



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO E
DESIGN

BEATRIZ NATÁLIA GUEDES ALCOFORADO AGUIAR

BIM E REALIDADES ESTENDIDAS: AS TECNOLOGIAS XR AUXILIANDO NA
CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

FORTALEZA

2024

BEATRIZ NATÁLIA GUEDES ALCOFORADO AGUIAR

BIM E REALIDADES ESTENDIDAS: AS TECNOLOGIAS XR AUXILIANDO NA
CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo e Design. Área de concentração: Produção do Espaço Urbano e Arquitetônico.

Orientadora: Profa. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima.

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A227b Aguiar, Beatriz.
BIM E REALIDADES ESTENDIDAS: : AS TECNOLOGIAS XR AUXILIANDO NA CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO / Beatriz Aguiar. – 2024.
173 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Mariana Monteiro Xavier de Lima.
Coorientação: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso.
1. Tecnologias XR. 2. BIM. 3. Ensino/aprendizagem. 4. Processo de projeto. 5. Projeto Arquitetônico. I. Título.

CDD 720

BEATRIZ NATÁLIA GUEDES ALCOFORADO AGUIAR

BIM E REALIDADES ESTENDIDAS: AS TECNOLOGIAS XR AUXILIANDO NA
CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo e Design. Área de concentração: Produção do Espaço Urbano e Arquitetônico.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Neliza Maria e Silva Romey
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Max Lira Veras Xavier de Andrade
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

À Deus.

Aos meus pais, Guedes e Edna.

Ao meu irmão Bruno, sua esposa Samara e
meu lindo sobrinho João.

Ao meu companheiro Raimundo.

AGRADECIMENTOS

À Instituição Unity, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Profa. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima, pela excelente orientação.

Ao Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso, pelo acompanhamento na coorientação.

Ao Prof. Dr. Diego Ricca, pelo apoio junto ao projeto LEDrX.

Aos professores participantes da banca de qualificação Max Lira Veras Xavier de Andrade e Neliza Maria e Silva Romcy pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“O novo, o novo sempre vêm.”
(Belchior, 1976).

RESUMO

O ensino de arquitetura, historicamente fundamentado em abordagens abstratas, demanda dos estudantes a criação e visualização de conceitos para os quais ainda não desenvolveram habilidades plenamente consolidadas. Para mitigar essa problemática, é essencial que os pesquisadores do século XXI integrem os avanços tecnológicos emergentes ao processo educacional. Partindo da questão de pesquisa “Como as tecnologias de realidade estendidas (XR), associadas à modelagem da informação da construção (BIM), podem apoiar o ensino/aprendizagem do processo de projeto arquitetônico nas etapas de concepção e desenvolvimento?”, tem-se a hipótese de que as tecnologias XR podem influenciar diretamente no processo de compreensão do aluno de arquitetura e urbanismo durante a criação do seu projeto e assim contribuir para o avanço contínuo de sua representação. O objetivo da pesquisa é sistematizar o uso de tecnologias XR, associadas ao BIM, no ensino/aprendizagem do processo de projeto arquitetônico nas etapas de concepção e desenvolvimento. Utilizando o método da pesquisa-ação, o trabalho é dividido em três etapas: explorar, descrever e prescrever. Cada uma dessas etapas foi aplicada em ciclos durante três semestres na graduação de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal do Ceará. O estudo resultou na prescrição de um Modelo de Implementação, acompanhado de um Guia de Implementação e Experiências Didáticas validadas. Esses artefatos oferecem suporte prático e teórico para a integração de XR e BIM no ensino de projeto arquitetônico, promovendo uma abordagem pedagógica inovadora que amplia a compreensão espacial dos estudantes, minimiza erros de concepção e fortalece o aprendizado imersivo no contexto acadêmico.

Palavras-chave: Tecnologias XR; BIM; Ensino/aprendizagem; Processo de projeto; Projeto arquitetônico.

ABSTRACT

The teaching of architecture, historically based on abstract approaches, requires students to create and visualize concepts for which they have not yet fully developed their skills. To address this issue, it is essential for 21st-century researchers to integrate emerging technological advances into the educational process. Addressing the research question, “How can extended reality (XR) technologies, associated with building information modeling (BIM), support the teaching and learning of the architectural design process in the stages of conception and development?”, this study hypothesizes that XR technologies can directly influence architecture students' understanding during the design creation process, thereby contributing to the continuous improvement of their representational skills. The research aims to systematize the use of XR technologies, in conjunction with BIM, for teaching and learning architectural design in the conception and development stages. Employing the action research method, the study is structured into three phases: exploration, description, and prescription. Each phase was applied cyclically over three semesters in the Architecture and Urbanism program at the Federal University of Ceará. The study culminated in the development of an Implementation Model, accompanied by an Implementation Guide and validated Didactic Experiences. These outputs provide both practical and theoretical support for integrating XR and BIM into architectural design education, promoting an innovative pedagogical approach that enhances students' spatial understanding, reduces design errors, and strengthens immersive learning within the academic context.

Keywords: XR technologies; BIM; Teaching/learning; Design process; Architectural design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Visualização dos conceitos de XR e seus componentes.....	17
Figura 2	– Estrutura da pesquisa.....	20
Figura 3	– Diagrama de Venn dessa pesquisa de mestrado.....	21
Figura 4	– Níveis Cognitivos da Taxonomia de Bloom.....	27
Figura 5	– Modelo do processo de projeto segundo Lawson.....	37
Figura 6	– Demonstração do conjunto dos ciclos da pesquisa.....	44
Figura 7	– Cartões de apresentação dos programas.....	52
Figura 8	– A. Apresentação das tecnologias de realidade estendida e dos cartões. B. Divisão de grupos com alunos e professores.....	53
Figura 9	– Fluxo do primeiro plano de ação.....	56
Figura 10	– Fluxo do segundo plano de ação.....	57
Figura 11	– Fluxo do terceiro plano de ação.....	58
Figura 12	– Fluxo do quarto plano de ação.....	59
Figura 13	– Fluxo do quinto plano de ação.....	59
Figura 14	– A. Estudante avaliando suas propostas iniciais em RV; B. Estudante fazendo escolhas de projeto dentro da RV; C. Estudante visualizando o impacto da insolação em seu edifício em RA; D. Alunos tomando decisões de projeto e realizando alterações no BIM em RV; E. Máquina de impressão 3D produzindo os projetos para um exercício de compreensão tátil.....	60
Figura 15	– Protótipo 01 do Modelo de Implementação.....	61
Figura 16	– Organização dos módulos da disciplina com aplicação das tecnologias XR.	68
Figura 17	– Fluxo da experiência didática de análise do entorno virtualmente.....	70
Figura 18	– Visita técnica virtual na Vila Malagueira – Portugal.....	70

Figura 19 – Uso dos equipamentos de realidade virtual e aumentada pelos alunos por livre demanda.....	71
Figura 20 – Protótipo 02 do Modelo de Implementação.....	73
Figura 21 – Gráfico das alterações projetuais nas respectivas categorias em razão das imersões utilizando tecnologias XR.....	77
Figura 22 – Comparativo gráfico do projeto da dupla 02 entre as aulas 3 e 4.....	80
Figura 23 – Alterações projetuais em razão da imersão em realidade virtual.....	81
Figura 24 – Representação do projeto, do percurso do sol e da incidência solar sob a edificação.....	82
Figura 25 – Propostas de projeção horizontal e vertical para minimização da incidência solar no muro frontal.....	83
Figura 26 – Estrutura planejada para o grupo focal.....	89
Figura 27 – Estrutura das Experiências Didáticas apresentadas no Guia de Implementação.....	91
Figura 28 – Matriz FOFA preenchida pelos professores.....	98
Figura 29 – Quadro resumo da aplicação da matriz FOFA.....	102
Figura 30 – Modelo de Implementação.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Níveis Cognitivos e ações associadas na Taxonomia de Bloom.....	28
Quadro 02 – Benefícios VR relacionadas ao processo de projeto de Lawson.....	39
Quadro 03 – Benefícios AR e MR relacionadas ao processo de projeto de Lawson.....	40
Quadro 04 – Resumo dos conceitos e seus produtos na pesquisa.....	45
Quadro 05 – Planos de Ação para Integrar Tecnologias de Realidade Estendida no Ensino de Projeto Arquitetônico.....	55
Quadro 06 – Recursos Utilizados nos Planos de Ação.....	63
Quadro 07 – Quadro de Benefícios e Citações de Experiências de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA).....	64
Quadro 08 – Quadro de Restrições e Citações de Experiências de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA).....	65
Quadro 09 – Recursos utilizados em cada atividade fundamental.....	74
Quadro 10 – Comparação entre benefícios VR e AR e as citações dos alunos.....	78

LISTA DE TABELA

Tabela 01 – Percentual das alterações projetuais nas respectivas categorias em razão das imersões utilizando tecnologias XR.....	76
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Problema de pesquisa	15
1.2 Questão de pesquisa.....	18
1.3 Objetivo Geral.....	18
1.4 Objetivos Específicos	18
1.5 Justificativa.....	18
1.6 Estrutura da pesquisa.....	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico	22
2.1.1 Processo de projeto	22
2.1.2 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico	23
2.2 Modelagem da Informação da Construção (BIM).....	29
2.3 Realidade Estendida (XR).....	32
2.4 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com BIM.....	34
2.5 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com XR.....	37
2.6 Integração entre BIM e XR.....	41
3 METODOLOGIA.....	43
3.1 Pesquisa-Ação.....	43
3.2 Aplicação.....	46
3.2.1 Metodologia do ciclo 1	46
3.2.2 Metodologia do ciclo 2	48
3.2.3 Metodologia do ciclo 3	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Ciclo 1 - Explorar.....	51
4.1.1 Planejar	51
4.1.2 Agir	56
4.1.3 Descrever	61
4.1.4 Avaliar	63
4.1.5 Discussão dos resultados do Ciclo 1.....	66
4.2 Ciclo 2 - Descrever	67
4.2.1 Planejar	67
4.2.2 Agir	69

4.2.3 Descrever	73
4.2.4 Avaliar	75
4.2.5 Discussão dos resultados do Ciclo 2.....	84
4.3 Ciclo 3 - Prescrever	84
4.3.1 Planejar	85
4.3.2 Agir	87
4.3.3 Descrever	93
4.3.4 Avaliar	96
4.3.5 Discussão dos resultados do Ciclo 3.....	103
4.4 Discussão dos resultados	104
5 CONCLUSÃO.....	106
REFERÊNCIAS	111
APÊNDICE A – ROTEIRO PARA O RELATÓRIO	118
APÊNDICE B – FORMULÁRIO MODO	120
APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO DO GRUPO FOCAL E ENTREVISTAS	126
APÊNDICE D – GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO	144
APÊNDICE E – CARTÕES DE APRESENTAÇÃO DOS PROGRAMAS	170

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz o leitor ao contexto no qual esta pesquisa está inserida, detalhando o problema que motivou sua realização. Além disso, é apresentada a questão da pesquisa, são delineados os objetivos que o estudo pretende alcançar, juntamente com a justificativa para sua condução e as contribuições esperadas de seus resultados. Por fim, é apresentada a estrutura geral da dissertação.

1.1 Problema de pesquisa

Para contribuir com o constante avanço da representação do espaço arquitetônico, é essencial que os pesquisadores do século XXI estudem e aprimorem os instrumentos de representação utilizados na arquitetura, os quais, segundo Zevi (1996), ainda são incapazes de representar totalmente esse espaço. Essa tarefa se torna ainda mais relevante à medida que novas ferramentas e tecnologias vão transformando a forma como percebemos e interagimos com o mundo.

De acordo com Kalay (2004), a representação¹ de projeto através de desenhos, perspectivas, modelos, especificações, anotações e outros, formam um processo complexo de codificação e decodificação de informações. Bruno Zevi (1996) critica a abordagem tradicional de ensino e representação da arquitetura, que se baseia em elementos como plantas, cortes, fachadas e perspectivas, considerando-os insuficientes para transmitir a experiência espacial.

Segundo o autor, a combinação desses diferentes métodos de codificação e decodificação é que pode se aproximar mais da representação ideal do espaço arquitetônico do que qualquer um deles individualmente. Assim, a contribuição de cada meio de representação tem sua importância para o entendimento do que está sendo projetado. De acordo com Florio (2005), tanto esboços e maquetes físicas quanto modelos digitais e protótipos rápidos desempenham um papel essencial na concepção e comunicação do projeto.

¹ A representação do projeto discutida neste trabalho se refere à visualização durante a concepção e o desenvolvimento, permitindo que o projetista veja e compreenda suas ideias de forma mais próxima ao seu imaginário. Diferente da representação como fase projetual ao final do processo, que é voltada para a execução por outros profissionais, aqui o foco está em usar a representação como uma ferramenta para criar, analisar e melhorar o projeto desde o início. Esse aspecto será discutido no subtópico 2.2.1, "Processo de projeto - Representar para conceber e conceber para representar".

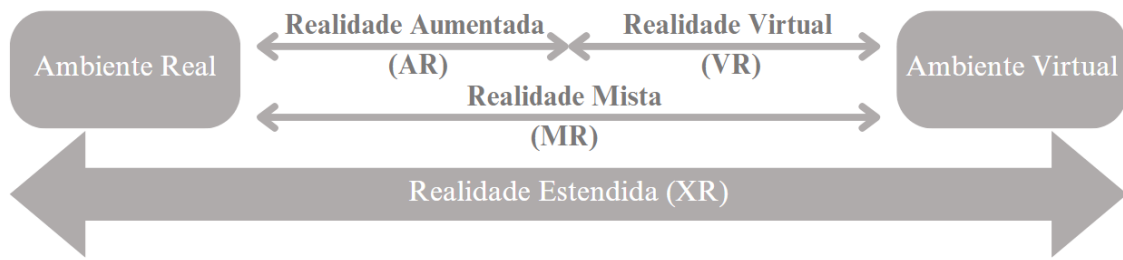
Assim, a representação e comunicação do projeto são tão importantes quanto seu processo de criação, pois de acordo com Schön e Wiggings (1992), o modo de comunicação pode influenciar a formação do pensamento de projeto. Ademais, segundo Oxman (2002), as ideias e soluções surgem a partir do reconhecimento visual das formas e propriedades presentes no desenho durante o processo de projeto, e assim percebe-se a influência dos meios de representação nas ações do projetista durante o pensamento projetual.

É nesse contexto de representação e compreensão do espaço projetado que as tecnologias imersivas aparecem como potenciais auxiliares. De acordo com Hajirasouli e Banihashemi (2022), as tecnologias imersivas, como a realidade aumentada (AR) e a realidade virtual (VR), têm sido amplamente reconhecidas como ferramentas eficazes e complementares no contexto educacional. Estudos anteriores, como os de Di Serio et al. (2013), Elkoubaiti e Mrabet (2018) e Sánchez et al. (2015), destacam que essas tecnologias podem auxiliar a solucionar problemas e lacunas presentes nos métodos de ensino tradicionais. Tais tecnologias proporcionam uma experiência imersiva e interativa, permitindo que os alunos explorem e interajam com ambientes virtuais simulados.

Embora o termo VR pareça novo, sua conceituação foi definida em 1992. De acordo com Sherman e Craig (2003), a VR é definida como um meio que inclui simulações de computador com interatividade que dá aos usuários uma sensação de estar imerso na simulação, melhorando o *feedback* de pelo menos um dos sentidos dos usuários. Já o AR é definido como um meio que sobrepõe informações digitais, que podem ser interativas, no mundo físico para melhorar a experiência dos usuários.

Além disso, tem-se a Realidade Mista (MR) que é uma mistura de mundos físicos e virtuais. Kharvari e Kaiser (2022) afirmam que embora alguns acreditem que o termo AR já inclua o conceito por trás desse termo, MR refere-se à interatividade entre objetos físicos e virtuais, por exemplo quando você pode atingir um objeto virtual agarrando um objeto no mundo físico. Ademais, um termo novo vem emergindo e vinculando as diversas modalidades de realidade abordadas anteriormente, a realidade estendida (XR) como apresentado na figura 01.

Figura 01: Visualização dos conceitos de XR e seus componentes.



Fonte: Adaptado de Darwish, Kamel e Assem (2023) e Wang, Ma e Wei (2023).

A XR se refere à realidade-virtualidade onde inclui AR, MR e VR, e será um dos termos mais recorrentes neste trabalho. É importante ressaltar que os resultados de Kharvari e Kaiser (2022) mostram que estratégias de ensino que fazem uso das tecnologias XR são capazes de aprimorar vários estágios do processo de projeto e melhorar os resultados de aprendizagem em cursos educacionais entre estudantes de arquitetura.

Ademais, novas tecnologias, como sensores, dispositivos e sistemas digitais, são capazes de gerar enormes quantidades de dados em tempo real. Esses dados abrangem desde medições físicas até interações digitais, formando a base da informação que pode ser utilizada para análises e tomada de decisão (Karimi, 2014). Em um cenário cada vez mais orientado pela informação, é importante desenvolver abordagens eficazes para gerenciar dados, transformando-os em informação e, conseqüentemente, em conhecimento aplicável, que poderá assim aproximar a representação do espaço à sua realidade factual.

A modelagem da informação surge como uma resposta a essa necessidade de organizar dados em informações, proporcionando uma estrutura organizada para capturar, armazenar e comunicar informações de forma integrada (Menges; Ahlquist, 2011). Essa abordagem é aplicável em diversos contextos, incluindo a arquitetura, onde a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) permite agora uma representação mais aproximada e detalhada de projetos, incorporando não apenas dados de geometria, mas também informações sobre materiais, sistemas, desempenho e outros.

Nesse sentido, a incorporação de ferramentas pedagógicas suplementares baseadas em novas tecnologias, juntamente com os métodos tradicionais de ensino, pode ser uma solução interessante para abordar as questões envolvidas no ensino e aprendizagem de arquitetura e construção (Shirazi; Behzadan, 2015). Ao integrar novas

tecnologias, como ferramentas utilizam metodologia BIM e as tecnologias XR, ao processo educacional, é possível proporcionar experiências de aprendizagem mais envolventes e interativas, explorando o potencial dessas tecnologias para aprimorar a compreensão e a análise do espaço arquitetônico.

Desse modo, surge a hipótese de que as tecnologias de realidade estendida podem influenciar diretamente no processo de projeto do aluno de arquitetura e urbanismo, auxiliando na concepção e no desenvolvimento do projeto arquitetônico baseado em informação. O problema de pesquisa é, então, definido pela necessidade de compreender como e de que forma as tecnologias de realidade estendida (XR) podem influenciar o processo de concepção e desenvolvimento de projetos arquitetônicos, especialmente no contexto do uso de ferramentas baseadas em Modelagem da Informação da Construção (BIM).

1.2 Questão de pesquisa

Como as tecnologias de realidade estendidas (XR) podem apoiar o ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico com informação, nas etapas de concepção e desenvolvimento?

1.3 Objetivo Geral

Sistematizar o uso de tecnologias de realidades estendidas, associadas ao modelo de informação da edificação, no ensino do processo de projeto arquitetônico nas etapas de concepção e desenvolvimento.

1.4 Objetivos Específicos

- a. Explorar as tecnologias de realidade estendida existentes e suas aplicações.
- b. Descrever relações entre as tecnologias de realidade estendida, o ensino do processo de projeto e o modelo de informação da edificação (BIM).
- c. Prescrever um modelo de aplicação das tecnologias de realidade estendida como ferramenta auxiliar nas etapas de concepção e desenvolvimento do projeto arquitetônico.

1.5 Justificativa

A justificativa desta pesquisa se fundamenta na percepção crítica das limitações dos métodos de representação arquitetônica frente à complexidade do espaço tridimensional factual. Em um ambiente em que as tecnologias estão transformando

rapidamente o mundo e abrindo possibilidades para uso no ramo da Arquitetura e Urbanismo, é relevante considerar como os profissionais em formação estão sendo preparados para incorporar essas inovações.

As realidades estendidas apresentam potencial significativo para impactar positivamente o ensino do processo de projeto arquitetônico (Wang, Ma e Wei, 2023; Kharvari e Kaiser, 2022; Darwish, Kamel e Assem, 2023). Contudo, através de leitura sobre a temática, observa-se a ausência de abordagens sobre como essas tecnologias podem ser integradas sistematicamente no contexto educacional arquitetônico. Esta pesquisa busca preencher essa lacuna na literatura acadêmica. Almeja-se não apenas aprimorar a experiência educacional dos estudantes de arquitetura, mas também contribuir para a renovação do campo, buscando incorporar efetivamente as tecnologias XR no processo de concepção e desenvolvimento de projeto arquitetônico.

Em se tratando das contribuições teóricas, essa pesquisa apresenta uma abordagem aprofundada de como e onde, dentro do processo de projeto, as tecnologias de realidade estendidas (XR) podem apoiar o ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico desenvolvido em BIM, criando um Modelo de Implementação em uma representação da realidade expressa entre os elementos de um sistema, com foco principal na utilidade do modelo e não necessariamente em sua precisão absoluta.

Sob o ponto de vista prático, os resultados aqui obtidos contribuem para a efetiva aplicação das tecnologias de realidade estendida no ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico, principalmente nas etapas de concepção e desenvolvimento, incluindo a criação de um Guia de Implementação que consiste em um conjunto de passos necessários para alcançar o Modelo de Implementação apresentado na teoria. É nesse Guia que são apresentados as instanciações do modelo, como as aplicações das experiências didáticas nas disciplinas, que são organizados como Planos de Ação.

1.6 Estrutura da pesquisa

A estrutura da presente dissertação reflete o desenvolvimento metodológico desta pesquisa. O texto está dividido em 5 capítulos que se subdivide em tópicos importantes de acordo com o aprofundamento de cada etapa (Figura 2).

