de simulações, testagem de desempenho climático, lumínico, estrutural, entre outros.

Partindo do entendimento que no cenário contemporâneo o projetista precisa lidar com situações mais complexas, que envolvem equipes multiprofissionais e mais tecnologias, desenvolver habilidades digitais é de suma importância no atual mercado

de trabalho. Muito embora o alcance dos softwares BIM no Brasil ainda esteja em expansão, já é possível comprovar seu papel na otimização e produtividade nas etapas de concepção, avaliação, desenvolvimento e gerenciamento de projetos.

Segundo Ruschel et al (2013), o BIM vem tentar solucionar problemas que decorrem de uma realidade de fragmentação disciplinar e distanciamento do profissional da prática, que geram situações como: não padronização de representação, incompatibilidade entre projetos, descontrole de prazos, redesenhos, altos gastos, dentre outros, oferecendo uma tecnologia de projeto baseada na interoperabilidade, compartilhamento e parametrização.

Tais parâmetros, no sentido que foi posto anteriormente, como dados, informações de projeto, sempre existiram em arquitetura, mas a manipulação desses dados era tradicionalmente mais complexa, dada sua natureza fragmentada, de diferentes naturezas de um mesmo objeto, separados em documentos distintos. A alteração de um parâmetro nos métodos convencionais de representação como desenho bidimensional e modelos físicos, resultava necessariamente em retrabalho, em redesenho, e no gasto excessivo de tempo e recursos. Por tratar a arquitetura de forma paramétrica, o sistema BIM permite que a alteração dos parâmetros seja mais eficiente. Ao serem modificados aspectos de uma “família”, como são tratados os objetos na terminologia especializada, esses aspectos podem ser replicados automaticamente em todos os objetos da mesma “família”, evitando a duplicidade de trabalho.

Se essa lógica é aplicada aos dados da própria forma, uma cadeia de comandos pode alterar a forma dos objetos de maneira complexa, formando geometrias incompreensíveis através das abordagens euclidianas e quase impossíveis de serem representadas no meios convencionais. Essas formas, como prismas torcidos, curvas duplas, objetos que se dobram sobre si mesmos, são objeto de estudo da geometria não euclidiana. Existem diversas possibilidades, como as geometrias hiperbólicas (Figura 7), topológicas (Figura 8) ou fractais (Figura 9) que se apresentam com elementos que podem parecer dispostos de forma aleatória, curvas complexas, ou outras expressões formais de grande apelo formal, respondendo a um desejo humano pela superação de limites, de criar objetos que atestem sua inventividade e capacidade expressiva.

Figura 7, 8 e 9: Objetos arquitetônicos gerados pelas geometrias hiperbólica, topológica e fractal.



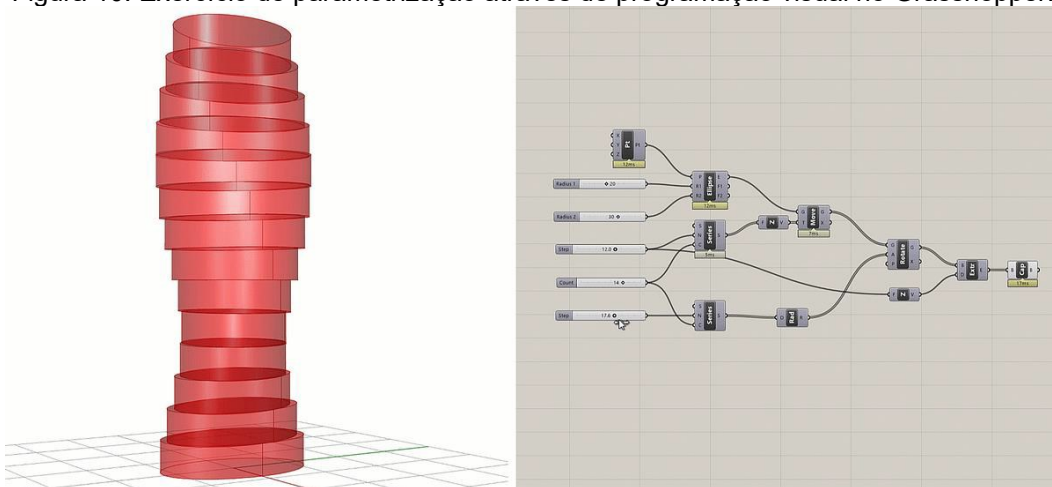
Fonte: Disponível em: <https://metode.org/issues/monographs/architecture-and-mathematics.html>;
https://welcometochina.com.au/modern-architecture-tourism-in-china-5939.html#google_vignette;
<https://en.idei.club/24160-fractal-building.html>. Acesso em 09 de fev. de 2024.

As formas possibilitadas pela modelagem paramétrica são tão complexas que desafiam a visualização mental, sendo difícil até mesmo para o projetista vislumbrá-las sem a ajuda dos softwares que as gerem de forma algorítmica, reaproximando técnicas de modelagem diametricamente opostas: a manipulação material artesanal e a mais sofisticada modelagem digital. Por isso, considera-se que objetos feitos a mão livre, com materiais maleáveis como argila ou massa de modelar, e objetos modelados a partir de manipulações algorítmicas em softwares BIM podem chegar a

expressões semelhantes que outras formas de concepção e representação teriam limitações em reproduzir.

Em decorrência disso, surge o questionamento acerca do papel do ensino da geometria nesse novo panorama. A matemática que dá suporte à compreensão das formas não-euclidianas é extremamente avançada, com teoremas e conceitos altamente abstratos e intangíveis, de difícil comunicação e assimilação. Isso nos faz pensar que adotar essa abordagem nos cursos de Arquitetura e Urbanismo seria um esforço contra produtivo, drenando esforços para a compreensão de um campo da matemática em detrimento de outras disciplinas do currículo. Daí a importância da compreensão das ferramentas, como softwares, que permitem apropriar-se da lógica algorítmica sem necessariamente depender da compreensão matemática do processo, uma vez que a manipulação dos parâmetros pode se dar por uma programação visual, a exemplo do workflow do software Grasshopper (Figura 10), que através de um script de inputs que interconecta nós, gerando outputs visuais que podem ser alterados de acordo com novas instruções.

Figura 10: Exercício de parametrização através de programação visual no Grasshopper.



Fonte: Disponível em: <https://medium.com/intro-to-grasshopper/exercise-parametric-tower-part-1-bdbad26bc6ca>. Acesso em 09 de fev. de 2024.

Inúmeras são as razões pelas quais arquitetos contemporâneos propõem ousadias espaciais nas formas arrojadas de seus edifícios. As formas da geometria não-euclidiana são, na atualidade, a fronteira da expressão formal em arquitetura, criando objetos de grande interesse e impacto visual. Desafiam não só a criatividade dos projetistas como também a própria indústria da construção, estimulando a busca por inovações, uma vez que nem sempre os métodos de construção convencionais

conseguem dar forma e estabilidade aos objetos concebidos por modelagem paramétrica.

A parametrização pode ser direcionada para o design biomimético (Oliveira e Pires, 2022), buscando na natureza referências de gestão de materiais, desempenho térmico e lumínico, aerodinamismo. Isso pode se expressar em estruturas leves, formas adaptadas a fortes ventos, texturas e sistemas de adequação climática emulando soluções naturais, dentre outras.

Entretanto, Sant'Anna (2012) alerta para a tendência de que a adoção dos processos paramétricos e a utilização de formas da geometria não-euclidiana gerem edificações nocivas, especificamente em relação a como esses edifícios dialogam com a paisagem consolidada, na ênfase formal em detrimento da experiência do usuário, nos altos custos envolvidos em construir algumas das formas mais complexas. Para compreender parte da crítica direcionada a essas novas arquiteturas esculturais, podemos adotar a ótica de Gottfried Semper (1990).

Em 1851, Semper (1990) publica 'Os quatro elementos da arquitetura', teoria na qual busca a origem da arquitetura em seus componentes e técnicas primordiais. Ele enumera quatro aspectos definidores da arquitetura primitiva: os têxteis, os tectônicos, os cerâmicos e os estereotômicos. Esses dois últimos podem ser compreendidos como a separação entre espaço interno e entorno através da diferenciação de nível e do piso; e como a configuração do abrigo em torno de um símbolo de acolhimento, a fogueira. Mas são os dois primeiros aspectos que interessa nessa analogia.