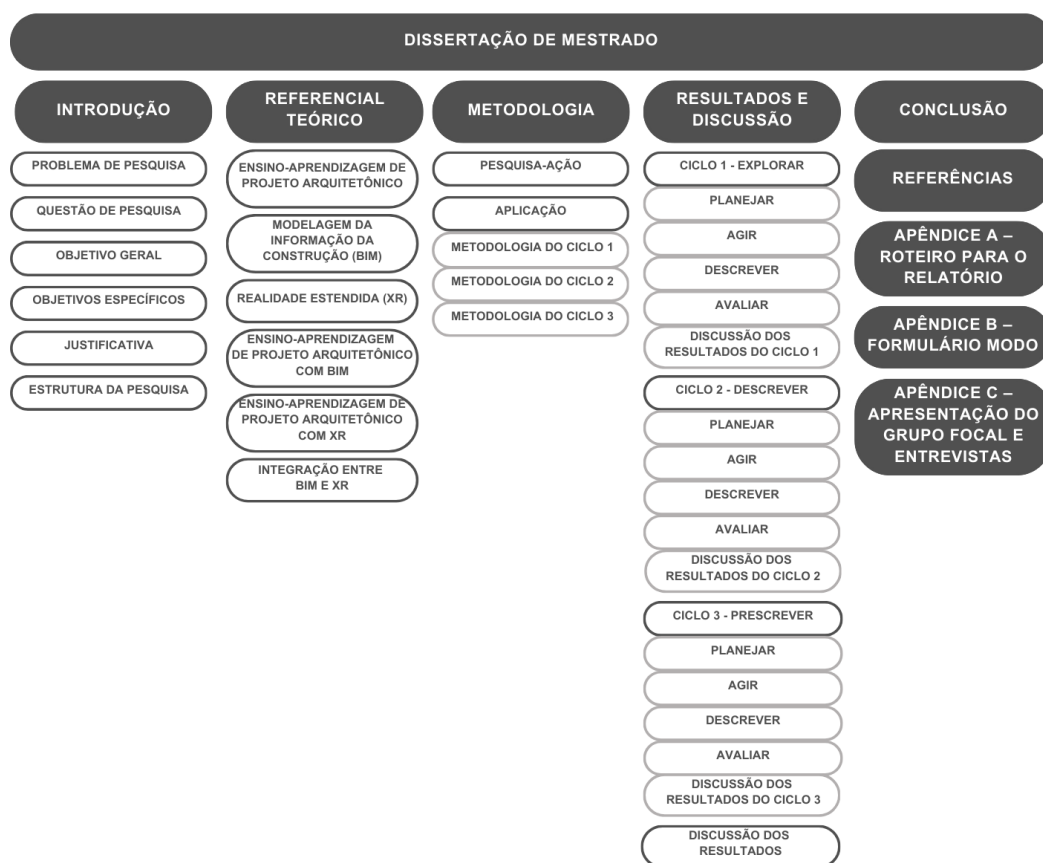
O capítulo 1 aborda a introdução que contextualiza o problema de pesquisa, a hipótese de solução para o problema, os objetivos do trabalho e a justificativa para a realização da pesquisa.

O capítulo 2 constitui a fundamentação teórica da pesquisa para construir o argumento que embasa a pesquisa com um aprofundamento em ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico, modelagem da informação da construção, realidade estendida, ensino de projeto com BIM, ensino de projeto com XR e a integração entre BIM e XR.

No capítulo 3 é apresentado a metodologia deste trabalho detalhando o enfoque adotado, a pesquisa-ação, e a sua aplicação no contexto da pesquisa. Especifica-se como foram realizados os ciclos de aplicação da pesquisa-ação em cada etapa.

E no capítulo 4 apresentam-se os resultados e discussão da pesquisa, onde são detalhados os relatos dos ciclos em cada aplicação da metodologia, destacando o planejamento, as ações realizadas, os procedimentos adotados, as avaliações feitas e as conclusões alcançadas em cada fase do processo e a discussão final após todos os resultados.

Figura 2: Estrutura da pesquisa.



Fonte: Autora.

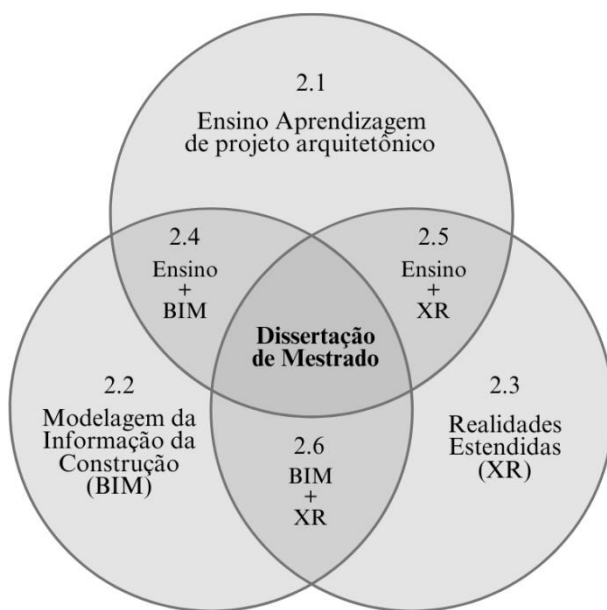
Por fim, a Conclusão no capítulo 5, destacando a relevância da pesquisa, suas contribuições teóricas e práticas para a área de estudo, além de apontar possíveis direções futuras para a pesquisa. O trabalho é complementado com uma lista de referências bibliográficas e, posteriormente, os apêndices necessários.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico desta dissertação está organizado em seis tópicos, que exploram três temas principais: Ensino-aprendizagem de Projeto Arquitetônico, Modelagem da Informação da Construção (BIM) e Realidades Estendidas (XR). A Figura 3 apresenta um Diagrama de Venn que ilustra as inter-relações entre esses três eixos centrais da pesquisa, destacando suas áreas de interseção.

Essas interseções abrangem as seguintes combinações: Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com BIM, Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com XR, e a interação entre BIM e XR. O foco principal da pesquisa é a convergência desses três elementos, investigando o impacto conjunto de BIM e XR no Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico.

Figura 3: Diagrama de Venn dessa pesquisa de mestrado.



Fonte: Autora.

Os tópicos numerados de 2.1 a 2.6 serão discutidos a seguir, evidenciando suas características, inter-relações e os autores que fundamentam cada abordagem:

- 2.1 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico
- 2.2 Modelagem da Informação da Construção (BIM)
- 2.3 Realidades Estendidas (XR)
- 2.4 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com BIM
- 2.5 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com XR
- 2.6 Integração entre BIM e XR

2.1 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico

2.1.1 Processo de projeto

De acordo com Sarmiento e Villarouco (2020), ao longo do século XX acreditava-se que o projeto seria um processo misterioso denominado *black box* (caixa preta), ou seja, um sistema fechado e inacessível, onde não se sabe o que acontece dentro dele. Essa abordagem assume que o processo de projeto é um ato misterioso e intuitivo, baseado no talento e na experiência do projetista, e que não pode ser explicado ou ensinado. Entretanto, segundo Andrade, Ruschel e Moreira (2011), os estudos sobre métodos de projeto possibilitaram uma compreensão mais aprofundada dos modelos mentais adotados pelos arquitetos. Os autores ressaltam que a finalidade do estudo e desenvolvimento desses métodos era tornar o processo de projeto mais visível, em resposta ao aumento dos erros de projeto.

Dentro dessa compreensão, ao longo dos anos, surgiram diversos métodos de projeto que se constituem como sistemas auto-organizados. Conforme Jones (1971), tais métodos têm a capacidade de substituir a busca cega de alternativas por uma abordagem mais inteligente e direcionada. Essas estruturas e abordagens sistemáticas proporcionam eficiência e eficácia na concepção de soluções arquitetônicas, envolvendo técnicas analíticas e de síntese para explorar e avaliar alternativas de projeto de forma informada e deliberada.

Para Andrade, Ruschel e Moreira (2011), o modelo proposto por Morris Asimow em 1962 parte da hipótese de que é possível discriminar as diferentes fases de atividades do projeto em uma sequência de análise, síntese e avaliação, sendo a distinção dessas fases importante para a compreensão do processo de projeto. Entretanto, de acordo com os mesmos autores, Page em 1963 mostrou o perigo em acreditar que o processo de projeto consiste numa sequência contínua de fases, porque a maioria de casos práticos de projeto não é sequencial, e que o processo de projeto tem um movimento circular.

Nessa cronologia, em 1971, Thomas A. Markus sugere um método composto por um processo de projeto com crescimento no nível de detalhamento e que passe por uma sequência de decisões, que se assemelha ao modelo esquemático proposto por Broadbent em 1973, onde representa a sequência análise, síntese e avaliação em forma de espiral. Entretanto, estudando sobre a interdependência entre as fases do processo de projeto, Lawson (2005) apresenta um modelo de processo de projeto em que incorpora o feedback,

return loops e articulações entre as fases, pois novas informações podem ser incluídas a qualquer momento na sequência de decisões (Andrade; Ruschel; Moreira, 2011).

No modelo esquemático proposto por Lawson (2005), é delineado um método de processo de projeto que destaca a flexibilidade e adaptabilidade dos projetos. Essa abordagem não só enfatiza as etapas fundamentais do projeto, como a análise, síntese e avaliação, mas também sublinha a interdependência e os ciclos iterativos entre essas fases. Análise, síntese e avaliação são, nesse caso, etapas da sequência – não linear - de decisão onde a análise é a fase de assimilação dos condicionantes relacionados ao projeto; a síntese está associada a fase criativa dos estágios de decisão; e a avaliação procura detectar deficiências no projeto antes da produção, venda ou uso (Andrade; Ruschel; Moreira, 2011), sendo que todas essas fases precisam se comunicar entre si e com os meios externos, e isso se faz através da representação.

De acordo com Boutinet (2002), é imperativo estabelecer uma correlação entre as especificidades técnicas e objetivas da produção arquitetônica, representadas pela dimensão técnica de eficácia, e sua componente artística e criativa, delineada pela dimensão simbólica de valor existencial. Para o autor, ambos os elementos, operacional e simbólico, desempenham papéis relevantes e devem interagir de maneira sinérgica ao longo de todas as fases do processo projetual.

O projeto arquitetônico, enquanto modelo, encapsula um extenso repertório de conhecimentos teóricos e práticos, configurando-se como um "inventário que resulta em um trabalho de ressemantização do espaço" (Boutinet, 2002, p.162). Nesse sentido, o projeto não apenas representa, mas também esboça a materialização das criações e ideias que o fundamentam.

Logo, a representação é fundamental tanto para a concepção quanto para a comunicação de um projeto. A representação não apenas traduz as ideias em formas tangíveis, mas também facilita o entendimento, a análise crítica e a colaboração entre todos os envolvidos no processo. Portanto, representar para conceber o projeto e conceber o projeto através da representação são processos indissociáveis e essenciais no processo de um projeto arquitetônico.

2.1.2 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico

O ensino de projeto demanda uma abordagem teórica e prática simultânea que dificulta o processo de ensinar a projetar. Assim, o conceito de reflexão-na-ação proposto por Donald Schön (1963) destaca a importância da reflexão durante a execução de tarefas

práticas e do pensamento adaptativo no contexto da ação. Em vez de ver a ação e a reflexão como processos separados, Schön argumenta que elas estão intrinsecamente entrelaçadas. Os profissionais reflexivos são capazes de pensar criticamente sobre suas ações no momento, ajustando e refinando suas abordagens conforme a situação evolui.

Esse conceito, iniciado por Schön em 1963, propôs uma abordagem epistemológica alternativa, na qual o conhecimento profissional se baseia nas práticas reais dos profissionais, adquiridas por meio da tradição e da experiência, em vez de depender exclusivamente da ciência. Essa mudança desafiou a posição central da ciência na educação e na prática profissional, levando o autor a desenvolver um novo modelo de ensino-aprendizagem para o ensino superior.

É importante ressaltar que para Schön (2000), a prática reflexiva envolve formas de pensamento específicas das práticas profissionais, aprendidas no contexto da atividade profissional, sem a necessidade de separação. Ele sugere que todas as profissões compartilham, de alguma forma, características semelhantes ao design. Isso não é apenas conhecimento em ação, mas "reflexão em ação", pois novos movimentos precisam ser experimentados e avaliados, e, portanto, pensados e discutidos. Dessa maneira, propõe organizar toda a educação profissional com base na ideia de educar designers, delineando assim seu "novo design para a educação profissional".

Segundo Schön (2000), tanto o instrutor (professor) quanto o estudante comunicam mensagens um ao outro não apenas por meio de palavras, mas também por meio de suas próprias execuções e demonstrações práticas:

Quando o diálogo funciona bem, ele toma a forma de reflexão-na-ação recíproca. O estudante reflete sobre o que escuta o instrutor dizer ou vê fazer e também reflete sobre o ato de conhecer-na-ação envolvido em sua performance. E o instrutor, por sua vez, pergunta-se o que esse estudante revela em termos de conhecimento, ignorância ou dificuldade e que tipos de respostas poderiam ajudá-lo. (Schön, 2000, p. 128)

Assim, a interação entre o instrutor e o estudante parte da premissa de que o aprendizado do aluno é influenciado pela compreensão que ele desenvolve a partir das demonstrações e explicações do instrutor. Schön (2000) ressaltava que há outros elementos em jogo, incluindo o próprio processo de aprendizado do professor junto ao aluno.

Dentro desse contexto, Lawson e Cross podem ser vistos como integrantes dessa tradição reflexiva iniciada por Schön. Nigel Cross é reconhecido por sua abordagem prática e centrada em exemplos no campo do design. Sua perspectiva não se baseia principalmente em considerações filosóficas, mas sim em situações reais e experiências

práticas. Ao empregar processos abduativos, ele busca dar sentido e generalizar a partir de observações concretas, ressaltando a importância da prática como base para o conhecimento no processo de projeto.

Agora é também amplamente reconhecido que os problemas de design são mal definidos, mal estruturados ou “capciosos” (*wicked*). [...]. Nesse contexto, uma estratégia focada na solução é claramente preferível a uma focada no problema [...]. O que os designers costumam fazer, portanto, é buscar ou impor uma ‘geratriz primária’ que defina os limites do problema e indique a natureza da sua possível solução. Para lidar com problemas mal definidos, o designer precisa aprender a ter a autoconfiança para definir, redefinir e mudar o problema como dado à luz da solução que emerge da sua mente e das suas mãos. (Cross, 1982, p.224)

Cross (1982) levanta então que o problema, portanto, é como compreender e sistematizar a maneira como os designers resolvem problemas, já que boa parte do conhecimento envolvido nesse processo é algo que não é diretamente expresso ou formalizado. Esta circunstância impõe um desafio particular à educação superior de projeto arquitetônico:

Pode ser admissível, ou pelo menos compreensível, que designers praticantes sejam inarticulados a respeito das suas habilidades, mas os professores de design têm a responsabilidade de serem tão articulados quanto possível sobre o que estão tentando ensinar, ou então poderão não ter base para escolher os conteúdos e métodos do seu ensino (Cross, 1982).

De modo similar, Bryan Lawson adota uma abordagem prática e ancorada em exemplos para compreender o projeto. Sua contribuição destaca-se pela proposição de uma série de etapas orientadas pelo processo, visando descrever a complexidade intrínseca ao projeto. Lawson (1980, 2005 e 2011) ao longo dos seus estudos, não apenas reconhece, mas enfatiza a natureza interativa e repetitiva do processo de projeto, destacando sua complexidade, reconhecendo que o processo não é linear, mas sim caracterizado por iterações contínuas e ajustes. Por exemplo, ao descrever o projeto como “thinking by doing”, ou pensar fazendo, Lawson (2005) explica como os profissionais conseguem compreender aspectos sobre seus clientes, usuários e o problema em questão por meio da experiência prática com esses fenômenos.

Projetar envolve um processo mental altamente organizado capaz de manipular diferentes tipos de informações, uni-las em um grupo coerente de ideias e, finalmente, gerar um produto a partir destas ideias. (Lawson, 1980, p.78)

Lawson (2011) argumenta que os métodos de projetar se relacionam a modos de organização das ideias em processos de análise, síntese e avaliação, de modo semelhante

ao do pensamento científico. Entretanto, Lawson sugere que no ensino-aprendizagem de projeto há um equilíbrio a ser mantido.

Um delicado equilíbrio entre dirigir o aluno para que adquira conhecimento e experiência, mas sem mecanizar os seus processos de pensamento a ponto de impedir o surgimento de ideias originais. (Lawson, 2011, p.152)

O autor ressalta a importância de orientar os alunos na aquisição de conhecimento e experiência em projeto, destacando os princípios e técnicas essenciais. No entanto, ele adverte contra a mecanização excessiva dos processos de pensamento, alertando para os riscos de uma abordagem prescritiva. Lawson enfatiza a necessidade de evitar a automatização que possa restringir a originalidade, fornecendo valiosos *insights* sobre a dinâmica do projeto. Ele explora as nuances envolvidas na tomada de decisões e na resolução de problemas no contexto do design criativo, destacando a importância de manter a flexibilidade e a inovação no processo.

Assim, compreende-se que Schön destaca que a situação prática é complexa e incerta, e não existe uma solução única ou receita pronta. Portanto, a capacidade de refletir durante a ação torna-se fundamental para lidar com desafios e incertezas. Cross (2005) trabalha a partir de pesquisa etnográfica para revelar o que os designers fazem durante a atividade de projetar, enquanto Lawson (2011) se baseia na psicologia dos processos criativos de projeto para transformar seu conhecimento de pesquisa em formas que os profissionais possam usar.

O ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico é algo discutido também diante das competências e habilidades apresentadas no artigo 5º da Resolução CNE/CES² nº 2/2010, que trata das Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Arquitetura e Urbanismo (Brasil, 2010). Nessa resolução é possível observar a importância de uma formação ampla e multidisciplinar para os futuros arquitetos e urbanistas. As diretrizes destacam a necessidade de conhecimento em diversos aspectos, desde as habilidades necessárias para conceber projetos de arquitetura, urbanismo e paisagismo, até a compreensão dos conhecimentos especializados para o emprego adequado e econômico dos materiais de construção e das técnicas e sistemas construtivos e o entendimento das condições climáticas, acústicas, lumínicas e energéticas e o domínio das técnicas apropriadas a elas associadas.

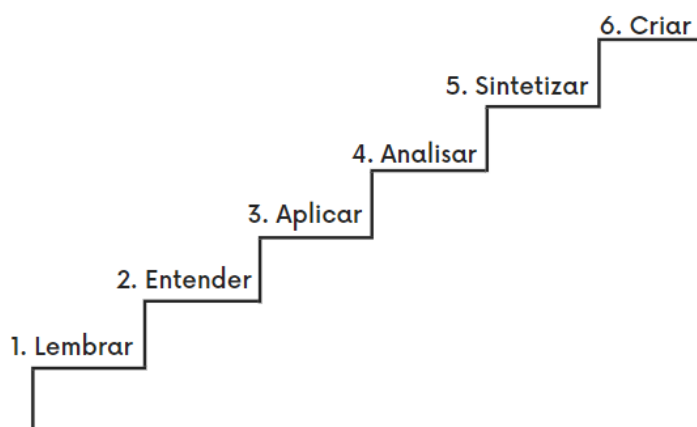
²O CNE/CES refere-se ao Conselho Nacional de Educação (CNE), especificamente à Câmara de Educação Superior (CES).

De acordo com Luckesi (2011), as habilidades estão relacionadas ao desempenho em tarefas simples e específicas, enquanto as competências envolvem uma forma de agir mais complexa, que abrange um conjunto de tarefas interconectadas. Para que uma competência seja desenvolvida, é necessário o domínio de várias habilidades que, juntas, formam uma cadeia de ações mais ampla e abrangente.

Para garantir a aplicabilidade dessas competências e habilidades na formação do aluno, consta na Resolução CNE/CES nº 2/2010 um parágrafo único que versa sobre o projeto pedagógico das disciplinas. Um instrumento que pode facilitar esse processo de integração é a taxonomia proposta por Bloom et al. (1983), que auxilia no planejamento, organização e controle dos objetivos de aprendizagem.

A taxonomia de Bloom inclui três domínios específicos de desenvolvimento: cognitivo, afetivo e psicomotor. Ferraz e Belhot (2010) destacam que o domínio mais conhecido e utilizado seria o domínio cognitivo, que é estruturado em seis níveis de complexidade crescente, desde “lembrar” até “criar”, como demonstrado na figura 4 abaixo:

Figura 4: Níveis Cognitivos da Taxonomia de Bloom.



Fonte: Adaptado de Krathwohl (2002).

Baseado nessa Taxonomia, pode-se identificar diferentes níveis de complexidade do processo de aprendizagem, do mais simples para o mais complexo e do mais concreto para o mais abstrato, considerando também a possibilidade de interpolação dessas categorias quando necessário. Esses níveis podem ser utilizados pelos educadores para definir objetivos de aprendizagem claros e adaptados ao contexto educacional. No quadro 01, tem-se ações correspondentes a cada um desses níveis cognitivos para que sejam feitos os objetivos de aprendizagem adequados para cada atividade.

Quadro 01: Níveis Cognitivos e ações associadas na Taxonomia de Bloom.

Nível da Taxonomia	Definição	Verbos no gerúndio
1. Lembrar	Reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação; reproduzir ou recordar está relacionado à busca por uma informação relevante memorizada.	Reconhecendo, Reproduzindo
2. Entender	Estabelecer conexões entre o novo e o conhecimento prévio. A informação é entendida quando o aprendiz pode reproduzi-la com suas próprias palavras.	Interpretando, Exemplificando, Classificando, Resumindo, Inferindo, Comparando, Explicando
3. Aplicar	Executar ou usar um procedimento em uma situação específica; aplicar conhecimento em novas situações.	Executando, Implementando
4. Analisar	Dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes; entender a inter-relação entre as partes.	Diferenciando, Organizando, Atribuindo, Concluindo
5. Sintetizar	Realizar julgamentos baseados em critérios qualitativos e quantitativos; avaliar eficiência e eficácia.	Checando, Criticando
6. Criar	Combinação de elementos para formar uma nova visão, solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos.	Generalizando, Planejando, Produzindo

Fonte: Ferraz e Belhot (2010).

Segundo Ferraz e Belhot (2010), a aplicação dos verbos no gerúndio possibilita que seja esclarecido o “quê” e “como” será alcançado cada objetivo de aprendizagem, facilitando o trabalho de inserção na dimensão do processo cognitivo. A Taxonomia de Bloom continua a ser uma ferramenta importante no campo da educação, ajudando a promover a aprendizagem significativa e o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

De acordo com Thiollent e Colette (2020), há cada vez mais a possibilidade de se recorrer às novas tecnologias para elaborar dispositivos de pesquisa e planejamento. Assim, é necessário que se discuta sobre a integração dessas metodologias com as tecnologias que “aceleram a transmissão de conteúdos, estimulando interatividade, criatividade, pensamento divergente, criticidade” (Thiollent, Colette, 2020).

2.2 Modelagem da Informação da Construção (BIM)

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adotou em 2011 a tradução de *Building Information Modeling* (BIM) como Modelagem da Informação da Construção, com o início da elaboração da coletânea de normas técnicas ABNT sobre BIM, a “ABNT NBR 15965 – Modelagem de Informação da Construção (BIM)”. Mas, segundo Checcucci (2014, p. 41), um conjunto de termos relacionados pode ser encontrado na literatura nacional, como: “Modelagem de Informações da Edificação”, “Modelagem de Informações do Edifício”, “Modelagem de Informações da Construção”, “Modelo de Informações da Edificação”, “Modelo de Informações do Edifício”; e internacional, como: “*Building Information Model*”, “*Building Information Modeling*”, “*Building Information Modelling*”, “*Single Building Model*”, “*Single Building Modeling*”, “*Integrated Building Model*”, “*Integrated Building Modeling*”, “*Virtual Building*”, dentre outros.

Além da diversidade de termos, tem-se também na literatura referente ao BIM uma diversidade de definições. Segundo Checcucci (2014), para o comitê americano *National Institute of Building Sciences* (NIBS, 2008, p. 1), BIM enquanto modelo é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação.

Santos (2012, p. 26) descreve o BIM como um processo contínuo de produção, uso e atualização de um modelo informacional da edificação ao longo de todo o seu ciclo de vida. Ele destaca que o modelo criado integra informações que abrangem diversas disciplinas envolvidas no empreendimento e serve a múltiplos propósitos durante toda a vida útil da edificação.

Ruschel et al. (2011) analisam o BIM a partir dos três eixos propostos por Succar (2009): políticas, processos e tecnologias. O primeiro eixo, políticas, envolve a difusão e adoção de melhores práticas, regulamentações, padronizações e diretrizes. O segundo eixo, processos, trata do desenvolvimento de modelos, componentes e documentação da edificação. O terceiro eixo, tecnologias, refere-se ao hardware e software necessários para viabilizar a modelagem.

A diversidade de abordagens para compreender o paradigma BIM e a abrangência com que o tema é abordado indicam a complexidade envolvida nessa modelagem. Segundo Checcucci (2014), é fundamental destacar que o foco do processo de projeto no BIM se desloca da produção de documentos, como o que é feito no projeto auxiliado por

computador (*Computer Aided Design* - CAD), para a modelagem e análise do edifício virtual, o que potencializa a construção de edificações mais sustentáveis e econômicas.

Pérez-Sánchez et al. (2017) relembram que a transição do processo de projeto manual para o projeto digital, foi um avanço tecnológico no desenvolvimento e criação de ambientes arquitetônicos. Os sistemas CAD utilizavam geometria baseada em coordenadas específicas, obtendo diferentes elementos de representação suscetíveis a alterações manuais. Por conta disso, a introdução do projeto auxiliado por computador garantiu melhores resultados e maior eficiência na documentação construtiva gerada para um projeto individual.

Segundo os autores, esse processo de atualização da fase manual para a fase digital, continuou seguindo métodos muito semelhantes na maneira de pensar o projeto arquitetônico. Além disso, considerando a dificuldade encontrada para monitorar e controlar as modificações feitas com essa tecnologia, o *software* CAD não conseguiu minimizar o aparecimento de erros no projeto, que se mostram durante a fase de construção.

Conforme Checcucci (2014), a adoção do BIM introduz mudanças significativas nos processos e métodos de trabalho, promovendo inovações essenciais. A colaboração se torna crucial para estabelecer mecanismos de comunicação entre profissionais, definindo suas responsabilidades e especificando quais informações devem ser inseridas e extraídas do modelo. Além disso, a autora ressalta que a interoperabilidade é fundamental para resolver problemas relacionados à importação e exportação de dados, garantindo que o modelo possa ser acessado e modificado por diferentes softwares.

Smith e Tardif (2009), destacam que o BIM enfatiza a troca eficiente, confiável e acessível de informações entre todos os agentes envolvidos ao longo do ciclo de vida do edifício. O IFC (*Industry Foundation Classes*) é o formato de dados neutro mais avançado atualmente para essa troca eficiente, desenvolvido pelo consórcio *Building SMART International*. Seu objetivo é possibilitar a representação completa de uma edificação em um modelo numérico. No entanto, o IFC ainda não abrange todas as classes necessárias para representar todos os tipos de edificações, e a interoperabilidade continua sendo um desafio a ser superado no contexto do BIM (Manziona, 2013).

Segundo Sacks e Tribelski (2010), as informações são o combustível do projeto. Os projetistas utilizam e geram informações na forma de ideias, princípios, regras e habilidades, aplicadas para criar uma descrição abstrata, como um modelo BIM, que define como um edifício deve ser construído. De acordo com Manziona (2013), o conceito

de projeto como fluxo de informações foca na análise de como a informação circula dentro do processo de projeto, priorizando a redução do tempo gasto na gestão da informação e minimizando desperdícios.

Assim, um importante aspecto que será levado em conta nessa pesquisa são as interações entre *softwares*, aplicativos e dispositivos, a fim de que as informações BIM contidas no projeto arquitetônico não sejam perdidas nos processos de exportação e importação. Serão trabalhadas portas de conexão direta ou metodologias de visualização e alterações de modo a criar um fluxo de informações conexo e consistente.

2.3 Realidade Estendida (XR)

Na última década, a representação de ideias arquitetônicas ainda tem sido predominantemente realizada por meio de desenhos ortográficos 2D, como elevações, seções e plantas baixas, complementados por renderizações de modelos 3D digitais (Almeida; Bonaldo, 2023). Embora essas representações ofereçam precisão nas medidas e na definição dos materiais, elas são visualizadas apenas de forma bidimensional, seja em impressões ou em telas de computador, o que pode tornar o processo menos intuitivo. E mesmo com a adoção do BIM no desenvolvimento do projeto, a visualização tridimensional continua limitada a uma tela bidimensional.

Atualmente, a representação arquitetônica está sendo influenciada pelas tecnologias de Realidade Estendida (XR). Segundo Almeida e Bonaldo (2023), XR abrange dispositivos vestíveis e gráficos gerados por computador que permitem a criação de ambientes reais e virtuais interativos. Este termo inclui tecnologias como Realidade Aumentada (AR), Realidade Virtual (VR) e Realidade Mista (MR). Com modelos imersivos através da XR, alguns dos problemas existentes no processo de revisão de projetos podem ser resolvidos de maneira mais eficaz (Almeida; Bonaldo, 2023).

O objetivo da Realidade Virtual ou *Virtual Reality* (VR) é permitir uma pessoa experimentar e manipular o ambiente como se fosse o mundo real (Wolfartsberger, 2019). De acordo com esse autor, a VR é definida como “simulações eletrônicas de ambientes experimentados por meio de óculos montados na cabeça e roupas sensoriais permitindo ao usuário final interagir em situações tridimensionais realistas”.

A Realidade Aumentada ou *Augmented Reality* (AR) é uma sobreposição do conteúdo gerado por computador no mundo real que pode interagir com o ambiente em tempo real. Com a AR, não há oclusão entre o conteúdo gerado por computador e o conteúdo do mundo real. Na maioria dos casos, o conteúdo gerado por computador é visualizado em dispositivos móveis (Almeida; Bonaldo, 2023). A visualização consiste em combinação do vídeo da câmera real, aumentando os elementos, dados sensoriais (ou seja, imagem térmica), informações textuais recuperadas de bancos de dados BIM.

Silva et. al. (2020) discutem que ainda são percebidas poucas utilizações dessa ferramenta tecnológica em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico, apesar de existirem diversos textos sobre a eficiência da AR no ensino de projeto, além de disciplinas de projetos de interiores e restauração de edificações, o que oferece uma oportunidade de desenvolver pesquisas na área.

A Realidade Mista (RM) ou *Mixed Reality* (MR), de acordo com Almeida e Bonaldo (2023), é uma técnica de visualização que pode ser usada para melhorar a percepção visual da instalação sobrepondo objetos virtuais 3D e informações textuais na visão de objetos de construção do mundo real.

A XR pode ser compreendida como uma ampliação da capacidade sensorial humana, permitindo a visualização de informações adicionais à realidade (Lee, 2021). Diferentemente de modelos físicos, modelos virtuais podem ser exatos em qualquer escala, pois são gravados e carregados na forma digital, podendo ser automaticamente detalhados e analisados de maneiras que não são possíveis com modelos físicos em escala (Eastman et al., 2014).

Ademais, o uso de tecnologias XR na aprendizagem é respaldado pela teoria cognitiva de aprendizado multimídia de Mayer (2014). De acordo com essa teoria, a combinação de palavras e imagens é mais eficaz do que utilizar apenas palavras durante o processo de aprendizado. Isso se deve ao fato de que os canais auditivos e visuais, quando utilizados separadamente, têm uma capacidade limitada para processar informações. Essa teoria sugere que a integração de elementos visuais e verbais pode otimizar a compreensão e a retenção de informações durante o processo educacional.

De acordo com Kharvari e Kaiser (2022), uma abordagem educacional que se utilize de tecnologias XR permite que os estudantes vivenciem de forma imersiva os espaços que projetam, superando limitações relacionadas à compreensão dos efeitos de cor e escala na arquitetura. Ainda de acordo com os autores, essa abordagem pode ajudar os projetistas a incorporarem a experiência humana no processo de projeto, podendo promover projetos mais adequados às percepções dos usuários finais.

Contudo, é importante ressaltar que a eficácia da inserção da tecnologia no ensino de arquitetura está diretamente ligada à seleção criteriosa das ferramentas e à integração coesa com os objetivos pedagógicos. Ademais, a formação e capacitação dos professores para utilizar essas tecnologias de forma eficiente é crucial para o sucesso dessa abordagem (Valente, 2002; Vieira, 2011).

2.4 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com BIM

A abordagem utilizada na educação de projeto arquitetônico muitas vezes destaca uma dinâmica centrada no professor, dependendo principalmente de representações bidimensionais, conforme destacado por Hajirasouli e Banihashemi (2022). E assim, a capacidade de imaginação e compreensão espacial emerge como um desafio para os estudantes, representando também uma área de foco na educação em arquitetura que tem buscado introduzir inovações (Moleta, 2021).

O ensino de arquitetura frequentemente recorre a abordagens abstratas, exigindo dos alunos a visualização e criação de conceitos para os quais ainda não desenvolveram habilidades (Ferraz; Belhot, 2010). O desenvolvimento dessa capacidade de abstração e a aplicação de conhecimentos específicos de forma multidisciplinar devem ser planejados e estimulados durante a formação acadêmica (Belhot; Freitas; Vasconcellos, 2006).

A aquisição da habilidade de deduzir suposições precisas em um ambiente tridimensional, bem como interpretar e tomar decisões sobre forma, tamanho, volume, movimento e as relações entre objetos contextuais, além da capacidade de visualizar versões alteradas desses elementos, representa um desafio significativo nas pedagogias de ensino em ateliês de projeto (Nisha, 2019).

De acordo com Florio (2005), entende-se que não é suficiente ensinar técnicas de representação, sejam elas manuais ou computacionais, sem considerar como desenvolver as ações cognitivas em cada fase do processo de projeto. Além disso, o autor comenta que ensinar desenhos 2D e modelos 3D de forma desconectada do entendimento completo de suas funções comunicativas também não é adequado.

Salgado (2004) ressalta a importância de abordar a formação profissional em arquitetura, de modo a garantir que a prática desses profissionais esteja em sintonia com as demandas da sociedade e do ambiente em que trabalham. Essa integração das ferramentas digitais também promove a colaboração e a comunicação eficaz entre estudantes e professores, facilitando a troca de ideias e o feedback em tempo real. Ademais, essas tecnologias vem a complementar e não substituir, como destaca Leal (2018, p. 17):

Essas tecnologias passarão a ser o meio pelo qual os alunos compreenderão os conceitos ensinados nas disciplinas, sendo este último o principal foco da disciplina. Vale destacar que o uso de softwares nas aulas não tem o objetivo de ensinar os alunos a mexerem com os programas. A proposta é partir das potencialidades que essas ferramentas oferecem para auxiliar a aprendizagem

em sala de aula e, também, instigar os interessados a estudarem e aprofundarem seus estudos nesses softwares ou ferramentas.

Nesse contexto, o *World Economic Forum* (WEF) elaborou um documento chamado “*New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology*” que comenta que a tecnologia é vista como uma ferramenta que pode ser utilizada como complemento e extensão da aprendizagem, além de possibilitar uma experiência mais interativa (WEF, 2016). Conforme Vieira (2011), essas tecnologias, por si só, são apenas ferramentas; no entanto, quando utilizadas de forma adequada, podem contribuir para uma transformação significativa no processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com Pérez-Sánchez et al. (2017), nos últimos anos, a tecnologia BIM tem sido um avanço significativo no processo de projeto arquitetônico, permitindo a melhoria de um ambiente 3D com uma análise detalhada do processo de construção antes da conclusão do edifício real. E discutem que, paralelamente a essa evolução tecnológica, também ocorreram mudanças na forma de conceber o processo de construção, com a necessidade de se compreender todo o ciclo de vida do edifício para projetá-lo.

Nesse contexto, Florio (2005) aborda sobre a dificuldade constante de ensinar sobre construtibilidade nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, visto que as disciplinas estão muito atarefadas em ensinar a projetar. O autor explica que os alunos são estimulados a criar seus projetos sem efetivamente entender o método construtivo em detalhe, resultando em uma deficiência no processo de aprendizagem que impede uma visão abrangente do projeto e sua construção.

O paradigma BIM oferece um aprendizado integrador, no qual os elementos construtivos são progressivamente definidos e acompanhados em três dimensões. Florio (2005) destaca que, embora o aprendizado prático no canteiro de obras seja insubstituível e deve-se ser mais abordado em Arquitetura e Urbanismo, esse processo de construção virtual facilita a compreensão dos métodos construtivos e aproxima os estudantes da sequência de execução no canteiro de obras. Como destaca:

Ao contrário dos desenhos 2D e 3D, baseado em entidades e não em elementos construtivos, que contribuem para a falta de compreensão do sistema construtivo, o processo BIM melhora sensivelmente a visualização espacial do que está sendo concebido. Com isso, os graves erros na representação nos desenhos técnicos de arquitetura, decorrentes do fato dos alunos desconhecem a sequência de execução das ordens de serviço na obra, tendem a diminuir, pois os detalhes dos encaixes e montagens podem ser analisados de

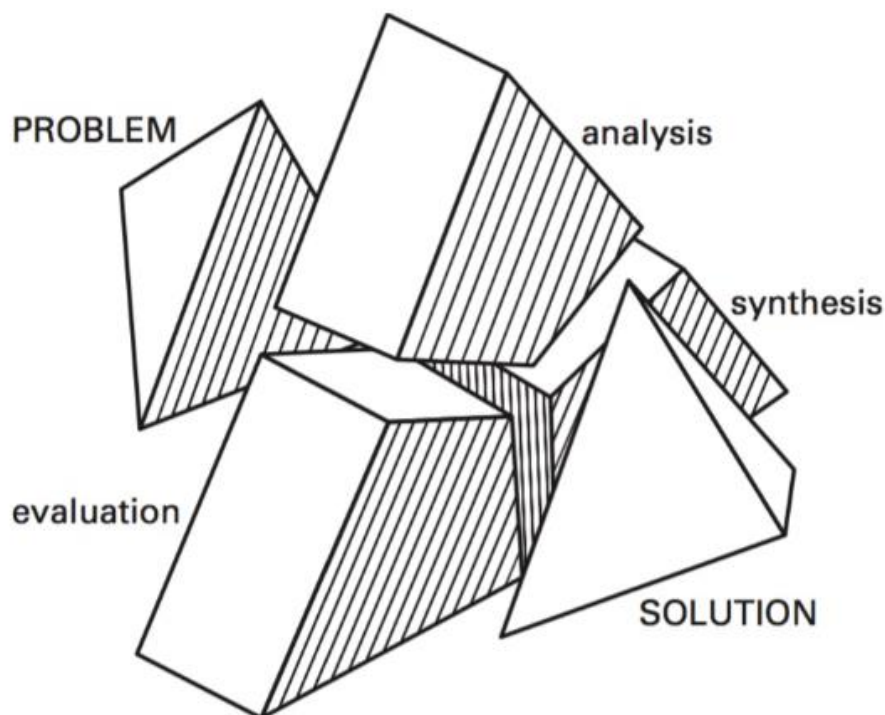
perto durante a modelagem. Assim, os desenhos abstratos, sem quaisquer vínculos com a realidade da construção, são substituídos por desenhos precisos e detalhados (Florio, 2005, p. 7).

Desse modo, o BIM no ensino de projeto arquitetônico se apresenta como uma importante ferramenta que vem a contribuir para a compreensão do projeto e seus elementos, bem como para fomentar o ensino/aprendizagem do processo de projeto e sua efetiva execução. De modo complementar, o uso do BIM nas etapas de concepção e desenvolvimento de projeto arquitetônico será abordado no presente trabalho para fomentar os estudos projetuais e as variedades de versões que poderão ser alcançadas ao longo do desenvolvimento dos projetos.

2.5 Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com XR

As tecnologias aplicadas no processo de projeto arquitetônico desempenham papéis distintos nas fases de análise, síntese e avaliação, oferecendo contribuições essenciais para a eficiência e qualidade do projeto. No modelo esquemático (Figura 5) proposto por Lawson (2005), é delineado um método de processo de projeto que não só enfatiza as etapas fundamentais do projeto, análise, síntese e avaliação, mas também sublinha a interdependência e a recursividade entre essas fases.

Figura 5: Modelo do processo de projeto segundo Lawson.



Fonte: Lawson (2005, p. 49).

O autor argumenta que tanto o problema quanto a solução surgem juntos a partir desse processo não linear e contínuo, criando assim um modelo sofisticado que dá fidelidade tanto ao processo de projeto quanto às habilidades necessárias dos designers. Nesse processo, Lawson (2005) explica que os designers percorrem diversas etapas fundamentais que contribuem para a compreensão e resolução de problemas, e nomeia as atividades fundamentais do processo de projeto de:

- Formulação
- Movimentação

- Representação
- Avaliação
- Reflexão

De acordo com Lawson (2005), na etapa de formulação, eles se empenham em compreender de maneira clara o problema de projeto em questão. Ao avançar para a etapa de movimentação, os designers desenvolvem ativamente ideias de solução, buscando refiná-las e consolidá-las no processo criativo. Em seguida, na fase de representação, os designers começam a materializar suas soluções ou ideias assim que as concebem. Neste contexto, a avaliação desempenha um papel crucial, ocorrendo de forma tanto subjetiva quanto objetiva. Os designers não apenas submetem seus projetos a uma análise crítica pessoal, mas também os avaliam sob critérios objetivos.

E por fim, a etapa de reflexão é central no processo de projeto, onde ocorrem duas formas principais de reflexão: na ação e sobre a ação. Durante essa fase, os alunos refletem profundamente sobre seus projetos, considerando princípios orientadores e precedentes. Este momento reflexivo contribui para a melhoria contínua do processo de projeto e aprimoramento das soluções propostas (Lawson, 2005).

Nesse contexto, Kharvari e Kaiser (2022) fazem uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre tecnologias XR aplicadas ao processo de projeto e usam esse modelo do Lawson para categorizar os resultados da pesquisa. Essa pesquisa abordou a análise de 119 artigos pertinentes. No desdobramento dessa investigação, foram examinados 21 artigos que ofereciam informações relevantes sobre a utilização das tecnologias de Realidade Virtual (VR), Realidade Aumentada (AR) e Realidade Mista (MR) no âmbito do estudo e sua correlação específica com a educação arquitetônica.

Essa pesquisa citada condensa em uma imagem os benefícios das tecnologias de realidade aumentada, realidade virtual e realidade mista encontrados na RSL e em qual etapa desse processo de projeto esses benefícios ou habilidades adquiridas mais se relacionam. Os quadros 02 e 03 a seguir, estruturam esse resultado para melhor compreensão.

Quadro 02: Benefícios VR relacionadas ao processo de projeto de Lawson.

Benefícios VR	Atividades fundamentais do processo de projeto				
	Formulação	Movimentação	Representação	Avaliação	Reflexão
Maior ênfase na etapa conceitual do projeto.	X				
Aprimorar a atividade de resolução de problemas.	X				
Alterar positivamente a maneira de pensar no projeto arquitetônico	X	X			
Promover pensamento crítico.	X	X			
Projetos alternativos.		X			
Alternativas de projeto.			X		
Incorporar a experiência do usuário final no processo de projeto.				X	
Produto Arquitetônico aprimorado.					X
Promover a reflexão sobre projeto.					X
Lembrança aprimorada.					X
Processo de adaptação de projeto aprimorado.		X	X		X
Boa aceitação entre os estudantes.	X	X	X	X	X
Percepção especial precisa.	X	X	X	X	X
Alta habilidade de rotação mental.	X	X	X	X	X
Motivação aumentada.	X	X	X	X	X
Aceitação de tecnologia para visualização.	X	X	X	X	X
Percepção especial aprimorada.	X	X	X	X	X
Experiência positiva.	X	X	X	X	X
Sensação de presença.	X	X	X	X	X
Processo de projeto melhorado.	X	X	X	X	X

Fonte: Adaptado de Kharvari e Kaiser (2022).

Quadro 03: Benefícios AR e MR relacionadas ao processo de projeto de Lawson.

Benefícios AR/MR	Atividades fundamentais do processo de projeto				
	Formulação	Movimentação	Representação	Avaliação	Reflexão
Pensar fora da caixa.		X			
Ser capaz de passar as ideias iniciais.		X			
Gerar vários conceitos.		X			
Aumento das habilidades espaciais em estudantes iniciantes.			X		
Capacidade de avaliar projetos.			X	X	
Melhoria no desempenho acadêmico.	X	X	X	X	X
Avaliação de projetos no local.	X	X	X	X	X
Viabilidade da integração de AR no ensino de arquitetura.	X	X	X	X	X
Aumento da motivação.	X	X	X	X	X
Maior habilidade de rotação mental.	X	X	X	X	X
Alta eficiência.	X	X	X	X	X

Fonte: Adaptado de Kharvari e Kaiser (2022).

Essa abordagem se revelou esclarecedora sobre o estado atual do uso de VR, AR e MR na educação arquitetônica, evidenciando as potencialidades que permeiam essa integração tecnológica no processo de ensino e aprendizagem.

E mesmo diante dos resultados positivos obtidos é importante ressaltar que, segundo as considerações de Kharvari e Kaiser neste estudo, há a recomendação para a condução de pesquisas mais aprofundadas, visando mensurar quantitativamente o impacto das tecnologias XR na educação arquitetônica. Essa necessidade de investigação mais detalhada sugere um compromisso com a obtenção de dados numéricos e uma compreensão mais precisa sobre o alcance dessas tecnologias no contexto educacional, proporcionando uma base para futuras implementações e aprimoramentos no campo da educação arquitetônica.

2.6 Integração entre BIM e XR

A XR o BIM têm desempenhado papéis significativos na transformação digital da arquitetura, engenharia e construção (AEC) (Khan; Panuwatwanich; Usanavasin, 2023). Segundo Estrina e Hui (2020), a comunicação de formas espaciais complexas representa um desafio quando se depende exclusivamente de meios verbais e visuais. As tecnologias XR oferecem recursos que potencializam o aprendizado e a prática, permitindo simulações, visualizações tridimensionais e interatividade. Succar, Saleeb e Sher (2016) destacam que o uso de modelos BIM proporciona volumetrias com informações que podem ser utilizadas em simulações de VR e AR com efetividade.

As aplicações dessas tecnologias estão cada vez mais presentes em várias etapas do desenvolvimento de projetos, proporcionando novas formas de simulação e interação com espaços físicos e virtuais. No trabalho de Nisha (2019) por exemplo, ferramentas como a Realidade Virtual (VR) são usadas para criar ambientes imersivos em 3D, permitindo que arquitetos e estudantes visualizem projetos arquitetônicos e urbanos em escala real antes de serem construídos. Essa imersão, viabilizada por modelos BIM, oferece uma compreensão mais aprofundada de aspectos como escala, proporção e contexto, como destacado pela autora.

Além da visualização imersiva, os Ambientes Virtuais Imersivos (IVE) como abordados por Sopher, Fisher e Kalay (2019) têm sido utilizados nas aulas de ateliê de arquitetura para sessões de críticas de projetos, onde estudantes apresentam seus trabalhos e recebem feedback em passeios virtuais em tamanho real. No entanto, essa abordagem estava limitada às etapas de apresentação, não abrangendo completamente o processo de projeto.