De forma simplificada, os aspectos têxteis se expressam mais intensamente na definição dos espaços internos, têm como natureza a delimitação, divisão de funções e arranjo de ações (Semper, 1990). Já os aspectos tectônicos são a expressão da materialidade das edificações, a confluência entre forma e sistema estrutural. Tradicionalmente, havia uma tendência de que os aspectos tectônicos prevalecessem em relação aos têxteis na imagem geral de uma edificação, afinal, a forma adotada seria quase sempre um reflexo dos materiais que conformam sua estrutura. A verdade estrutural estaria expressa na própria forma da edificação.

Por outro lado, a adoção contemporânea de geometrias não-euclidianas frequentemente inverte a lógica tradicional, o elemento têxtil predomina na composição formal e os elementos tectônicos perdem protagonismo, escondendo-se.

Como peles, máscaras, as edificações se vestem de materiais leves, flexíveis, de alto interesse visual, decorativo ou ornamental, escondendo a verdade arquitetônica, assim como disfarçando a função, que se torna de difícil interpretação, fugindo das categorizações tipológicas consolidadas, e conflitando com o entorno, muitas vezes sem considerar aspectos culturais tradicionais das regiões onde se implantam. Muitos desses edifícios adotam um aspecto de leveza na sua expressão visual, através de balanços, cascas perfuradas, fitamentos mas são arquiteturas de fato pesadas, que atingem essa expressão formal graças a complexos sistemas de estruturação, com peças customizadas, específicas, de difícil instalação e onerosas.

Diante do exposto, percebe-se que a importância de se buscar um equilíbrio em soluções que conciliem a inventividade expressiva com processos construtivos verdadeiramente sustentáveis e leves. Em que se explore a possibilidade de ajustes paramétricos para desenvolver sistemas modulares que atendam a problemas de distribuição espacial ou de elementos construtivos, especialmente em aplicações voltadas para desafios de larga escala, como projetos habitacionais complexos.

Santa'Anna (2012) cita o projeto da 3355 HaydenStudios, em CulverCity, EUA, do escritório de Eric Owen Moss como um exemplo de parametrização e do uso das formas não euclidianas para a concepção de uma intervenção em edificação de valor histórico, em que a inserção de um novo elemento, a cobertura de madeira (Figura 11), seja um gesto artístico marcante, sem comprometer a estabilidade da estrutura prévia, sobrecarregando-a com uma nova estrutura pesada. Podemos citar como possibilidade, também, trabalhos como o de Fernando Minto na construção de conjuntos habitacionais como a Comuna Urbana Dom Helder Câmara, em São Paulo (Figura 12), que podem se beneficiar da possibilidade de parametrização dos módulos residenciais para a adaptação à topografia e ao traçado urbano, dotando de maior organicidade projetos que poderiam se tornar rígidos e impessoais sem o devido cuidado.

Figura 11 e 12: 3355 HaydenStudios e Comuna Urbana Dom Helder Câmara.



Fonte: Disponível em: https://www.architectmagazine.com/design/buildings/3555-hayden_o; <https://www.archdaily.com.br/br/767961/usina-25-anos-comuna-urbana-d-helder-camara>. Acesso em 09 de fev. de 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que existem diversos obstáculos que limitam a capacidade dos estudantes de aprenderem a conceber o espaço arquitetônico. Além da carência de conhecimento específico, há o receio de lidar com propostas consideradas impraticáveis, como ocorre no estudo da geometria. Contudo, na arquitetura, é importante compreender que a geometria não é uma disciplina que limita ou restringe a atividade criativa, mas, sim, um poderoso aliado quando bem conhecida e dominada.

A geometria euclidiana continua a ser uma ferramenta valiosa na prática arquitetônica, proporcionando um conjunto de princípios e técnicas que contribuem para a concepção e construção de espaços arquitetônicos, mas as novas possibilidades de representação da geometria não-euclidiana desafiam as limitações tradicionais, inspiram a inovação e oferecem uma variedade de ferramentas para arquitetos explorarem novas fronteiras. Contudo, incorporar esta abordagem no ensino implica em uma mudança de cultura nas graduações que deve ser um processo paulatino e cuidadosos. Além do que, deve-se lembrar que a geometria não euclidiana pode ser percebida como complexa e desafiadora, tanto por estudantes quanto na viabilização e execução de projetos, que podem ter custos de construção elevados, tornando-os menos acessíveis e práticos em termos financeiros.