Por sua vez, a Realidade Aumentada (AR) vem sendo explorada como uma ferramenta para a visualização e comunicação de propostas de projeto. No trabalho de Fonseca *et. al.* (2016) a integração do BIM com AR permite sobrepor modelos virtuais de projetos sobre ambientes físicos, facilitando a interação com a comunidade e especialistas durante a fase de feedback de um projeto urbano. Os autores apresentam que essa aplicação promove um engajamento mais direto das partes interessadas, aumentando a clareza das propostas e fortalecendo a participação pública nos processos de projeto urbano.

Aziz, Nawawi e Ariff (2016) destacam que o BIM com VR tem sido cada vez mais adotado na gestão de instalações devido à sua capacidade de representar informações "as-

built" no trabalho de manutenção. Complementando, Wang et al. (2013) afirmam que a AR tem grande potencial para facilitar essas tarefas de manutenção.

Segundo Khan, Panuwatwanich e Usanavasin (2023), a AR tem sido utilizada durante a construção para controle de qualidade, verificando a conformidade dos elementos recém-construídos com o modelo BIM, o que permite identificar rapidamente áreas que precisam de tecnologias mais precisas de captura de realidade. Para o gerenciamento de construção, Alizadehsalehi e Yitmen (2021) desenvolveram uma estrutura que integra BIM, tecnologias de captura de realidade e XR para automatizar o monitoramento do progresso da construção, gerando dados, relatórios e visualizações em tempo real.

Dunston e Wang (2011) acrescentam que a visualização de processos de construção em ambientes virtuais, utilizando PCs desktop, tornou-se comum para simular processos e operações de equipamentos. Esquemas focados em segurança e trabalho colaborativo suportado por computador também têm sido desenvolvidos, como apontado por Hadikusumo e Rowlinson (2002). Essas iniciativas têm sido impulsionadas pela capacidade de visualizar e simular dinamicamente processos de projeto, considerando tanto o ambiente quanto os recursos, o que se torna uma importante ferramenta para o planejamento de operações de construção.

Righi (2009) enfatiza que as ferramentas digitais passaram a ser integradas no processo de construção e planejamento, tornando-se parte no cotidiano dos profissionais da área. Assim, a adoção dessas inovações tecnológicas no setor AEC não apenas melhora a eficiência operacional, mas também facilita a visualização e o gerenciamento de informações complexas em tempo real.

Apesar dos avanços proporcionados pela integração de XR e BIM, há desafios importantes a serem superados. Muitos dos estudos que exploram essas tecnologias informam sobre a dificuldade de controles experimentais rigorosos, baseando suas conclusões principalmente em dados qualitativos e percepções dos usuários (Fonseca et al, 2016; Nisha, 2019 e Darwish; Kamel; Assem, 2023). Além disso, esses autores abordam que poucos são os softwares e aplicativos que levam o fluxo de informação de modo constante por toda a experiência e a curva de aprendizado associada ao uso de ferramentas XR, tem sido apontada como um obstáculo (Darwish; Kamel; Assem, 2023). Isso sugere a necessidade de interfaces mais intuitivas, maior integração sem necessidade de exportação de arquivos e maior suporte ao aprendizado para maximizar os benefícios dessas tecnologias no processo de projeto e na educação.

3 METODOLOGIA

O enquadramento metodológico desta pesquisa é mista quanto a natureza dos dados, sendo quali-quantitativa. Quanto ao objetivo, esta pesquisa é prescritiva pois visa sistematizar o uso de tecnologias de realidades estendidas prescrevendo um modelo de aplicação. Quanto à lógica, esta pesquisa é dedutiva pois parte da premissa que as tecnologias de realidade estendidas auxiliam o processo de projeto arquitetônico, mas busca-se saber como. E quanto aos resultados, esta pesquisa é aplicada devido a sua intensa relação com as ações práticas no contexto de sala de aula. Em função da abordagem e do caráter exploratório, o trabalho foi realizado através do método de Pesquisa-Ação, melhor explicado no tópico 3.1.

3.1 Pesquisa-Ação

A pesquisa-ação é definida como toda tentativa continuada, sistemática e empiricamente fundamentada de aprimorar a prática (Tripp, 2005). A escolha é uma consequência da perspectiva interventora social da abordagem. Um pesquisador de ação torna-se parte do estudo e interpreta o significado intersubjetivo das observações.

De acordo com Baskerville e Wood-Harper (1996), o ambiente propício para a condução da pesquisa-ação é caracterizado por um contexto social que satisfaz três determinadas condições. Em primeiro lugar, é essencial que o pesquisador esteja profundamente envolvido no cenário, resultando em benefícios tangíveis tanto para o pesquisador quanto para a organização em questão. Em segundo lugar, o conhecimento adquirido deve ser de aplicação imediata; neste contexto, o pesquisador não se percebe como um observador distante, mas sim como um participante ativo, empregando novos conhecimentos com base em um arcabouço conceitual explícito. Em terceiro lugar, a pesquisa-ação é concebida como um processo, tipicamente cíclico, que estabelece uma ligação vital entre teoria e prática.

De acordo com Tripp (2005), esse é um método que segue ciclos na qual busca esse aprimoramento da prática na oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito da mesma. O autor não discrimina a quantidade de ciclos necessários para se alcançar o objetivo trabalhado, mas explicita que em cada um desses ciclos devem ocorrer as quatro fases do ciclo básico da pesquisa-ação: **planejar, agir, descrever e avaliar**.

Desse modo, essa pesquisa é organizada em três ciclos principais: **Explorar, Descrever e Prescrever**, cada um abrangendo as quatro fases da pesquisa-ação, pois para Tripp (2005) a pesquisa-ação é um processo corrente, repetitivo, no qual o que se alcança em cada ciclo fornece o ponto de partida para mais melhora no seguinte.

Assim, a figura 6 abaixo evidencia como essa dissertação se propôs a organizar o conjunto dos três ciclos principais da pesquisa (Explorar, Descrever e Prescrever) com as quatro fases do ciclo básico da pesquisa-ação (planejar, agir, descrever e avaliar):

Figura 6: Demonstração do conjunto dos ciclos da pesquisa.



Fonte: Autora.

Nesse processo, de acordo com Susman e Evered (1978), o pesquisador realiza um diagnóstico preliminar para a pesquisa e então inicia o ciclo. Planeja ações com base nesse diagnóstico, implementa e avalia essas ações de mudança. Após uma intervenção de mudança, o pesquisador reflete sobre os resultados da intervenção e toma uma decisão explícita sobre avançar por meio de um ciclo adicional de mudança.

Apesar de a pesquisa-ação não abordar necessariamente a criação de artefatos ao final de seus ciclos, este trabalho teve produtos que precisam ser apresentados. Esses produtos foram organizados de acordo com a sistematização de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), onde organizam modelos, métodos e instâncias como artefatos fundamentais de acordo com os conceitos de March e Smith (1995).

Os autores destacam que um modelo é uma representação que abrange as variáveis de um sistema e suas inter-relações, fornecendo uma visão tanto das partes constituintes

quanto das conexões entre elas. Eles ressaltam que, embora um modelo possa não capturar todos os detalhes da realidade, é essencial que ele capture sua estrutura geral para garantir sua utilidade na resolução de problemas práticos.

Quanto aos métodos, March e Smith (1995) os definem como conjuntos de passos necessários para a realização de uma tarefa específica. Esses métodos podem ser vinculados aos modelos, e suas etapas podem fazer uso de elementos do modelo como parte integrante do processo. Destaca-se que os métodos desempenham um papel fundamental tanto na construção quanto na representação das necessidades de melhoria de um sistema.

Por fim, a instanciação é descrita como a execução do artefato em seu ambiente real. Nesse contexto, a operacionalização visa demonstrar a viabilidade e a eficácia dos artefatos desenvolvidos. Os autores enfatizam que a instanciação consiste em um conjunto coerente de regras que guiam a utilização dos artefatos em um ambiente específico, considerando fatores como contexto organizacional, econômico e cultural.

Desse modo, organizou-se o quadro 04 com o resumo dos conceitos abordados acima, seus respectivos artefatos e os produtos desenvolvidos nessa pesquisa.

Quadro 04: Resumo dos conceitos e seus produtos na pesquisa.

ARTEFATOS	RESUMO DOS CONCEITOS	PRODUTO FINAL
MODELO	Uma representação da realidade que expressa as relações entre os elementos de um sistema. O foco principal está na utilidade do modelo, não necessariamente em sua precisão absoluta.	MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO (FLUXO)
MÉTODO	Consiste em um conjunto de passos necessários para realizar uma tarefa específica. Os métodos podem estar relacionados aos modelos e favorecem a construção e a representação das necessidades de melhoria de um sistema.	GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO (DOCUMENTO)
INSTANCIAÇÃO	Refere-se à execução de um artefato em seu ambiente real. As instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos artefatos construídos e orientam sua utilização em contextos específicos considerando seus diversos fatores.	EXPERIÊNCIAS DIDÁTICAS (PLANOS DE AÇÃO)

Fonte: Autora (2022).

Os produtos finais resultantes dessa pesquisa serão melhor compreendidos no próximo item que detalha a metodologia de cada ciclo, seus planejamentos, ações, descrições e avaliações, para que cada resultado seja um ponto de partida para o ciclo posterior e, conseqüentemente, o avanço de toda a pesquisa.

3.2 Aplicação

Unindo a Modelagem da Informação na Arquitetura com programas BIM e o uso sistemático de tecnologias de Realidade Estendida (XR), a pesquisa é aplicada em um período de três semestres do curso de graduação em arquitetura e urbanismo da Universidade Federal do Ceará. Os dois primeiros ciclos com presença constante em sala de aula durante todo os dois semestres e no terceiro ciclo encontros pontuais com os professores.

O primeiro ciclo, Explorar, foi aplicado com uma turma de 26 alunos do terceiro semestre da graduação, em uma disciplina obrigatória, com apresentação de resultados principalmente qualitativos. Aprimorando a pesquisa e investigando a respeito dela, o segundo ciclo, Descrever, foi aplicado em uma disciplina optativa com uma turma de 10 pessoas, com alunos do quinto, sétimo e oitavo semestre, com resultados qualitativos e quantitativos.

E em seguida, incorporando o processo de melhora sob o ciclo anterior, o terceiro ciclo, Prescrever, foi aplicado em um grupo de professores com a intenção de validar a sistematização criada para o uso de tecnologias de realidades estendidas, associadas ao modelo de informação da edificação, no ensino do processo de projeto arquitetônico nas etapas de concepção e desenvolvimento. É importante ressaltar que foi estruturado um protótipo do modelo de integração de tecnologias XR e suas aplicações no ensino de projeto arquitetônico já no primeiro ciclo e nos ciclos seguintes foi-se validando e aperfeiçoando-o.

Como resultado, sistematizou-se um modelo que utiliza efetivamente BIM e tecnologias XR no processo de ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico focado na concepção e no desenvolvimento, transmitindo o conteúdo programático utilizado nos semestres anteriores, mas com a proposição de uma nova linguagem de projeto mais próxima das concepções espaciais factuais.

Cada ciclo possui seu planejamento próprio, ações específicas, as descrições e suas avaliações que dão base para o aprimoramento do ciclo seguinte. Por isso, subdivide-se abaixo a metodologia de cada ciclo.

3.2.1 Metodologia do ciclo 1

Com o objetivo de introduzir e explorar as tecnologias de Realidade Estendida (XR) no processo educacional de projeto arquitetônico, esse ciclo envolveu o estudo de

equipamentos, softwares e aplicações XR para planejamento e implementação dessas tecnologias em sala de aula. Sua aplicação ocorreu em uma disciplina de 64h/aula, denominada Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador (DAAC) com os alunos do terceiro semestre do curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo.

Na fase de planejamento desse ciclo, foi realizado um workshop com 22 alunos e 5 professores, onde foram apresentados e explorados diversos softwares e aplicativos de realidade aumentada e virtual que poderiam ser usados nas disciplinas. Desse workshop, foram estabelecidos os 5 planos de ação que seriam usados em DAAC, com o objetivo de aprofundar a exploração dessas tecnologias XR no processo educacional de projeto arquitetônico durante a disciplina.

Os planos de ação são estratégias detalhadas e organizadas que delineiam as etapas e atividades necessárias para alcançar um objetivo específico. Eles incluem a definição clara do objetivo, as ações a serem tomadas, os responsáveis por cada ação, os prazos para a conclusão e os recursos necessários. Os planos de ação são comumente utilizados em diversos contextos, como empresas, projetos educacionais e pessoais, para orientar e direcionar esforços de forma eficaz em direção a um resultado desejado. No contexto da pesquisa os planos de ação são essenciais para organizar as atividades de toda a disciplina.

Cada Plano de Ação foi criado com base nessa estrutura: “Para o ensino de [CONTEÚDO OU PRÁTICA ESPECÍFICOS], em [TEMA OU DISCIPLINA], procura-se facilitar a aprendizagem de [PÚBLICO-ALVO], ao buscar [OBJETIVO] através de [MEIO]. Tal processo pode ser iniciado [ETAPA DO PROJETO] e tem como pré-requisito [RESTRIÇÕES].” Essa estrutura foi criada por Borges (2022), adaptando o método 5W2H, utilizado no mapeamento e padronização de processos. O método, que significa em inglês: Why (Por quê?), What (O que?), Where (Onde?), When (Quando?), Who (Quem?), How (Como?) e How Much (Quanto custa?), foi de grande relevância para padronizar as atividades que cada equipe ou disciplina iria trabalhar.

Na fase de implementação (agir), esses planos de ação foram colocados em prática na sala de aula com todos os 26 alunos. Decidiu-se não empregar grupos de controle devido a considerações éticas e pedagógicas. Retirar uma tecnologia que mostra benefícios promissores de determinados alunos poderia criar desigualdades e potencialmente prejudicar seu desenvolvimento educacional. Posteriormente, na fase de descrição, um protótipo do modelo para integrar as tecnologias de Realidade Estendida e suas aplicações no ensino de projeto arquitetônico foi estruturado, com a intenção de ser replicável.

Nessa etapa, os dados foram coletados diretamente durante a aplicação dos planos de ação em sala de aula. Usando instrumentos como smartphones para gravação de voz, vídeo e fotografia, e laptop para gravação de tela com captura de imagem da visualização da imersão, coletamos dados importantes para a pesquisa. Esses dados foram posteriormente categorizados e organizados para identificar padrões e relações com os benefícios do uso da XR.

Finalmente, na fase de avaliação, o método de Análise de Conteúdo (Bardin, 2016) foi utilizado para análise dos dados qualitativos coletados durante as aplicações de XR no curso. Esses dados foram obtidos gravando as interações dos alunos com o equipamento por meio de gravações de vídeo e áudio, que foram posteriormente transcritas, categorizadas e comparadas com os benefícios da RV e RA apresentados por Kharvari e Kaiser (2022) e com a prototipagem rápida estudada por Chua, Leong e Lim (2010).

Deve-se ainda esclarecer que esse trabalho aborda tecnologias na arquitetura, com foco em realidade estendida e BIM. Entretanto, ao longo do processo, percebeu-se o potencial de incorporação de outras TICs, como a Prototipagem Rápida (PR). Por isso, esta última também é avaliada como atividade ou ferramenta a ser inserida no processo de projeto mesmo tendo ela como produto um objeto físico.

3.2.2 Metodologia do ciclo 2

Neste ciclo, foi aplicado o modelo proposto no ciclo anterior para integrar as tecnologias de Realidade Estendida e suas aplicações no ensino de projeto arquitetônico em uma outra disciplina. Isso ocorreu a fim de verificar sua aplicação em uma outra disciplina e avaliar se os benefícios identificados no ciclo 1 eram consequência da utilização das tecnologias XR.

A aplicação do ciclo 2 ocorreu em uma disciplina optativa de 64h/aula, denominada Tópicos Avançados de Percepção e Representação (TAPR) com 10 alunos do 5º ao 8º período do curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará. Foram concebidas e implementadas duas ferramentas fundamentais para monitorar o progresso e desenvolvimento dos alunos ao longo da disciplina, no contexto da aplicação do modelo destinado à integração das tecnologias de Realidade Estendida e suas aplicações no ensino de projeto arquitetônico: o roteiro para o Relatório (Apêndice A) e o Formulário (Apêndice B).

O Roteiro para o Relatório foi estruturado com o propósito de possibilitar que os alunos documentassem as mudanças de estado que ocorressem entre as aulas, proporcionando uma metodologia para registrar a evolução do trabalho ao longo do tempo. Nesse roteiro, foi discriminado as categorias em que os alunos registrariam suas alterações:

- a. Ambientes (Zonas)
- b. Vedação (Paredes e fechamentos)
- c. Esquadrias (Janelas e portas)
- d. Materiais (Texturas e cores)
- e. Mobiliário (Móveis e fixos)
- f. Estrutura (Viga e pilar)
- g. Outros

Cada categoria representa um parâmetro específico do ambiente construído e do processo de projeto, permitindo uma análise detalhada, organizada e quantitativa das mudanças ocorridas. As categorias utilizadas nesta disciplina do ciclo 2 foram definidas com base nas experiências observadas durante o ciclo 1, identificando os aspectos mais significativos de alteração no processo de projeto em sala de aula.

Portando, nesse ciclo houve análises qualitativas e quantitativas. O método de Análise de Conteúdo (Bardin, 2016) foi utilizado para avaliar a eficácia dos dados qualitativos coletados nos relatórios das duplas sobre as alterações de estados do projeto e as aplicações de XR nesse processo. E para análise quantitativa foi utilizado o método de Estatística Descritiva (Fisher; Yates, 1990) com ênfase na distribuição de frequência para avaliar os resultados apresentados pelos alunos nos formulários.

3.2.3 Metodologia do ciclo 3

Este ciclo é dedicado à sistematização das diretrizes de aplicação do modelo criado até então, com o objetivo de prescrever o modelo finalizado de implementação das tecnologias XR nas disciplinas de projeto arquitetônico no curso de Arquitetura e Urbanismo. Para isso, foi elaborado um guia que contém o passo a passo de conexão, sincronização, organização e utilização dos softwares e equipamentos utilizados nas experiências. Por isso tem-se como produtos desse terceiro ciclo:

- **Modelo de Implementação:** como a estrutura maior de incorporação das tecnologias XR no ensino de projeto arquitetônico.
- **Guia de Implementação:** como parte integrante do Modelo de Implementação e consiste em um conjunto de diretrizes com o passo a passo para os professores e monitores, orientando-os sobre como utilizar os equipamentos e softwares necessários para as atividades práticas usando as XR nas disciplinas de projeto.

Esse guia é apresentado em formato de caderno/cartilha dividido em partes teóricas, como glossário e fundamentação, e em partes práticas, como experiências didáticas e principais intercorrências. Esse guia foi submetido à avaliação de 6 professores que ministram disciplinas no curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo, independentemente de sua familiaridade com as tecnologias XR.

Primeiro houve a discussão do Guia de Implementação com três professores simultaneamente em formato de Grupo Focal, e posteriormente houve três reuniões individuais com outros três professores que não conseguiram se fazer presentes no momento do grupo focal.

Esses quatro momentos ocorreram com o mesmo objetivo em comum: entender a utilidade e aplicabilidade do Guia de Implementação de Tecnologias XR nas disciplinas de projeto arquitetônico. Esses encontros foram organizados de modo a ouvir as percepções dos professores para compreender como esse guia pode ajudar efetivamente em sala de aula ou onde o mesmo pode ser aprimorado para alcançar sua finalidade.

As discussões foram registradas por meio de gravação de áudio e anotações em tempo real, para posterior transcrição e análise. A análise foi feita por meio da técnica de análise de conteúdo, permitindo a identificação de padrões, temas recorrentes e insights sobre a utilidade e aplicabilidade do guia. Além disso, ao final de cada reunião foi aplicado um questionário quantitativo, onde os professores atribuíram notas de 1 a 5 para os quesitos de utilidade e aplicabilidade do guia, com o objetivo de complementar os dados qualitativos.

Houve também a utilização da matriz SWOT/FOFA como metodologia de análise qualitativa para ajudar a identificar pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças do guia em questão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresenta-se uma descrição da execução prática da metodologia proposta. Cada seção é delineada para guiar através dos três ciclos distintos: Explorar, Descrever e Prescrever.

Ao abordar o ciclo, Explorar, são discutidos o planejamento detalhado das funcionalidades, experimentações iniciais e identificação de potencialidades e restrições do uso dessas tecnologias no ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico. A seção subsequente, dedicada ao ciclo Descrever, detalha as ações realizadas, incluindo o registro das experiências, metodologias empregadas e a análise dos resultados obtidos, qualitativos e quantitativos.

No último ciclo, Prescrever, é apresentado como o protótipo foi refinado e testado com um grupo de professores. O relato abrange desde o planejamento inicial até a execução prática, destacando os resultados obtidos e as alterações propostas para futuras aplicações.

Em cada etapa, são aprofundados os processos metodológicos, abordando os desafios enfrentados e as adaptações realizadas. Este capítulo serve como um guia, enriquecendo a compreensão sobre a dinâmica prática da pesquisa, ao mesmo tempo em que apresenta os resultados e as discussões.

4.1 Ciclo 1 - Explorar

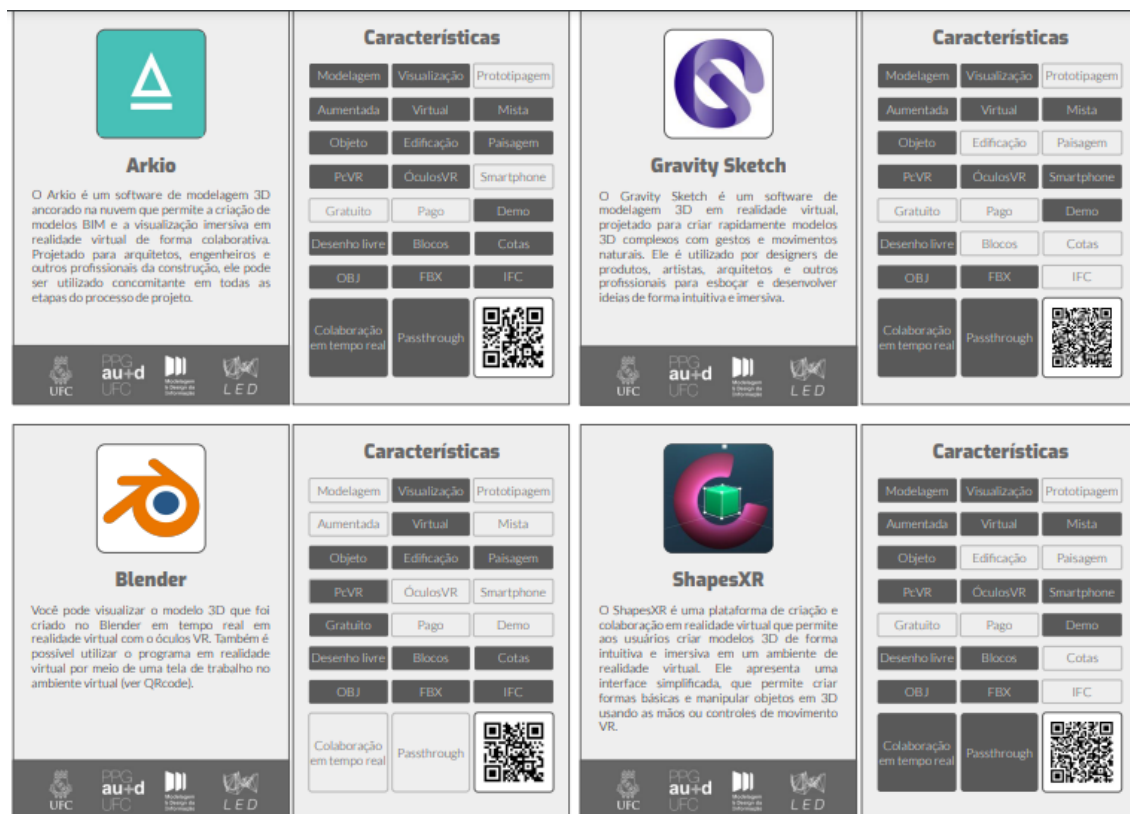
O primeiro ciclo foi dedicado a levantar funcionalidades, experimentar aplicações e identificar potencialidades e restrições das tecnologias de Realidade Estendida (XR), como Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). Essas aplicações foram realizadas na disciplina de Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador (DAAC), com alunos do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo.

4.1.1 Planejar

Para planejar a integração das tecnologias de Realidade Estendida (XR) no ensino do projeto arquitetônico, desenvolvemos um *workshop* denominado “Planejamento de implementação de Realidades Estendidas no ensino de Arquitetura, Urbanismo e Design” na Universidade Federal do Ceará. Como atividade inicial do *workshop*, foi proposta uma exploração dos programas e *softwares* possíveis de serem usados em sala de aula. Para isso, criou-se antecipadamente cartões (figura 7) que apresentavam algumas

características principais dos programas e *softwares* abordados para iniciar a parte de levantar funcionalidades e explorar aplicações.

Figura 7: Cartões de apresentação dos programas.



Fonte: Autora, 2023.

Esses cartões foram feitos pela autora desta pesquisa juntamente com outra mestranda do programa que também estava integrada na equipe de organização do workshop. Foram feitos 14 cartões, com cada um dos seguintes programas: Arkio, Blender, Calcflow, Enscape, Gravity Sketch, Geogebra, Kodon, Quill, Shapelab, ShapesXR, TiltBrush, VR Model Viewer, Unit Reflect e Twinmotion. Esses softwares foram escolhidos através de revisão da literatura que relacionava arquitetura e aplicativos de realidade estendida, juntamente com pesquisa aberta sobre novos programas e softwares que estão sendo usados no campo de arquitetura, urbanismo, construção ou com a criação de desenhos, formas, quadrantes de estudo, visualização ou análise de dados. Os cartões criados estão na íntegra no Apêndice E desse trabalho.

Nesses cartões continha, na frente, nome, logo e uma pequena apresentação do programa. Já na parte de trás, havia suas características divididas nas categorias: Etapa, Realidade, Escala, Equipamentos, Acessibilidade, Ferramentas, Exportação (cada uma

com três opções) e Extras (com duas opções). Quando estivesse em cinza claro, o programa não continha essa funcionalidade, mas se aparecia em cinza escuro significa que essa característica é presente no programa. Além disso, havia também um *QR Code* no canto inferior de cada cartão que levava para um vídeo, tutorial ou apresentação mais completa do programa.

Esses cartões foram entregues fisicamente aos participantes do workshop que se dividiram em grupos (figura 8) de disciplinas com conteúdos aproximados para aprofundar as discussões com a finalidade de criar planos de ação a serem colocados em prática em sala de aula no mesmo semestre.

Figura 8: A. Apresentação das tecnologias de realidade estendida e dos cartões.

B. Divisão de grupos com alunos e professores.



Fonte: Autora, 2023.

Como resultado do workshop, foram propostos 27 planos de ação para disciplinas do curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo, e também do curso de graduação de Design, com tópicos alinhados, objetivos, ferramentas e fases do projeto, visando aprimorar a aprendizagem dos alunos.

A disciplina de Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador (DAAC) é uma disciplina comumente ofertada no terceiro semestre do curso de arquitetura e urbanismo da UFC, momento no qual os alunos terão pela primeira vez o contato com uma disciplina de projeto arquitetônico na prática. Em DAAC é a primeira disciplina em que os alunos vão projetar utilizando a metodologia BIM e por isso as aulas são orientadas ao ensino de projeto juntamente com a compreensão espacial do projeto, com explicações sobre o uso do software escolhido para a disciplina e compreensão do volume formal junto com a funcionalidade interna do projeto.

No contexto dessa disciplina, foram criados 5 Planos de Ação em que as tecnologias de realidade estendida e novos meios digitais fossem inseridos no processo de projeto arquitetônico na medida em que fossem sendo necessários para cada etapa do andamento do projeto, o conteúdo abordado e a aprendizagem proposta. Cada Plano de ação foi criado com base nessa estrutura:

“Para o ensino de [CONTEÚDO OU PRÁTICA ESPECÍFICOS], em [TEMA OU DISCIPLINA], procura-se facilitar a aprendizagem de [PÚBLICO-ALVO], ao buscar [OBJETIVO] através de [MEIO]. Tal processo pode ser iniciado [ETAPA DO PROJETO] e tem como pré-requisito [RESTRIÇÕES].”

Para facilitar a compreensão dos 5 planos de ação, foi criado um quadro unificado (quadro 05) que organiza cada conteúdo:

Quadro 05: Planos de Ação para Integrar Tecnologias de Realidade Estendida no Ensino de Projeto Arquitetônico.

Planos de ação	1	2	3	4	5
Conteúdo ou Prática Específicos	Concepção de volumetria escultural que atenda ao programa	Estratégias arquitetônicas com superfícies opacas e transparentes	Conforto térmico e incidência solar e seus impactos no edifício	Definição do layout interno do edifício	Compreensão tátil do projeto criado
Tema ou Disciplina	Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador				
Público-Alvo	Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo				
Objetivo	Propor uma avaliação qualitativa do espaço proposto como solução.	Conduzir a seleção de texturas e materiais para as fachadas propostas.	Desenvolver estudos quantitativos para avaliar o espaço proposto com base em dados.	Avaliar as estratégias arquitetônicas e suas implicações para o usuário final.	Materialização da solução final para compreensão tátil em uma escala de 1/100.
Meio	Dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (OculusRift S + Twinmotion + ArchiCAD)	Dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (OculusRift S + Twinmotion + ArchiCAD)	Software de modelagem algorítmica e dispositivos de realidade aumentada (Rhinoceros + Grasshopper + Fologram + ArchiCAD)	Dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Enscape + ArchiCAD)	Dispositivos de prototipagem rápida (impressora 3D + Ultimaker Cura + ArchiCAD)
Etapas do projeto	Na concepção de formas volumétricas	Na concepção do edifício	Na concepção do edifício	No desenvolvimento do edifício	Na materialização do edifício
Restrições	As formas iniciais definidas	O edifício modelado com pisos e paredes	O edifício modelado com suas primeiras aberturas	Edifício com layout interno básico	O edifício totalmente modelado

Fonte: Autora, 2023.

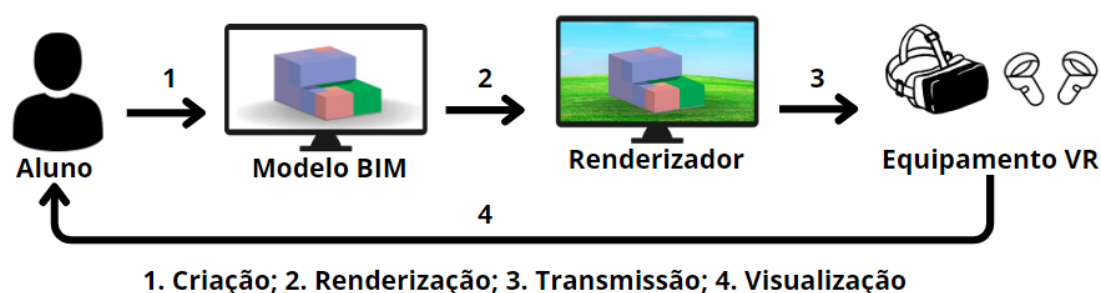
O plano consistia em apresentar o conteúdo do curso de maneira tradicional complementado com experiências imersivas para auxiliar nas diferentes necessidades de cada fase do projeto. Para validar o modelo, os planos de ação foram implementados em um curso de 64 horas com 26 alunos.

4.1.2 Agir

A primeira ação visou promover uma avaliação qualitativa do espaço proposto pelo aluno. Foi aplicada com 14 estudantes. O projeto proposto era uma solução formal/volumétrica que atendesse ao programa funcional de um estúdio, com pelo menos 2 quartos, permanecendo dentro do limite de custo final de R\$120.000,00. Os alunos foram introduzidos à Modelagem da Informação da Construção (BIM) usando o software Archicad e utilizaram a ferramenta Zona para relacionar volumetria e custo. Na Figura 9 abaixo apresenta-se o fluxo de informação que foi utilizado nessa experiência didática.

Inicialmente, o estudante elabora os volumes arquitetônicos utilizando um modelador BIM, neste caso o Archicad. Posteriormente, essa modelagem é renderizada em um software de visualização, como o Twinmotion que gera imagens mais realistas. Essas imagens são então transmitidas em 360° para o equipamento de realidade virtual, proporcionando ao estudante uma visualização imersiva do seu projeto.

Figura 9: Fluxo do primeiro plano de ação.



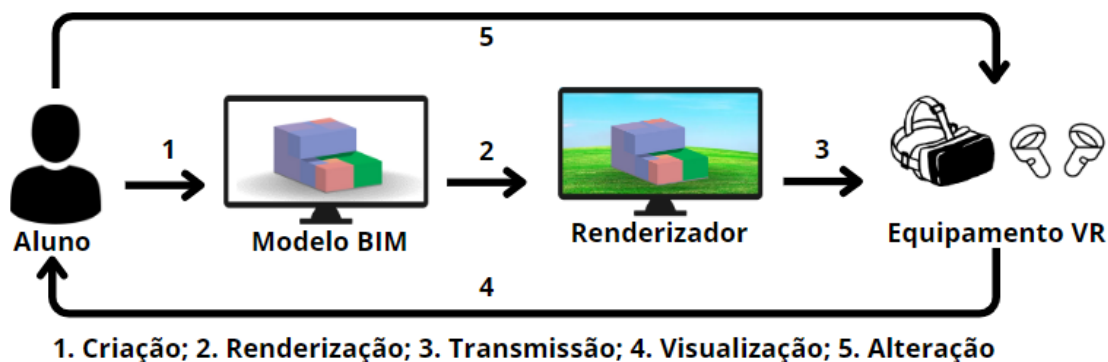
Fonte: Autora.

É importante destacar que nesse fluxo não há exportação de arquivos. Todas as informações BIM são mantidas dentro do modelador e as demais interações são de visualização do que está criado. Essa atividade é direcionada para que o aluno tenha compreensão espacial sobre seus primeiros volumes de projeto, não deixando para ter essa percepção apenas com o projeto já mais avançado. A Figura 14A mostra o aluno utilizando equipamento de realidade virtual (RV) para uma visão imersiva durante as fases iniciais de um projeto, focando em seu conceito e volume.

A segunda ação ocorreu após o ensino dos conteúdos de piso, parede, teto e terreno. Nesta experiência, os alunos puderam tomar decisões de projeto dentro da realidade virtual ao alterar as texturas das fachadas do edifício (Figura 10). Neste caso, a

tecnologia VR ajudou na concepção do projeto, não apenas para visualização, como na etapa anterior.

Figura 10: Fluxo do segundo plano de ação.



Fonte: Autora.

Nessa segunda experiência didática os alunos conseguiam fazer alterações de materiais e texturas nas superfícies dos volumes criados. Essa atividade era focada no estudo de sólidos e vazios, bem como no impacto dos volumes com suas texturas. Dessa forma o software de renderização utilizado foi de grande ajuda pois ele que permitia que no equipamento VR aparecesse as esferas texturizadas para as escolhas de materiais. Com isso os alunos puderam testar cores, transparências e acabamentos diferentes para o seu projeto e compreender seu impacto em tamanho real.

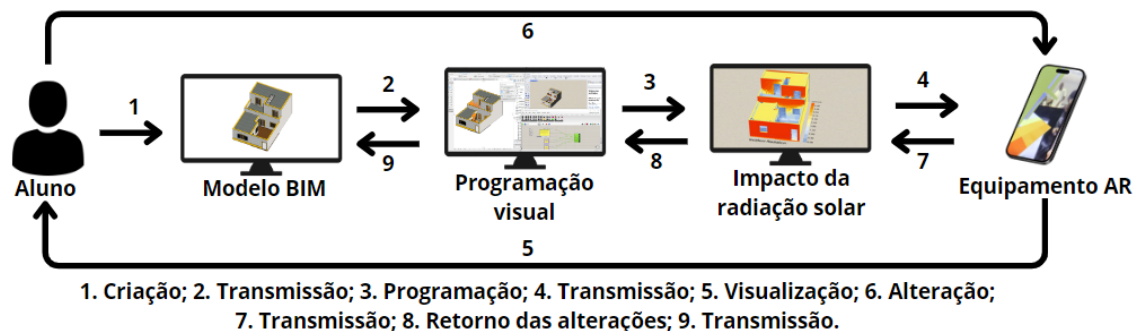
Na Figura 14B, outro aluno está utilizando o mesmo equipamento mostrado na Figura 14A. No entanto, neste caso, a interface exibe várias esferas texturizadas e coloridas que os alunos podem selecionar e incorporar em seus projetos dentro do ambiente de realidade virtual.

Após essa ação, os alunos tiveram que desenvolver uma atividade na qual deveriam aprimorar o edifício com um estudo de orientação baseado em ventilação e insolação (Figura 11) usando o Rhinoceros, um software de modelagem algorítmica, com o Grasshopper, um plugin de linguagem de programação visual.

Nessa atividade o fluxo de informação não só foi organizado para facilitar a visualização do modelo criado, como também para o retorno das informações de possíveis alterações que possam ter sido feitas diante do uso do equipamento de realidade aumentada. Ou seja, a informação BIM foi passada do modelo BIM para o Rhinoceros, onde junto com o Grasshopper e o Ladybug foi possível realizar testes com a rosa dos ventos, o percurso do sol e a rosa da radiação para verificar o impacto da radiação solar e

da ventilação na região e mais especificamente no projeto futuramente implantando em seu real local de construção. Nesse software foi colocado um plugin para o aplicativo Fologram que permitia a visualização e alteração de até três variáveis, desde que relacionadas aos toggles do Grasshopper. As características desses toggles eram variáveis dependendo do projeto, como por exemplo, uma dupla utilizou os toggles de rotação e quantidade de elementos ao decidir a posição do brise de proteção da varanda, verificando a melhor alternativa para sombreamento e visibilidade.

Figura 11: Fluxo do terceiro plano de ação.



Fonte: Autora.

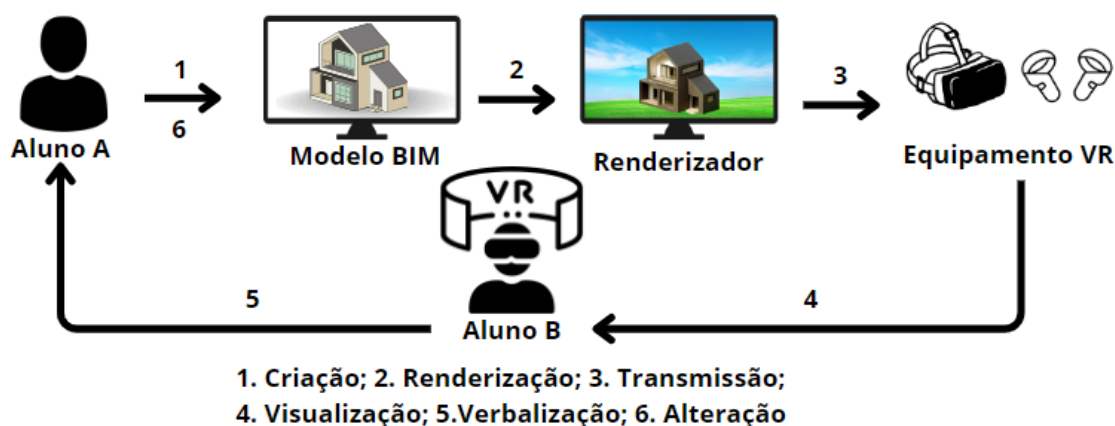
Com isso, qualquer alteração que fosse feita com o uso dos toggles no smartphone, seria transmitido para o Grasshopper, em consequência para o Rhinnoceros e em consequência para o modelo BIM no Archicad, gerando assim um fluxo de informação circular em toda a atividade. Na Figura 14C, um aluno está utilizando a realidade aumentada em um smartphone para visualizar o impacto da insolação em seu edifício. Com essa tecnologia, é possível visualizar os arredores do edifício, dar zoom in e out e até mesmo entrar nele para uma análise mais abrangente do projeto de diferentes perspectivas.

Após essa terceira experiência didática, ainda havia a barreira de se projetar dentro do ambiente virtual, completamente imerso, criando o projeto de dentro do VR para fora. A quarta experiência foi realizada de modo a alcançar uma possibilidade de se conseguir fazer alterações projetuais BIM de dentro da realidade virtual.

A quarta experiência tem como objetivo avaliar estratégias arquitetônicas e suas consequências para o usuário final, permitindo que cada aluno experimente e modifique o layout na realidade virtual, tomando decisões de projeto a partir da perspectiva do usuário. No entanto, um sistema tecnológico que permitisse isso sem perder a conexão BIM ou alterações em tempo real dentro do modelo ainda não havia sido encontrado.

Portanto, os alunos foram organizados em duplas para definir o layout interno do edifício, onde um aluno imerso na realidade virtual (Aluno B) emitia comandos de voz ao colega (Aluno A), que realizava as alterações no BIM no seu projeto com o Archicad, alterações essas refletidas em tempo real ao equipamento VR por meio do software de renderização Enscape (Figura 12).

Figura 12: Fluxo do quarto plano de ação.



Fonte: Autora.

Desse modo, foi possível realizar alterações no modelo BIM ao mesmo tempo em que o aluno está imerso em seu projeto ainda em desenvolvimento. Toda a turma pôde realizar a atividade e tomar decisões de projeto imersos na realidade virtual e integrados com o projeto BIM (Figura 14D).

A experiência final foi a materialização envolvendo um workshop de prototipagem rápida, focado em instruir os participantes na preparação do arquivo BIM para impressão 3D e supervisionar eficientemente o processo de impressão do edifício. Nesse fluxo (figura 13) foi a primeira vez que houve exportação de arquivos. Do modelo BIM para o programa Ultimaker Cura, que faz o a leitura do arquivo em camadas sobrepostas chamadas de fatiamento, foi exportado o arquivo em .STL. A partir desse fatiamento é que pode ser levado para a impressora 3D para a efetiva materialização do modelo físico do seu projeto. Nessa atividade foi usado a escala de 1/50.

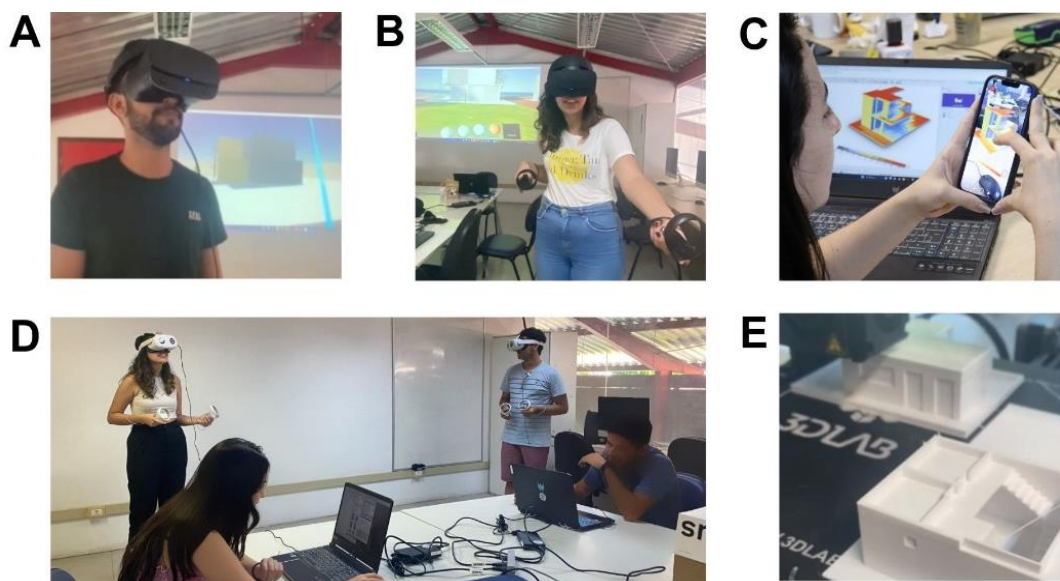
Figura 13: Fluxo do quinto plano de ação.



Fonte: Autora.

Nessa experiência didática os alunos aprenderam passo a passo como simplificar o modelo BIM para evitar problemas de impressão, como paredes muito finas ou preenchimentos excessivos de filamento. Para otimizar o processo, as impressões foram agrupadas, permitindo a impressão de duas casas por vez (Figura 14E). Essa experiência de materialização permitiu que os alunos vivenciassem o processo de transformar seus projetos virtuais em objetos físicos, proporcionando uma compreensão mais profunda das decisões de projeto, compreensão tátil e das possibilidades de materialização digital na arquitetura.

Figura 14: A. Estudante avaliando suas propostas iniciais em RV; B. Estudante fazendo escolhas de projeto dentro da RV; C. Estudante visualizando o impacto da insolação em seu edifício em RA; D. Alunos tomando decisões de projeto e realizando alterações no BIM em RV; E. Máquina de impressão 3D produzindo os projetos para um exercício de compreensão tátil.



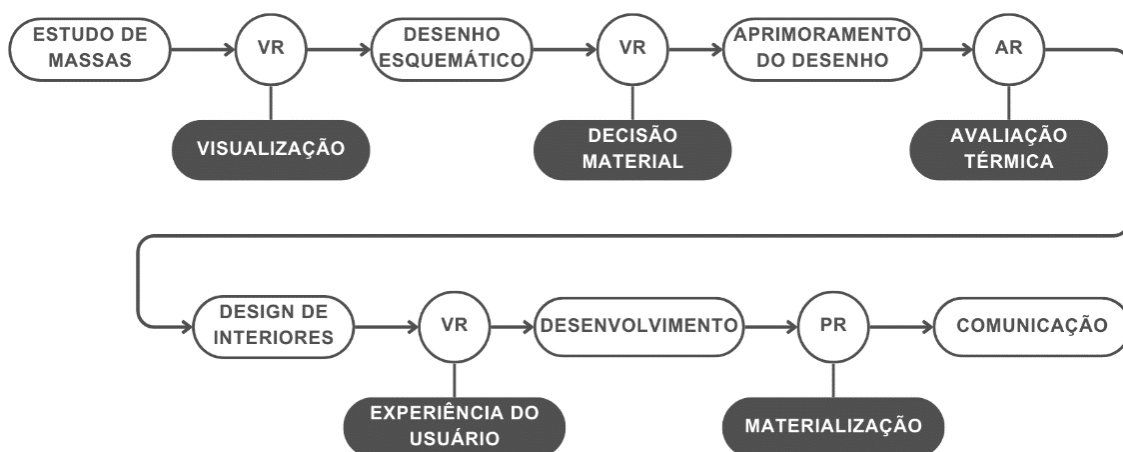
Fonte: Autora, 2023.