Por fim, Vigotsky (1999) alerta sobre os perigos de deixar a ferramenta de representação guiar o processo de concepção da arquitetura. Quando o foco está na geometria, dentre as variáveis de um projeto, tende-se a levar a arquitetura para o formalismo. Todo projeto deve ser uma resposta a condicionantes múltiplos, centrado na experiência do usuário. Deve-se levar em consideração as realidades locais, tanto em relação à paisagem consolidada, aos métodos tradicionais de construção, adequação ao clima e à adoção materiais disponíveis localmente, quanto ter consciência de uma cultura local de informalidade e autoconstrução.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, Amélia; ANDRADE, Patrícia. Uso do raciocínio analógico na concepção projetual em ensino introdutório de projeto arquitetônico. **Arquitextos** (São Paulo), v. 180.01, p. 01-15, 2015.

ELALI, Gleice; VELOSO, Maisa. A criatividade no processo de ensino/aprendizagem do projeto de arquitetura no Brasil: Um panorama geral. In: **IV ENANPARQ**, 2016, Porto Alegre. Anais do IV ENANPARQ. Porto Alegre: ANPARQ/UFRGS/UNIRITTER, 2016. v. 1. p. 1-16.

FLORIO, Wilson. Ensino de Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto: experiências didáticas. In: **III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (ENANPARQ)**. São Paulo, ANPARQ, 2014. Disponível em: <https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-3/htm/Artigos/ST/ST-NPNT-008-05-FLORIO.pdf>. Acesso em 05 jan. 2024.

FONSECA, J.; COLCHETE FILHO, A.; BRAIDA, F. O lugar da geometria descritiva no ensino de estudo da forma para arquitetura e urbanismo. In: **Geometrias & Graphica 2015 Proceedings**, 2015.

FRASCARI, Marco. O detalhe narrativo. In: **NESBITT, Kate (E.). Uma nova agenda para a arquitetura**. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

GAUSA, Manuel; SORIANO, Federico; PORRAS-ISLA, Fernando; GUALLART, Vicente. **Diccionario metápolis de arquitectura avanzada: ciudad y tecnologia em la sociedad de la información**. Barcelona: Ed. Actar, 2004.

KOLAREVIC, Branko. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. 1. ed. New York: Spon Press, 2003.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. et al (orgs.). **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAWSON, Bryan. Projetar com outros. **Como arquitetos e designers pensam**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

MARCONE, Raphael. **A geometria descritiva em ensino de arquitetura e urbanismo e as ferramentas CAD: diálogos possíveis**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.

MARQUES, Sônia; LOUREIRO, Cláudia. Arquitetura x Linguística: paradigmas do ensino de projeto. In: **Projetar 2003**, 2003, Natal. Os desafios do Ensino e da pesquisa para o novo século, 2003. v. 01. p. 01-123.

MCLUHAN, Marshall. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Editora Cultrix, 2002.

OLIVEIRA, Brunna Pereira de; PIRES, Janice de Freitas. Estruturação do saber da biomimética, da geometria complexa e da modelagem paramétrica para o ensino de arquitetura. In: **ENSUS 2022 – X Encontro de Sustentabilidade em Projeto**. Marabá: UNIFESSPA, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/245052>. Acesso em 05 jan. 2024.

RUSCHEL, Regina Coeli; ANDRADE, Max Lira Veras Xavier de; MORAIS, Marcelo. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 151–165, abr. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/McF3dbcftRW55BN59FTSq6v/abstract/?lang=pt#>. Acesso em 05 jan. 2024.

SANT'ANNA, Silvio. **Sistemas construtivos leves: e as formas geométricas não euclidianas**. São Paulo: Instituto Presbiteriano Mackenzie, 2012.

SEMPER, Gottfried. Los elementos básicos de la arquitectura. In: DE LEON, Juan Miguel Hernán. **La casa de un sólo muro**, Madrid: Nerea, 1990, p. 117-123.

VIGOTSKY, Lev. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.