As cinco ações mencionadas representaram a execução dos planos de ação estabelecidos no início deste ciclo. Como enfatizado por Tripp (2005), após a implementação dessas ações, é crucial proceder com a descrição conjunta dessas etapas, consolidando e sistematizando o processo, o que permitirá a avaliação posteriormente.

4.1.3 Descrever

Com a implementação dos cinco planos de ação, foi possível estruturar o protótipo do modelo para a implementação das tecnologias de realidade estendida e suas aplicações no processo de ensino de projeto arquitetônico. A Figura 15 ilustra o Modelo de Implementação criado nesse primeiro ciclo, começando com o estudo de massa. Mesmo nas fases iniciais do processo de projeto, a imersão em realidade virtual permite uma exploração visual da representação em escala real dessas formas. Posteriormente, com o projeto um pouco mais refinado, ocorre outra imersão em realidade virtual para tomar decisões sobre materiais e texturas dentro do ambiente tridimensional. Após esta etapa, inicia-se a 'materialização de esquemas', denotando a fase em que os conceitos e esquemas iniciais começam a tomar formas mais tangíveis. Agora, a avaliação em realidade aumentada torna-se imperativa, focando em uma análise crítica de aberturas e insolação, envolvendo suas soluções conceituais.

Figura 15: Protótipo 01 do Modelo de Implementação.



Fonte: Autora, 2023.

Em seguida, ocorre o desenvolvimento do design de interiores, onde a entrada na realidade virtual permite modificações no Modelagem da Informação da Construção

(BIM) dentro da experiência imersiva, proporcionando uma experiência crítica do usuário no ambiente tridimensional. Após esse refinamento, o processo avança para a prototipagem rápida para a materialização do modelo definido, auxiliando na compreensão tátil. Em seguida, passa para a fase de comunicação, que inclui a preparação de desenhos finais, especificações e outros documentos necessários que, no futuro com a evolução da tecnologia, poderiam ser comunicados *bit to bit*.

Faz-se necessário descrever também o fluxo da informação nos procedimentos abordados. Na primeira atividade, a integração entre o ArchiCAD e o Twinmotion foi contínua e sem perdas de informação. Os modelos tridimensionais do ArchiCAD foram conectados diretamente ao Twinmotion através do Direct Link, permitindo que qualquer alteração feita no ArchiCAD fosse automaticamente atualizada no Twinmotion. Isso proporcionou uma visualização do projeto em tempo real no Twinmotion, acessível através do OculusRift S, garantindo a preservação e atualização contínua das informações do projeto.

Já na segunda atividade, as alterações de materiais e texturas feitas no Twinmotion foram apenas para decisões projetuais durante a imersão, sem alterar o modelo BIM original. Na terceira atividade, a importação direta das informações de paredes e pisos foi realizada através de pilhas no Rhinoceros e Grasshopper conectadas com o ArchiCAD. O uso do plugin Fologram no Rhinoceros permitiu visualizar no Smartphone as alterações feitas com as atividades de insolação e ventilação, garantindo que até três modificações (no modo gratuito) feitas no Fologram também se refletissem no Rhinoceros e, conseqüentemente, no ArchiCAD.

Na quarta atividade, o Oculus Quest 2 foi utilizado para simular a experiência do usuário final em um ambiente construído no ArchiCAD e visualizado no Enscape. Apesar de não ser possível realizar alterações projetuais dentro do Enscape que fossem refletidas no projeto BIM, a organização dos alunos em duplas permitiu que as alterações solicitadas verbalmente durante a imersão fossem feitas no ArchiCAD, mantendo o arquivo sem exportação, preservando suas informações BIM e fazendo alterações projetuais a partir da visualização imersiva.

E por fim, na quinta aplicação, houve a exportação do arquivo final em ArchiCAD para um arquivo .STL para ser lido por uma impressora 3D através do Ultimaker Cura para fatiamento e impressão de modelos físicos. Apesar de não precisar haver transferência de informações da impressora para o ArchiCAD, todas as informações do modelo necessárias para a impressão foram preservadas e enviadas no processo.

Isso forma uma sequência, não necessariamente ordenada, de análise, síntese, avaliação e tomada de decisão em cada estágio para continuar o processo de projeto e passar do problema para a solução em cada desafio. No quadro 06, descreve-se os recursos utilizados nos planos de ação apresentados. Isso inclui uma análise das ferramentas tecnológicas, aplicativos de software e materiais utilizados para facilitar a execução de cada ação. Cada recurso foi selecionado de acordo com os objetivos específicos e requisitos da fase correspondente, garantindo uma implementação coesa e eficaz.

Quadro 06: Recursos Utilizados nos Planos de Ação.

Plano de ação	Equipamento	Tecnologia	Software de Modelagem BIM	Software Complementar
1 2	Laptop Gamer* + Oculus Rift S	VR	ArchiCAD 26	Twinmotion 2023
3	Laptop** + Smartphone	AR		Rhinoceros 7 + Fologram 2020.3.21
4	Laptop Gamer* + Oculus Quest 2	VR		Enscape 3.5
5	Laptop** + Impressora 3D	PR		Ultimaker Cura 5.4

*Laptop Gamer: Tela de 15,6 polegadas, processador Intel Core i7, armazenamento de 512GB, 16GB de memória e placa gráfica RTX 3070 com 8GB.

**Laptop: Tela de 15,6 polegadas, processador Intel Core i5, armazenamento de 1000GB e 8GB de memória.

Fonte: Autora, 2023.

Portanto, essa etapa fornece uma sistematização inicial de como as realidades estendidas e outros meios digitais podem ser integrados ao ensino do processo de projeto, revolucionando a forma como se projeta, representa e ensina-se arquitetura, contribuindo assim para o avanço contínuo da representação de projeto.

4.1.4 Avaliar

Para avaliar as contribuições potenciais do modelo proposto para o ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico nas fases de concepção e desenvolvimento, foi realizada uma análise comparativa. As vantagens delineadas no estudo de Kharvari e Kaiser (2022) sobre a integração de realidade virtual e aumentada no ensino de projeto arquitetônico foram contrastadas com o feedback obtido dos alunos ao longo das ações

de 1 a 4. Utilizando o método qualitativo de Análise de Conteúdo, todos os 22 benefícios identificados por Kharvari e Kaiser foram observados e validados. Desta forma, o Quadro 07 destaca as categorias de benefícios identificadas com mais frequência nesta pesquisa.

Quadro 07: Quadro de Benefícios e Citações de Experiências de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA).

BenefíciosVR	Exemplo/Citação
Alta capacidade de rotação mental	“A entrada da minha casa é do outro lado, espera, vou para lá para você ver.”
Produto de projeto melhorado	“A escala é completamente diferente, e então você começa a perceber se um espaço é suficiente para uma ação ou não.”
Percepções espacial aprimorada	“É porque com RV, sinto que tenho uma melhor noção de escala. Acho que ao ver o tamanho de uma pessoa como se fosse na vida real, você realmente pode ter uma noção disso.”
Mais foco na etapa conceitual do projeto	“Ah, não projetou tanto assim. Podemos mover esse bloco um pouco mais para lá, e também ficará bom. Agora, não tenho certeza se devo colocar a entrada aqui ou deste lado... olhando para isso, acho que aqui é melhor afinal.”
Processo de adaptação de projeto aprimorado	“Eu havia planejado alguns espaços, que na minha mente seriam ótimos, mas quando vi na experiência imersiva, na verdade era muito pequeno, e não havia como encaixar as escadas.”
Experiência positiva	“Muito fácil. Adorei. Achei incrível. Visualizar em RV é 100% diferente de apenas mover as coisas no computador.”
Promovendo o pensamento crítico	“Vou criar uma abertura aqui que não estava lá antes, vou mover a mesa para cá porque vi na RV que ela se encaixa. Depois de subir as escadas, percebi que precisava remover aquela parte da laje ali, caso contrário, uma pessoa não conseguiria passar.”
Benefícios AR	Exemplo/Citação
Compreensão Espacial Aprimorada	“Este lado é o lado ensolarado, daí o amarelo. Do outro lado, que é azul, é onde é mais fresco na casa, onde ficam os quartos.”
Efeitos Emocionais	“Eu não estava familiarizado com isso, e é muito interessante porque posso andar mais, tenho mais liberdade com o smartphone.”
Benefícios para Visualização Arquitetônica	“Você consegue ver muito melhor ao andar do que no computador.”

Fonte: Autora, 2023.

Além disso, o método de Análise de Conteúdo foi utilizado para documentar e analisar as limitações identificadas durante as ações de 1 a 4. Os resultados foram

utilizados para compilar o Quadro 08, com a intenção de promover avanços em futuras pesquisas e tecnologias.

Quadro 08: Quadro de Restrições e Citações de Experiências de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA).

Restrições VR	Exemplo/Citação
Desorientação e tontura	“Estou com gastura, meio que ficando tonta. Me dá uma cadeira, por favor”
Necessidade de adaptação e aprendizado inicial	“Meu deus, eu ‘tô’ me batendo em tudo. Eita, to dentro da parede. Ahh, como sai daqui? Pronto, deu certo.”
Peso do equipamento	“E também porque os óculos é pesado ai eu fiquei com dor de cabeça”
Cabo/fio do equipamento	“A proposta no início.. ai meu deus, tô com medo de enrolar o fio aqui”
Necessidade de processamento elevado	“Ficou tudo preto agora.. apareceu, mas agora está tremendo a imagem”
Ausência de alterações BIM dentro do VR	“Essa Janela não dá mais certo nesse lugar, posso apagar ela aqui?”
Restrições AR	Exemplo/Citação
Tontura	“Ai pronto, fiquei tonta. Fiquei prestando atenção no fundo e na casa, ai me atrapalho”
Necessidade de aprendizado inicial	“Como é que eu viro aqui? Eu tô virando é de cabeça pra baixo.”

Fonte: Autora, 2023.

A Ação 5 implementou a definição de Chua, Leong e Lim (2010) sobre os papéis dos protótipos rápidos no processo de projeto, incluindo experimentação, teste, comunicação, síntese e planejamento. No modelo proposto, a prototipagem rápida foi principalmente usada para comunicação e interação, permitindo que os alunos tenham uma compreensão tátil do projeto criado e possam interagir com seus projetos.

Além disso, também foi usada para síntese e integração, reunindo todos os edifícios prototipados na mesma "vila" física, como foi feito virtualmente na ação 4. Como restrição, o tempo de impressão e o acabamento fino que precisa ser feito no final são aspectos que podem ser aprimorados com o avanço da tecnologia. Assim, a prototipagem rápida, por meio da impressão 3D com filamentos de PLA, mostrou-se uma ferramenta valiosa no processo de compreensão, síntese e avaliação da proposta

arquitetônica desenvolvida pelos alunos.

4.1.5 Discussão dos resultados do Ciclo 1

Com base nos resultados obtidos neste ciclo, fica evidente que o modelo proposto oferece contribuições significativas para o ensino do processo de projeto arquitetônico, abrangendo tanto a prática quanto a teoria. O uso de tecnologias de realidade estendida demonstrou benefícios concretos, especialmente na visualização e compreensão espacial pelos alunos. A exploração imersiva e interativa dos projetos estimulou a motivação dos alunos, resultando em maior engajamento e interesse no processo de criação arquitetônica.

A integração de tecnologias de realidade virtual, desde as fases iniciais de concepção até as modificações no BIM dentro de experiências imersivas, juntamente com a prototipagem rápida e a visualização em realidade aumentada, não apenas enfatizou a eficácia das tecnologias existentes, mas também demonstrou sua integração com as disciplinas de projeto estabelecidas nos cursos de arquitetura e urbanismo. Essa abordagem sistemática integrou educação e tecnologia, capacitando os alunos com ferramentas para aprimorar a percepção espacial, o pensamento crítico e a motivação centrada no usuário para o projeto final.

Do ciclo 1 para o ciclo 2 ficam os aprendizados sobre o uso dos equipamentos disponíveis, a relação entre esses equipamentos e os softwares utilizados, a conexão entre softwares, lembrando sempre da importância de manter as informações BIM atualizadas e sem perder com exportações nesse processo. Além disso, a importância de planejar cuidadosamente as ações, a forma de condução das atividades e principalmente o método de coleta dos dados e dos resultados para que possam ser qualificados e também quantificados, algo que não foi possível nesse ciclo 1.

Para o ciclo seguinte fica o desafio de aprimorar o modelo proposto suprimindo as restrições encontradas nesse primeiro ciclo. Algumas limitações, como o peso do equipamento, a necessidade de processamento elevado e o uso de cabos ou fios, não poderão ser resolvidas em primeiro momento devido às limitações da tecnologia disponível. No entanto, as restrições relacionadas à necessidade de aprendizado inicial, desorientação e tontura, podem ser avaliadas ao longo do tempo considerando a familiaridade dos alunos com os equipamentos, podendo reduzir esses problemas e melhorar a eficácia do modelo de implementação.

4.2 Ciclo 2 - Descrever

O segundo ciclo foi dedicado a sistematizar aplicações e listar diretrizes. Nesse ciclo foi aplicado o modelo proposto no ciclo anterior para integrar as tecnologias de Realidade Estendida (XR) no ensino de projeto arquitetônico em uma disciplina optativa chamada Tópicos Avançados de Projeto e Representação (TAPR) na Universidade Federal do Ceará com 10 alunos do 5º ao 8º período. O objetivo era verificar se os benefícios identificados no ciclo anterior eram resultado da utilização das tecnologias XR.

A disciplina de TAPR na UFC é uma disciplina que pode ser alterada a cada semestre com certa facilidade. Por ter uma abordagem abrangente sobre “tópicos avançados” existe uma liberdade pedagógica na mesma que faz com que seja uma disciplina aberta a novas experimentações. A partir disso, o professor de TAPR desse semestre decidiu aplicar tecnologias de realidade estendida no processo de projeto para que pudessemos observar as alterações projetuais feitas a partir do uso dessas tecnologias.

Nesse ciclo, houve a implementação de um relatório aula a aula para que os alunos pudessem registrar suas alterações entre o estado anterior e o atual referente ao seu projeto e às tecnologias aplicadas. Além disso, foi criado e implementado também um formulário como uma forma de documentar e quantificar as alterações de estados que ocorreram no período entre um módulo e outro, principalmente com relação aos impactos das imersões no processo de decisão projetual, sendo um módulo um conjunto de aulas referente a transição de etapas da disciplina: 1. Proposição; 2. Ambientação; 3. Desempenho; e 4. Desenvolvimento.

Foram realizadas análises qualitativas e quantitativas. A Análise de Conteúdo e a Análise Gráfica Comparativa foram utilizadas para avaliar os dados qualitativos dos relatórios das duplas sobre as alterações nos projetos e o uso das XR. Já a Estatística Descritiva, com ênfase na distribuição de frequência, foi utilizada para analisar os resultados coletados nos formulários.

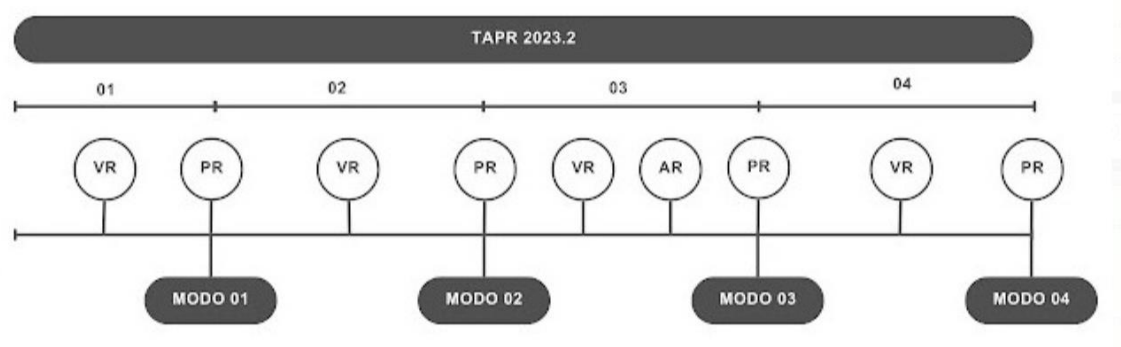
4.2.1 Planejar

Primeiro houve a organização do cronograma da própria disciplina e a organização de alguns nomes que balizaram os trabalhos seguintes e suas etapas.

- i. Módulos: a disciplina foi dividida em 4 MÓDULOS (Proposição; Ambientação; Desempenho e Desenvolvimento) com 4 aulas cada um.
- ii. Modo: Cada módulo seria finalizado com a concretização de um estado final que foi chamado de MODO.
- iii. Estado: Em cada aula seria registrado as alterações de ESTADO no processo de decisão projetual.

Na figura 16, delinea-se a estrutura da disciplina com base no protótipo do modelo concebido no Ciclo 1. Nela são identificadas as designações VR, AR e PR que correspondem, respectivamente, a realidade virtual, realidade aumentada e prototipagem rápida. A presença dessas siglas na figura denota os momentos nos quais essas tecnologias seriam incorporadas na disciplina.

Figura 16: Organização dos módulos da disciplina com aplicação das tecnologias XR.



Fonte: Autora.

As ferramentas desenvolvidas para monitorar o progresso dos alunos na disciplina de integração das tecnologias XR no ensino de projeto arquitetônico foram cuidadosamente planejadas para fornecer uma estrutura clara e abrangente. O Roteiro para o Relatório, por exemplo, foi projetado para permitir que os alunos documentem de forma sistemática e organizada as mudanças que ocorrem em seus projetos ao longo do tempo.

Com o roteiro, os alunos puderam registrar alterações em diversas categorias que abrangem diferentes aspectos do projeto arquitetônico, como Ambientes (Zonas), Vedação (Paredes e fechamentos), Esquadrias (Janelas e portas), Materiais (Texturas e cores), Mobiliário (Móveis e fixos), Estrutura (Viga e pilar) e Outros. Essas categorias representam facetas específicas do ambiente construído e do processo de projeto, o que permite uma análise detalhada e organizada das mudanças realizadas.

O objetivo desse roteiro é não apenas permitir que os alunos registrem suas alterações, mas também proporcionar uma maneira eficaz de acompanhar a evolução do projeto ao longo do tempo. Ao registrar as mudanças em categorias específicas, pode-se analisar melhor o impacto dessas alterações no projeto como um todo e refletir sobre as decisões tomadas durante o processo de projeto.

Logo, o relatório (Apêndice A) assume um papel fundamental no acompanhamento temporal do projeto arquitetônico desenvolvido pelas duplas, fornecendo um registro detalhado das mudanças e tomadas de decisões ao longo do projeto. Este documento não apenas mapeia a evolução sequencial das aulas, mas também evidencia a integração da teoria, a prática arquitetônica e a aplicação de novas ferramentas digitais nesse contexto, conferindo-lhe um papel importante como ferramenta de referência para análise qualitativa.

O formulário (Apêndice B) segue o mesmo princípio, porém cria um registro quantitativo sobre essas mudanças de projeto e sua relação com as tecnologias aplicadas. Diferente do relatório criado pelos alunos aula a aula, o formulário foi aplicado 4 vezes na disciplina, registrando as alterações de estado que ocorreram no projeto de cada dupla em cada MODO.

No formulário, a primeira pergunta é para identificação da dupla, em seguida uma pergunta para estabelecer o período de tempo abordado relativo ao MODO, depois o número de imersões que foram realizadas durante esse período e as perguntas 4 a 10 são estruturadas em um formato semelhante entre elas, buscando identificar se houve alterações nas categorias especificadas no relatório devido às imersões. Cada pergunta sobre as categorias tem opções "Sim" ou "Não", seguidas por uma oportunidade para descrever as alterações, caso tenham ocorrido. E a pergunta 10 fornece espaço para comentários gerais ou observações sobre o MODO como um todo, possibilitando uma reflexão mais ampla sobre o processo ou resultados obtidos. O formulário completo consta ao final desse trabalho como ANEXO 1.

4.2.2 Agir

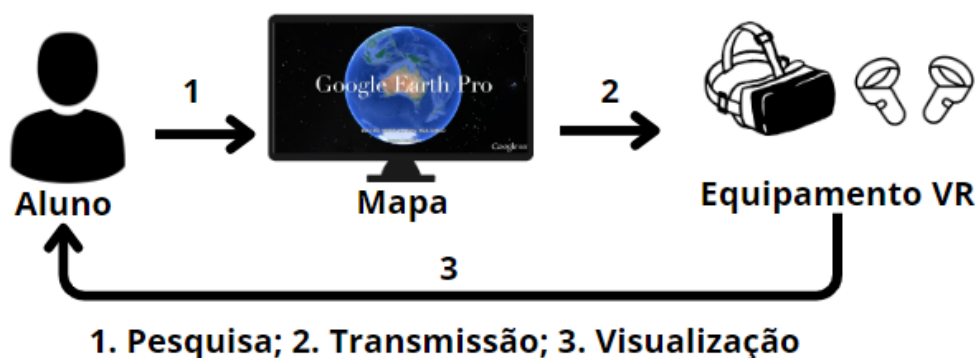
De acordo com as atividades fundamentais do processo de projeto desenvolvido por Lawson (2005), a primeira ação é com relação a Formulação. A etapa de formulação refere-se à capacidade de compreender e delinear o problema. Este processo é essencialmente equivalente à atividade de análise no modelo básico. Dado que o problema está intrinsecamente ligado ao seu ambiente, a formulação demanda uma compreensão

profunda do contexto em que ele surge. Desse modo, o primeiro passo foi a compreensão da problemática.

No contexto da discussão sobre a personalização de habitações em série, embasada na leitura do livro “Personalizar a habitação em série: uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza” de José Pinto Duarte (2007), a primeira ação consistiu na imersão utilizando tecnologia de Realidade Virtual (VR) na Vila Malagueira que fica em Lisboa, Portugal, proporcionando aos alunos a sensação de explorar o espaço e vivenciar a problemática de maneira simulada.

Utilizando VR em conjunto com o Google Earth Pro (figura 17), os alunos puderam observar as cores, os padrões construtivos e as modificações realizadas pelas famílias nas áreas externas das casas ao longo dos anos.

Figura 17: Fluxo da experiência didática de análise do entorno virtualmente.



Fonte: Autora.

Nessa experiência didática os alunos precisavam apenas fazer a pesquisa do endereço da Vila Malagueira diretamente no Google Earth Pro no computador, para em seguida selecionar a visualização em 360° daquele endereço e visualizar através do equipamento de realidade virtual. Essa experiência (figura 18) envolveu caminhar virtualmente pelas ruas da vila, mesmo estando fisicamente em Fortaleza-CE, Brasil.

Figura 18: Visita técnica virtual na Vila Malagueira - Portugal.



Fonte: Autora.

Em seguida, os alunos foram divididos em duplas e apresentados às tipologias de Duarte (2007), onde ele aplicou a gramática da forma na análise de plantas projetadas por Álvaro Siza para um conjunto habitacional em que o arquiteto buscava atender às demandas de cada família, porém dentro de uma lógica subjacente. Desse modo, cada dupla ficou com uma tipologia para se basear e desenvolver um projeto arquitetônico dentro da Vila Malagueira.

Assim adentrou-se a segunda atividade fundamental, Movimentação, que implica movimento de projeto e abrange a progressão desde a compreensão inicial de um problema até a geração de ideias e soluções (Lawson, 2005). Nessa etapa, foi deixado à disposição dos alunos os equipamentos de realidade virtual e aumentada para que pudessem usar livremente em todas as aulas (figura 19). As tecnologias XR foram utilizadas frequentemente, e esses usos e seus resultados estão melhor explicados na seção 4.2.4 Avaliar deste capítulo.

Figura 19: Uso dos equipamentos de realidade virtual e aumentada pelos alunos por livre demanda.



Fonte: Autora.

É importante notar que o projeto não segue uma abordagem linear, e a compreensão completa do problema nem sempre é um requisito para criar possíveis soluções. Em última análise, como argumentou Karl Popper (2005), as soluções que são descartadas ou não bem-sucedidas muitas vezes contribuem para a clareza da compreensão do problema.

Diante de situações incertas, os projetistas são desafiados a utilizar suas imaginações para conceber soluções criativas (Tyler, 2014) e utilizar as tecnologias como um facilitador na hora de dar agilidade à criação de uma solução e, em seguida, ainda maior celeridade ao modificar ou criar semelhantes com pequenas divergências para apreciar o melhor conjunto de soluções para sua demanda.

Em seguida chegamos na fase de Representação. Representar significa mostrar como um problema se relaciona com sua solução, usando formas como linguagem, modelos ou desenhos (Lawson, 2005). Essas representações visuais ajudam os designers a esclarecerem o entendimento do problema e da solução. No design colaborativo, que é o caso das duplas, as representações visuais também são úteis para garantir que todas as partes envolvidas compreendam a situação da mesma forma. Além disso, essas representações ajudam a comunicar a ideia geral do projeto para o professor da disciplina.

Desse modo, além da representação em 2D e 3D que os alunos já estavam fazendo em um programa de modelagem arquitetônica BIM - Archicad, foi desenvolvido também as impressões 3D das volumetrias criadas até o momento. Mesmo sem ter uma definição bem-acabada do projeto arquitetônico, essa abordagem tecnológica ajuda na compreensão do projeto enquanto objeto, que ainda vai ser aperfeiçoado, mas que pode ser melhor compreendido e então modificado para alcançar melhores soluções para as problemáticas abordadas no começo do processo.

Adentrando agora o processo de Avaliação, as tecnologias XR e os novos meios digitais foram usados como meios de interação entre o aluno e seu projeto para realizarem suas críticas pessoais à melhor solução encontrada até o momento. Nessa etapa também foram utilizados softwares de modelagem algorítmica associados diretamente a dispositivos de realidade aumentada (Rhinoceros + Grasshopper + Fologram + ArchiCAD) para realizar análises quantitativas visando avaliar o espaço proposto, adotando uma abordagem de tomada de decisão fundamentada em dados, especialmente

no que diz respeito ao conforto térmico, incidência solar e seus potenciais impactos na edificação criada.

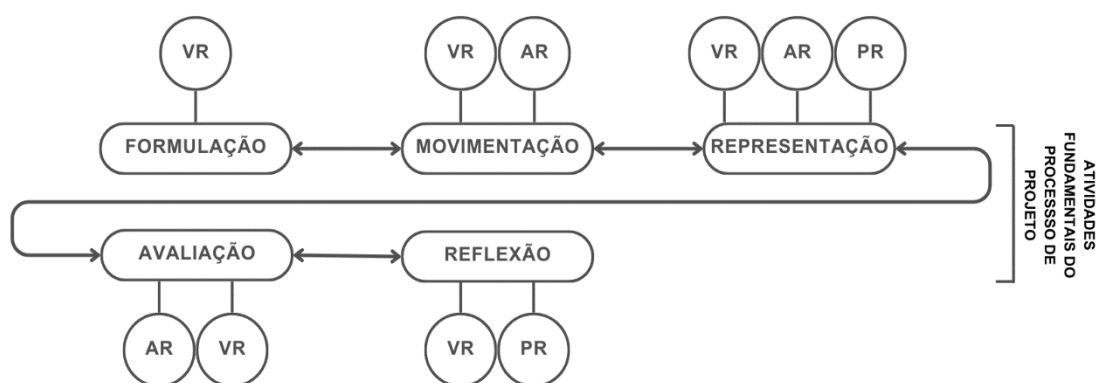
E ao final, chegamos na etapa de Reflexão, onde os alunos ponderam sobre todos os aspectos de seu projeto em um “processo contínuo de monitoramento e aprendizado” (Lawson, 2005). Nessa etapa os alunos tiveram de apresentar seus trabalhos através de uma linha do tempo de evolução no processo de concepção do projeto arquitetônico, culminando com uma nova impressão 3D e um passeio virtual para o professor e os demais alunos que tivessem interesse em “adentrar” a edificação em uma imersão na réplica da Vila Malagueira criada no ambiente virtual com os projetos de todos os alunos.

Desse modo, além da reflexão sobre as edificações em isolado durante o processo, pode-se agora realizar uma reflexão sobre o conjunto formado a partir dessas criações e como elas se comportam no plural, de modo bem semelhante à realidade, em que nunca uma edificação pode ser analisada fora de seu contexto, mas sim em um sistema complexo de troca de propriedades e características dependentes entre si.

4.2.3 Descrever

Com a implementação dessas ações, foi possível remodelar o protótipo do modelo para a integração de tecnologias de realidade estendida e suas aplicações no processo de ensino de projeto arquitetônico. A Figura 20 ilustra o Modelo de Implementação, começando pela Formulação. Mesmo nas fases iniciais do processo de projeto, a imersão permite uma exploração visual da representação em escala real dessas formas e da compreensão do problema. Posteriormente, na Movimentação, outras imersões em realidade virtual e aumentada ocorrem para tomar decisões sobre materiais e texturas dentro do ambiente tridimensional. Na fase de Representação, foi agregado também a tecnologia de impressão 3D para a prototipagem rápida da modelagem criada até o momento para desenvolver uma compreensão tátil do projeto.

Figura 20: Protótipo 02 do Modelo de Implementação.



Fonte: Autora.

Para avaliação, a realidade virtual foi complementar à realidade aumentada que, integrada a softwares de análise climática focada no conforto ambiental, trouxe embasamento analítico para decisões arquitetônicas baseadas em dados. E na fase de Reflexão, a realidade virtual volta a auxiliar na compreensão, agora da vila como um conjunto e não mais das edificações em separado. Além disso, a prototipagem rápida aparece novamente para finalizar o ciclo e materializar o estado final alcançado.

Isso forma uma sequência, não necessariamente ordenada, de análise, síntese, avaliação e tomada de decisão em cada estágio, estando assim em coerência com o modelo do processo de projeto proposto por Lawson (2005). Esse modelo sustenta a progressão contínua do processo de projeto, transitando da compreensão do problema até a formulação de soluções diante de cada desafio apresentado.

No Quadro 09, descreve-se os recursos utilizados nesse modelo. Isso inclui uma divisão das ferramentas tecnológicas, aplicativos de software e materiais utilizados para facilitar a execução de cada módulo. Cada recurso foi selecionado de acordo com os objetivos e requisitos específicos da fase correspondente, garantindo uma implementação coesa e eficaz.

Quadro 09: Recursos utilizados em cada atividade fundamental.

Atividades Fundamentais	Equipamentos	Tecnologia	Software de modelagem BIM	Software Complementar
Formulação	Desktop* + Oculus Quest 2	VR		Google Earth Pro
Movimentação	Desktop* + Oculus Quest 2	VR	ArchiCAD 26	Enscape 3.5
	Desktop* + Tablet/Smartphone	AR		Fologram 2020.3.21

Representação	Desktop* + Oculus Quest 2	VR	Enscape 3.5
	Desktop* + Tablet/Smartphone	AR	Fologram 2020.3.21
	Desktop* + Impressora 3D	PR	Ultimaker Cura 5.4
Avaliação	Desktop* + Tablet/Smartphone	AR	Rhinoceros 7 + Ladybug + Fologram 2020.3.21
	Desktop* + Oculus Quest 2	VR	Enscape 3.5
Reflexão	Desktop* + Impressora 3D	PR	Ultimaker Cura 5.4
	Desktop* + Oculus Quest 2	VR	Enscape 3.5

*Desktop: AMD Ryzen 7, 32GB de RAM, 512GB SSD e placa de vídeo GeForce 4070 TI.

Fonte: Autora.

Assim, este estudo apresenta uma sistematização mais refinada sobre a integração das realidades estendidas e meios digitais no ensino do processo de projeto, representando um avanço em relação ao primeiro apresentado no ciclo 1. Este estágio é resultado de maior aprofundamento teórico e refinamento prático, destacando sua contribuição tanto para a prática quanto para a teoria acadêmica no cenário educacional contemporâneo.

4.2.4 Avaliar

Para avaliar a implementação do modelo que integra tecnologias de Realidade Estendida no ensino de projeto arquitetônico, foram empregados três métodos: dois qualitativos e um quantitativo.

4.2.4.1 Análise Quantitativa

Na avaliação quantitativa, utilizou-se o método de Estatística Descritiva com ênfase na distribuição de frequência para avaliar os dados adquiridos no formulário aplicado com os alunos no decorrer da disciplina. O formulário cria um registro quantitativo sobre as mudanças de projeto que ocorram ao longo de sua criação e sua relação com as tecnologias aplicadas nesse processo, refletindo assim a preocupação em compreender a evolução do sistema ao longo do tempo.

Esse formulário foi aplicado 4 vezes com as duplas na disciplina, registrando as alterações de estado que ocorreram em seus projetos em cada MODO. As categorias

utilizadas para a análise quantitativa foram as mesmas categorias apresentadas aos alunos para utilizarem nos relatórios: Ambientes (Zonas), Vedação (Paredes e fechamentos), Esquadrias (Janelas e portas), Materiais (Texturas e cores), Mobiliário (Móveis e fixos), Estrutura (Viga e pilar) e Outros.

Desse modo, o relatório de cada dupla se configura como um acompanhamento minucioso das alterações de projeto aula a aula e a relação dessas alterações com as tecnologias utilizadas, enquanto o formulário condensa esses dados em informação analítica para utilizarmos estatística descritiva a fim de verificar se há um padrão a ser observado nesse contexto.

Ao final do Módulo 1, houve a primeira aplicação do formulário a fim de documentar as alterações de projeto realizadas nesse período em razão das imersões feitas com auxílio da realidade virtual, aumentada e mista. Assim, foi possível identificar que no MODO 1, houve 4 de 5 duplas que fizeram alterações na categoria de Ambientes (Zonas), configurando assim 80% da amostra (tabela 01). Com relação à categoria de Vedação (Paredes e Fechamentos), 2 duplas de 5 realizaram alterações em seus projetos em razão das imersões. E sobre Esquadrias (Portas e Janelas), 60% da amostra relatou que fez alterações de projeto nesse módulo, em razão das imersões realizadas.

Tabela 01: Percentual das alterações projetuais nas respectivas categorias em razão das imersões utilizando tecnologias XR.

	MODO 1	MODO 2	MODO 3	MODO 4
1. Ambientes (Zonas)	80,00%	60,00%	60,00%	60,00%
2. Vedação (Paredes e fechamentos)	40,00%	40,00%	60,00%	80,00%
3. Esquadrias (Janelas e portas)	60,00%	40,00%	60,00%	40,00%
4. Materiais (Texturas e cores)	20,00%	40,00%	20,00%	60,00%
5. Mobiliário (Móveis e fixos)	20,00%	80,00%	20,00%	60,00%
6. Estrutura (Viga e pilar)	0,00%	20,00%	0,00%	20,00%
7. Outros	20,00%	20,00%	20,00%	0,00%

Fonte: Autora.

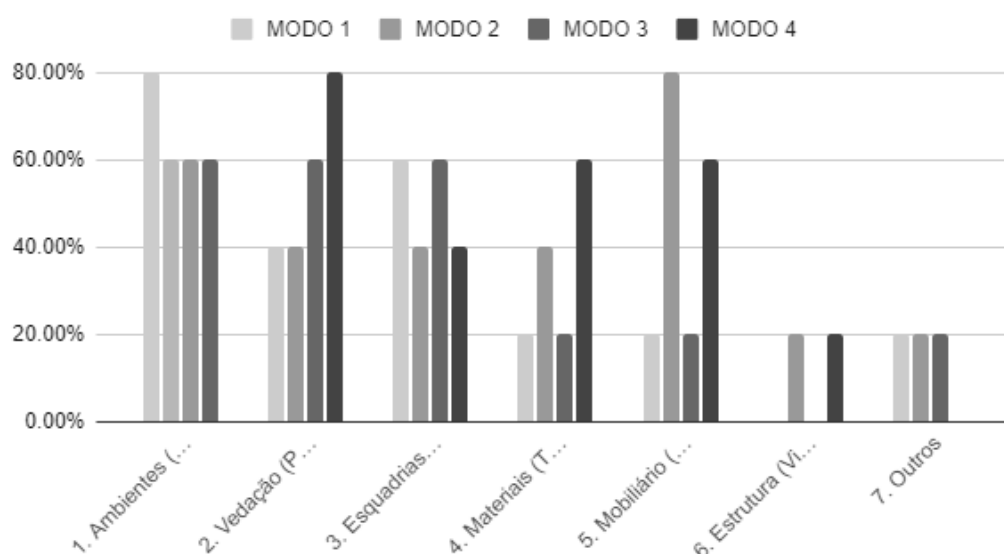
Ainda sobre o MODO 1, 20% das duplas fizeram alterações nas categorias Materiais (Texturas e Cores), Mobiliário (Móveis e Fixos) e Outros, que foi apresentado pelos alunos como paisagismo na área do pátio externo do imóvel. E nenhum dos alunos realizou alterações na categoria de Estrutura (Viga e Pilar) neste módulo. Na tabela 01

acima, apresenta-se o resultado dessa primeira aplicação em porcentagem e, seguindo os mesmos princípios, apresenta-se também os resultados das outras três aplicações seguintes. Já na figura 21 abaixo, esses mesmos dados são apresentados em modo de gráfico de colunas para uma melhor compreensão.

Através desses dados pode-se perceber que a categoria Ambientes sofreu maior alteração no começo do projeto, no MODO 1, enquanto as vedações foram mais modificadas no final do projeto, no MODO 4. Já a categoria de mobiliário foi mais alterada no MODO 2 e a categoria de estruturas não sofreu nenhuma modificação no MODO 1 nem no MODO 3.

Ainda sobre a figura 21, pode-se perceber que houve alterações de projeto em praticamente todas as categorias em todos os MODOS do projeto, ou seja, houve alterações projetuais nas diversas categorias em razão das imersões utilizando tecnologias XR ao longo de todo o projeto.

Figura 21: Gráfico das alterações projetuais nas respectivas categorias em razão das imersões utilizando tecnologias XR.



Fonte: Autora.

Com esses resultados, pode-se observar que durante toda a evolução dos projetos as imersões foram razão de importantes alterações de projeto, desde o começo com ambientes e esquadrias, até o final com mais modificações em vedações e mobiliário, por exemplo. Pode-se observar também que a Estrutura foi o item que menos foi afetado por razão das imersões e que a organização/setorização dos ambientes por meio das zonas foi o que mais foi modificado por razão das imersões.

4.2.4.2 Análise Qualitativa

Na avaliação qualitativa, utilizou-se o método de Análise de Conteúdo (Bardin, 2016) para avaliar a eficácia dos dados qualitativos coletados durante as aplicações de XR na turma, em comparação com as potencialidades identificadas no estudo de Kharvari e Kaiser (2022).

Desse modo, foram confrontados os benefícios destacados no estudo de Kharvari e Kaiser (2022) sobre a integração de realidade virtual, aumentada e mista no ensino de projeto arquitetônico com o feedback dos alunos ao longo das ações realizadas. Por meio da Análise de Conteúdo, todos os 36 benefícios identificados por Kharvari e Kaiser foram observados e validados nessa pesquisa. Assim, o Quadro 10 destaca as categorias de benefícios identificadas com maior frequência nesta pesquisa ao lado de citações dos alunos coletados durante as aplicações de tecnologias XR no processo de projeto em sala de aula e nos relatórios feitos pelos próprios estudantes ao longo da disciplina.

Quadro 10: Comparação entre benefícios VR e AR e as citações dos alunos.

Benefícios VR	Exemplo/Citação
Melhorar o processo de adaptação nos projetos	“Fizemos a imersão e percebemos que o corredor estava muito estreito. A partir disso, fizemos a modificação do corredor, deixando o mesmo mais confortável para circulação.”
Maior ênfase na etapa conceitual do projeto	“Por meio da imersão percebemos logo na entrada do térreo que a casa necessitava um pouco de transparência, então na escolha de esquadria foram utilizadas portas de vidro para conectar a circulação com a lavanderia.”
Aumento das habilidades espaciais em estudantes iniciantes	“Aumentamos um pouco a área da cozinha e da varanda, pois através da imersão percebemos um pouco de incômodo com o tamanho delas.”
Promover pensamento crítico	“A partir da imersão percebemos que a lavanderia ficaria estreita e pouco iluminada, sendo preferível sua integração com a cozinha por meio de cobogós”
Alterar positivamente a maneira de pensar no projeto arquitetônico	“Nessa etapa, a imersão permitiu a análise mais aprofundada da referência, nos levando a realizar as primeiras significativas modificações arquitetônicas.”
Alternativas de projeto	“Aqui, através da imersão, tivemos nossas primeiras impressões sobre a logística interna do edifício. Notamos a descontinuidade dos ambientes de uso coletivo, nos levando a ampliar abertura do espaço de transição para a cozinha.”

Incorporar a experiência do usuário final no processo de projeto	“Fizemos algumas alterações no mobiliário da sala e do banheiro, com relação à tamanho ou distância [entre eles] para melhor circulação do morador.”
Benefícios AR	Exemplo/Citação
Capacidade de avaliar projetos	“A partir disso [imersão AR] adicionamos uma marquise na laje do pavimento superior para uma amenização dos efeitos da radiação.”
Aumento das habilidades espaciais em estudantes iniciantes	“Nessa etapa realizamos imersão, o que permitiu mudanças no direcionamento projetual da casa relacionadas à iluminação natural e conforto de circulação.”
Avaliação de projetos no local	“A utilização do celular como meio de imersão a modelagem nos permitiu ter uma melhor e mais acessível visualização da casa em um ambiente tridimensional e em escala com o observador.”

Fonte: Autora.

Ambas as tecnologias, Realidade Virtual e Realidade Aumentada, demonstraram contribuições para o processo de ensino de projeto, influenciando aspectos conceituais e práticos. Os benefícios estendem-se desde a facilitação do desenvolvimento de habilidades espaciais até o estímulo ao pensamento crítico e alterações concretas no processo de projeto. Esse comparativo enfatiza a relevância positiva dessas tecnologias no ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico.

Ademais, a fim de obter uma análise abrangente e multifacetada dos dados coletados, cobrindo tanto dados textuais quanto visuais, foi utilizado ainda um segundo método qualitativo: a Análise Gráfica Comparativa.

“Compreende-se então a importância de registrar o estado do sistema e comparar as alterações. Uma série temporal nada mais é do que uma construção do espaço de estados. O interessante é quando há uma relação do estado posterior com o anterior, pois observar essa relação é o cerne da compreensão do sistema.” (Vieira, 2007).

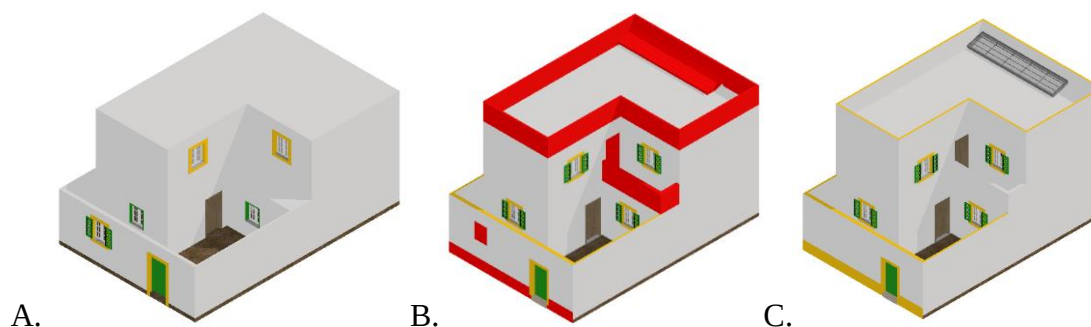
O método de Análise Gráfica Comparativa foi utilizado para acompanhar visualmente as reais alterações projetuais realizadas após as experiências de imersão nas edificações por meio das tecnologias de realidade estendida. A comparação analítica destaca a riqueza e diversidade de uma arquitetura coesa, fundamentada em princípios que valorizam a individualidade (Tagliari, 2008). Na pesquisa arquitetônica, a utilização de diagramas emerge como uma ferramenta facilitadora na extração de informações

discretas ou provenientes de um campo mais complexo e multifacetado (Downing; Hubka, 1986).

Desse modo, os relatórios criados e apresentados aula a aula pelos alunos trazem representações gráficas de seus projetos com o conteúdo visual de suas mudanças. Na figura 22, apresenta-se um exemplo desse comparativo e demonstração de evolução do projeto ao longo do tempo.

Explicando de modo temporal, ao final da aula 3 o projeto desta dupla estava como representa a figura 22A. Ao iniciar a aula 4, a dupla realizou imersão interna e externa no projeto com o auxílio da tecnologia de realidade virtual, nesse caso o Oculus Quest 2 juntamente com o software Enscape. Em razão da imersão, foi identificado a necessidade de alterações no projeto, representados em vermelho na figura 22B, como a criação de uma varanda para maior integração ambiental e aproveitamento de espaço, bem como o incremento da porta para seu acesso.

Figura 22: Comparativo gráfico do projeto da dupla 02 entre as aulas 3 e 4.



Fonte: Relatório da dupla 02, 2023.

Além disso, devido ao impedimento para criação de aberturas laterais e ao fundo, com o passeio interno na edificação os alunos perceberam que o acesso ao pavimento superior por meio da escada estava muito escuro e com alta dependência de iluminação artificial para seu uso diário. Dessa forma, os alunos optaram pela criação de uma abertura zenital com a clarabóia acima da escada ao longo de todo seu comprimento, resolvendo assim uma problemática que foi observada apenas através da imersão e que, sem ela, poderia ser uma problemática diária na vida do usuário final desse projeto.

E para finalizar, com essa mesma imersão, visualizando a edificação externamente, os alunos optaram pela criação de uma platibanda para seguir a gramática da forma proposta por Siza e incremento na expressão estética da edificação, juntamente com a retirada da janela externa que trazia menos privacidade ao interior do imóvel e a

adição de uma pintura amarela no rodapé do muro externo, chegando assim ao resultado apresentado na figura 22C.

Nesse exemplo, entre a aula 3 e 4 dessa dupla, houve alterações nas categorias de Vedação (Paredes e fechamentos), Esquadrias (Janelas e portas), Materiais (Texturas e cores) e Outros, na qual os alunos consideraram a inserção da clarabóia.

Um outro exemplo, agora em planta baixa, foi da dupla 03 que entre as aulas 6 e 7 estavam com todo o layout da cozinha prontos, mas que ao adentrar na edificação pela imersão em realidade virtual perceberam uma falta de integração entre a cozinha e a área de serviço e a completa falta de iluminação da cozinha. A figura 23 apresenta os estados de alteração desse período.

A figura 23A representa o projeto da dupla 03 ao final da aula 6. No início da aula 7 os alunos realizaram imersão com auxílio das realidades estendidas em suas edificações e essa dupla teve percepções importantes quando à disposição das vedações e falta de aberturas para iluminação e ventilação nos ambientes que não haviam percebido anteriormente. Desse modo, ao final da imersão, a dupla começou a pensar em possibilidades de iluminar a cozinha e modificar a lavanderia.

Figura 23: Alterações projetuais em razão da imersão em realidade virtual.



Fonte: Relatório da dupla 03, 2023.

Na figura 23B, percebe-se em vermelho as alterações feitas nessa etapa. Primeiramente retiraram as vedações que encerravam a lavanderia e escurecia ainda mais essa área, puseram uma abertura lateral da lavanderia para receber a iluminação do pátio interno e substituíram o fechamento entre a lavanderia e a cozinha por uma divisória vazada chamada de cobogó que permite a passagem de luz entre os dois ambientes. Ao fazer isso, modificaram o antigo fogão por um cooktop com o complemento da bancada

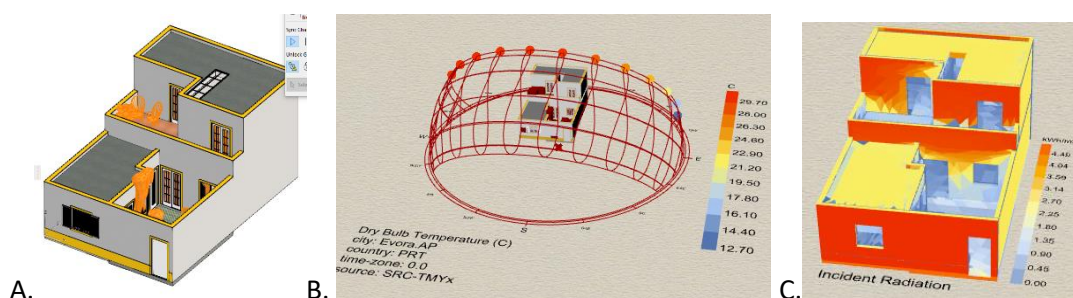
de mármore até o final do cobogó e puseram uma jardineira em frente a janela do pátio com vegetação mais alta para manter a privacidade da lavanderia.

E ainda em razão dessa mesma imersão, a dupla realizou modificações na porta de entrada da casa. Alteraram sua posição anterior para uma nova posição, agora centralizada com a escada de acesso ao pavimento superior, para melhorar o fluxo interno e deixaram-na maior com bandeiras laterais de vidro para iluminar mais o ambiente, resultando assim na configuração apresentada na figura 23C. Com essas novas percepções de projeto em razão das imersões, nesse exemplo foram realizadas alterações nas categorias Vedação (Paredes e fechamentos), Esquadrias (Janelas e portas), Mobiliário (Móveis e fixos) e Outros, que a dupla considerou na inserção da jardineira.

E para terceiro exemplo de como as tecnologias XR e os novos meios digitais foram usados como meios de interação entre o aluno e seu projeto, a dupla 01 entre as aulas 8 e 9 fizeram a atividade de análises quantitativas visando avaliar a edificação proposta, adotando uma abordagem de tomada de decisão fundamentada em dados, especialmente no que diz respeito ao conforto térmico, incidência solar e seus potenciais impactos na edificação criada.

Nessa atividade foi utilizado o software de modelagem algorítmica Rhinoceros associado ao Grasshopper e o LadyBug, com a conexão em tempo real com o Archicad onde estava a modelagem do projeto e o Fologram, um aplicativo de realidade aumentada que possibilita a modificação de 3 parâmetros da edificação diretamente pelo smartphone ou tablet apresentando suas implicações térmicas automaticamente. Na figura 24A, apresenta-se o projeto que estava finalizado até a aula 8. Na figura 24B, o mesmo projeto com a representação do percurso do sol em um dia no exato local em que o projeto seria edificado, na Vila Malagueira. E na figura 24C, a aplicação da insolação real na latitude e longitude da futura construção.

Figura 24: Representação do projeto, do percurso do sol e da incidência solar sob a edificação.

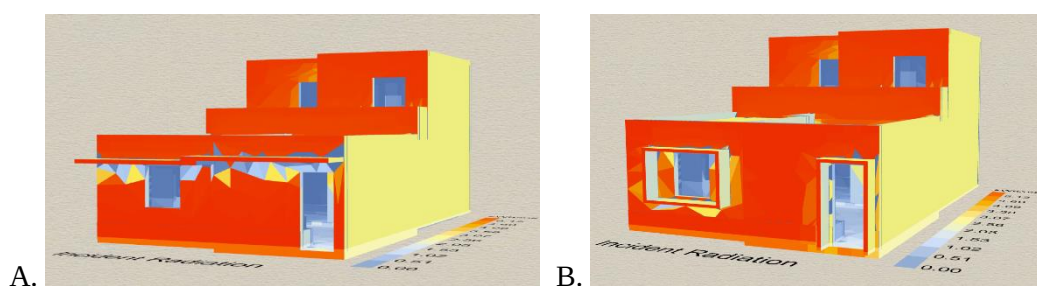


Fonte: Relatório da dupla 01, 2023.

Com essa figura 24C, pode-se perceber em tonalidade vermelha e mais alaranjada as partes que mais recebem a incidência da radiação solar durante o dia. Toda a fachada da casa fica fortemente marcada indicando lugares que precisam de uma maior preocupação com a proteção solar e o aquecimento das superfícies. Desse modo, a dupla 01 decidiu criar uma projeção no muro frontal do lote para proteger o futuro morador da casa ao adentrar e sair de seu imóvel. Na figura 25, tem-se as duas opções testadas pela dupla diante dessa problemática.

Na figura 25A, apenas a projeção horizontal já faz aparecer triângulos azuis claros e mais escuros, o que significa dizer o alcance de temperaturas menores, chegando entre 14 e 16° Celsius, diferente de como estava antes com todo o muro em 28 a 29°.

Figura 25: Propostas de projeção horizontal e vertical para minimização da incidência solar no muro frontal.



Fonte: Relatório da dupla 01, 2023.

Na figura 25B tem-se a criação de duas molduras que envolvem as esquadrias externas do imóvel, onde também ocorre a minimização das temperaturas agora não só na parte de cima das esquadrias, mas em todo seu invólucro. Ao final dessa atividade, essa dupla optou pela segunda opção para dar continuidade ao seu projeto.

Examinar uma obra arquitetônica por meio de diagramas e desenhos inicialmente pode parecer desafiador, pois a essência da arquitetura reside nos espaços e formas. No entanto, a análise gráfica simplifica a compreensão espacial e formal ao extrair e destacar informações de maneira isolada do contexto global. Dentro do âmbito da arquitetura, a abordagem da análise gráfica possibilita a compreensão e comparação visual de diferentes desenhos e imagens. Permite a análise de mutações e repetições, sendo uma ferramenta valiosa na busca por novos significados, leituras e interpretações no campo arquitetônico.

4.2.5 Discussão dos resultados do Ciclo 2

A abordagem quali-quanti adotada neste estudo revelou-se instrumental para avaliar o impacto das tecnologias de Realidade Estendida (XR) no ensino do processo de projeto arquitetônico. A combinação dos métodos qualitativos de Análise de Conteúdo e Análise Gráfica Comparativa, aliada à abordagem quantitativa por meio da Estatística Descritiva, permitiu uma avaliação abrangente das mudanças projetuais e da tomada de decisão dos alunos.

Os resultados destacaram benefícios significativos proporcionados pelas XR, evidenciando alterações nos processos criativos, desenvolvimento de habilidades espaciais e promoção do pensamento crítico. A análise gráfica comparativa proporcionou uma representação visual elucidativa da evolução dos projetos após as imersões com XR, enquanto a análise quantitativa identificou padrões específicos nas alterações projetuais.

É crucial ressaltar que a abordagem quali-quanti revelou-se essencial para além da quantificação das mudanças, ela ofereceu insights valiosos sobre a influência direta das XR na tomada de decisão dos alunos, conforme atestado pelas percepções qualitativas registradas. A interconexão desses métodos, portanto, fortalece a validade e a relevância dos resultados obtidos.

Diante disso, conclui-se que a proposta metodológica adotada neste estudo se configura como um instrumento robusto para a análise do impacto das XR no ensino de projeto arquitetônico. Recomenda-se a aplicação desse modelo em outras instituições de ensino para consolidar ainda mais a compreensão do papel dessas tecnologias no contexto educacional.

4.3 Ciclo 3 - Prescrever

O terceiro ciclo do projeto visa criar diretrizes claras para a aplicação prática das tecnologias XR no ensino de projeto arquitetônico. Essas diretrizes foram compiladas em um Guia de Implementação, que funciona como um manual para professores e monitores.

O Guia incluirá instruções passo a passo sobre como conectar, sincronizar, organizar e utilizar os softwares e equipamentos necessários para as atividades práticas com XR nas disciplinas de projeto. Esse documento foi submetido à avaliação de um grupo de professores que ministram disciplinas de projeto, independentemente de sua familiaridade com as tecnologias XR.

Ao final, foi aplicado um questionário quantitativo, onde os professores atribuíram notas de 1 a 5 para os quesitos de utilidade e aplicabilidade do guia, com o objetivo de complementar os dados qualitativos. Além da utilização da matriz SWOT/FOFA como metodologia de análise qualitativa para ajudar a identificar pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças do guia em questão.

4.3.1 Planejar

O planejamento do terceiro ciclo tem início com a compreensão deixada pelos ciclos anteriores de que o modelo de aplicação das tecnologias XR nas disciplinas de projeto arquitetônico no curso de Arquitetura e Urbanismo traz benefícios ao ensino/aprendizagem e ao processo de projeto na perspectiva do aluno. Para este ciclo, pretende-se explorar a perspectiva dos professores em relação a esse modelo.

Os alunos dos ciclos anteriores recebiam os equipamentos e softwares prontos para uso, organizados pela autora da pesquisa e pelos monitores de cada disciplina. No entanto, no cotidiano das disciplinas, nem sempre os professores contam com suporte técnico disponível. Para garantir a replicação constante desse modelo, os professores precisam ter autonomia no manuseio dos equipamentos e conhecimento dos softwares para utilizá-los sem dificuldades.

O Guia de Implementação foi planejado, então, para compilar a sequência técnica necessária para que os professores possam ter conhecimento sobre cada etapa e possam inclusive demandar a possíveis novos monitores ou mesmo aos alunos, que aprendam essa nova abordagem. Esse Guia torna-se um suporte técnico constante para os professores.

O Guia se inicia com uma introdução

Foi planejado ainda que a avaliação deste guia fosse através de um grupo focal formado por 6 professores que ministram disciplinas de projeto no curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo, que tenham familiaridade ou não com as tecnologias XR.

Após a apresentação do Guia para o grupo focal, os mesmos o avaliaram através de um formulário atribuindo notas de 1 a 5 nos quesitos de utilidade e aplicabilidade, sendo 1 não ser útil ou aplicável e 5 ser muito útil ou muito aplicável. Desse modo, poderemos avaliar se o Modelo de Implementação das tecnologias XR nas disciplinas de projeto arquitetônico, com foco nas etapas de concepção e desenvolvimento, são aplicáveis e úteis tanto para alunos (como vimos nos ciclos anteriores) como para os professores, que levarão esse modelo adiante em suas disciplinas.

Ademais, foi planejado o uso da matriz SWOT (ou FOFA) como uma ferramenta de análise qualitativa. Essa metodologia desempenha um papel fundamental na identificação e avaliação dos principais aspectos do guia em questão. Através dessa abordagem, é possível destacar os pontos fortes, reconhecer as áreas de melhoria, bem como identificar oportunidades de crescimento e potenciais ameaças que possam impactar sua eficácia.

4.3.1.1. Grupo Focal

O grupo focal, como técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas, é amplamente utilizado para aprofundar o entendimento de percepções, atitudes e sentimentos sobre um determinado tema (Dias, 2000). Conforme Caplan (1990), os grupos focais são pequenos grupos de pessoas reunidos para avaliar conceitos ou identificar problemas, oferecendo uma perspectiva rica e diversificada sobre o objeto de estudo. Vaughn et al. (1996) ressaltam que essa técnica pode ser utilizada isoladamente ou em conjunto com outras técnicas qualitativas ou quantitativas, especialmente em pesquisas na área educacional, para explorar as necessidades dos usuários de forma mais profunda.

Neste contexto, o presente trabalho visa a aplicação de um grupo focal para avaliar a utilidade e aplicabilidade de um Guia de Implementação de Tecnologias de Realidade Estendida (XR) no ensino de projeto arquitetônico. Esse guia foi elaborado com base nos dois ciclos anteriores dessa pesquisa de aplicação de tecnologias XR em atividades práticas de ensino de projeto, e consiste em um conjunto de diretrizes que orientam professores e monitores sobre como utilizar equipamentos e softwares necessários para integrar essas tecnologias nas disciplinas de projeto arquitetônico.

O objetivo específico do grupo focal é compreender a utilidade e aplicabilidade do Guia de Implementação para os professores que ministram disciplinas no contexto de ensino de Arquitetura e Urbanismo, na Universidade Federal do Ceará (UFC). Busca-se verificar como esses professores percebem o guia em termos de clareza, praticidade, e sua capacidade de facilitar a incorporação das tecnologias XR no cotidiano das aulas. Este processo é essencial para validar e, se necessário, aprimorar o guia, garantindo que ele atenda às necessidades tanto dos alunos quanto dos professores.

A seleção dos componentes do grupo focal foi realizada com o objetivo de incluir professores com diferentes níveis de familiaridade com tecnologias XR, garantindo uma diversidade de perspectivas sobre o uso dessas ferramentas no ensino. Foram convidados

professores que lecionam disciplinas de projeto arquitetônico, bem como outras disciplinas correlatas, como História da Arquitetura, Conforto Térmico e Instalações Prediais.

Os professores foram convidados por e-mail com apresentação de duas possíveis datas para realização do encontro presencial. Após confirmação dos professores, seria então enviado o Guia de Implementação por e-mail para que os docentes fizessem a análise prévia do material. A intenção é que, ao se reunirem no grupo focal, os participantes já tenham uma compreensão inicial do conteúdo, permitindo discussões mais aprofundadas e críticas construtivas.

O grupo focal não é uma entrevista e nem uma apresentação, mas sim um discurso, pois, de acordo com Johnson (1994), a energia gerada pela interação dos participantes no grupo focal resulta em maior diversidade e profundidade nas respostas, superando o somatório das respostas individuais. Desse modo, Dias (2000) explica que a discussão deve ocorrer durante aproximadamente duas horas, sendo conduzida por um moderador que utiliza dinâmicas de grupo a fim de compreender os sentimentos expressos pelos participantes.

Durante esse período, serão abordadas questões relacionadas à clareza das instruções do guia, sua aplicabilidade prática nas aulas, os potenciais benefícios e desafios na implementação das tecnologias XR, e sugestões de melhoria para o guia. A discussão será moderada de forma a incentivar a participação ativa de todos os professores, garantindo que as percepções e experiências de cada um sejam exploradas e registradas.

As discussões foram planejadas para serem registradas por meio de gravação de áudio e anotações em tempo real, para posterior transcrição e análise de conteúdo, com o objetivo de identificar padrões, temas recorrentes e insights sobre a utilidade e aplicabilidade do guia. Ao final, será aplicado um questionário quantitativo, no qual os professores atribuíram notas de 1 a 5 nesses quesitos, complementando os dados qualitativos. Além disso, a matriz SWOT/FOFA foi planejada para ser aplicada ao final do formulário anterior como metodologia de análise qualitativa para identificar pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças do guia.

4.3.2 Agir

No processo de organização do grupo focal, foram convidados nove professores que ministram disciplinas no contexto de ensino de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal do Ceará (UFC). Dos nove convidados, quatro confirmaram

participação em uma das datas apresentadas, três confirmaram em outra data, e dois não responderam ao convite.

Optou-se, então, por realizar o grupo focal na data em que quatro professores haviam confirmado presença. No entanto, no dia do encontro, apenas três compareceram, pois, um dos professores, embora tenha confirmado anteriormente, não pôde participar. Para garantir uma avaliação mais abrangente, foi decidido realizar então entrevistas individuais com os professores que haviam respondido positivamente, mas que não conseguiram participar no dia do grupo focal.

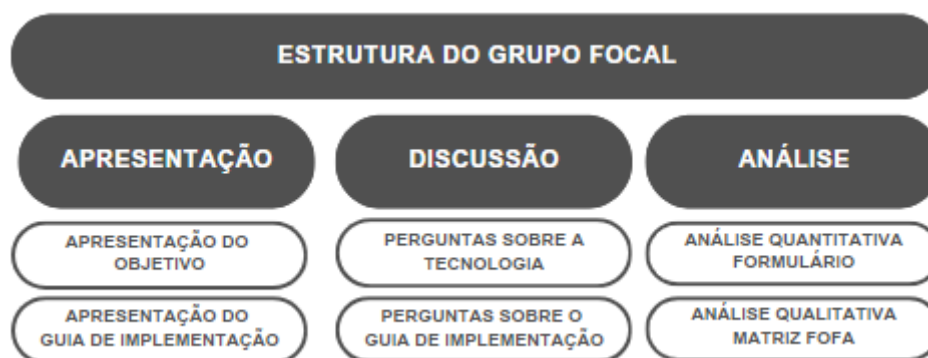
O convite para as entrevistas foi feito por e-mail para os demais professores e ocorreram duas entrevistas presenciais no Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Design da UFC e uma virtual através do Google Meet. Com isso, o processo combinou uma discussão em grupo com três docentes e entrevistas individuais com outros três.

A atividade ao todo foi composta por seis professores que representavam uma diversidade de experiências docentes: três com até cinco anos de docência e três com mais de dez anos de prática. As disciplinas ministradas pelos participantes incluíam Projeto Arquitetônico, Conforto Térmico, Instalações Prediais, Espaço e Forma, e Teoria e História da Arquitetura e Urbanismo.

Em relação à familiaridade com tecnologias XR, apenas uma professora já havia utilizado ferramentas de realidade virtual e aumentada em atividades em sala de aula com seus alunos. Outro professor tinha experiência como observador em uma atividade didática que utilizava essas tecnologias. Os demais participantes não possuíam experiência prévia com XR, o que contribuiu para uma análise mais ampla e diversificada sobre a aplicabilidade dessas ferramentas no ensino.

O grupo focal foi estruturado em três partes principais: apresentação, discussão e análise (figura 26). Primeiramente, houve uma apresentação do objetivo da discussão, esclarecendo que o encontro seguiria um roteiro, não sendo apenas uma conversa, mas sim uma discussão organizada. Em seguida houve a apresentação do Guia de Implementação, que havia sido planejado como uma apresentação rápida de 10 minutos acabou se estendendo para 45 minutos, uma vez que, embora os professores tenham recebido o material para análise prévia, a maioria não conseguiu revisá-lo com antecedência. Assim foi necessário expor o Guia em detalhes, abordando cada aspecto para garantir uma compreensão mais completa e permitir uma análise mais profunda por parte dos docentes.

Figura 26: Estrutura planejada para o grupo focal.



Fonte: Autora.

Em seguida, foi realizada uma discussão aberta de 30 minutos, onde os professores puderam compartilhar suas percepções sobre a tecnologia XR, sobre o Guia e sobre as possibilidades de integração das tecnologias XR em suas disciplinas, na tentativa de visualizar a utilidade e aplicabilidade do Guia na prática. Essa etapa foi subdividida em duas: a tecnologia XR e o Guia.

A primeira parte da discussão abordou o uso das tecnologias XR no ensino das disciplinas de projeto, com questões abertas para estimular uma troca mais livre entre os professores. As perguntas foram direcionadas para entender como essas tecnologias poderiam mitigar dificuldades enfrentadas pelos alunos, explorar o potencial de aplicação das tecnologias XR em outras disciplinas além daquelas que os professores ministram, e discutir as principais barreiras percebidas na integração dessas tecnologias no ensino.

A segunda parte da discussão focou no Guia de Implementação. Os professores foram questionados se o guia ajudava a integrar as tecnologias XR em sala de aula, se ele fornecia informações suficientes e aplicáveis para facilitar a adoção das ferramentas, e o que poderia ser melhorado ou ajustado no documento. O objetivo era avaliar se o guia oferecia informações suficientes para que o professor se sentisse confiante na utilização das tecnologias XR sem a necessidade de suporte técnico constante.

A terceira etapa consistiu nas atividades de análise que foram divididas em duas partes: um questionário quantitativo de 5 minutos, no qual os professores avaliaram a utilidade e aplicabilidade do Guia, atribuindo notas de 1 a 5; e uma atividade qualitativa em grupo, utilizando a análise FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças), que durou 15 minutos. Nessa análise, os professores discutiram em conjunto os pontos fortes e fracos do Guia, além das oportunidades e desafios para sua implementação.

As entrevistas individuais seguiram a mesma estrutura do grupo focal, exceto pela ausência de discussão aberta. Os professores foram entrevistados de maneira mais direta, no formato de pergunta-resposta, mas sempre com o mesmo conteúdo. Primeiramente, houve a apresentação do Guia, seguida pelas perguntas sobre a tecnologia XR e o Guia, depois preenchimento do questionário quantitativo e, por fim, a realização da análise qualitativa, também utilizando a técnica FOFA.

A combinação do grupo focal e das entrevistas individuais garantiu uma coleta de dados mais substancial, permitindo a integração dos resultados qualitativos e quantitativos, o que possibilitou uma compreensão mais profunda da utilidade e aplicabilidade do Guia de Implementação no ensino de projeto. Este processo proporcionou uma compreensão da visão dos docentes tanto das potencialidades quanto dos desafios enfrentados na adoção das tecnologias XR no contexto acadêmico.

4.3.2.1 Guia de Implementação

O guia de implementação foi criado com o subtítulo de “Realidades Estendidas (XR) no Ensino/Aprendizagem de Projeto Arquitetônico. Após os tópicos de Autoria, Apoios, Agradecimentos e Sumário, tem-se a Introdução que trás um breve contexto sobre o guia, tecnologias XR na arquitetura e explica que é um produto dessa dissertação de mestrado. O tópico seguinte, página 7, é dos Fundamentos que traz os conceitos de Competências e Habilidades das Diretrizes Curriculares Nacionais, Taxonomia de Bloom e Metodologia 5W2H e a forma que eles serão utilizados no Guia.

Na página 8 e 9 tem-se o Glossário com as principais palavras que serão encontradas no Guia e que precisam de sua conceituação prévia, como BIM, XR, TIC, Experiência Didática, Software de Visualização, Renderizador entre outros. Em seguida tem-se o tópico das Principais Aplicações que traz três possíveis aplicações mais resumidas de como essas tecnologias de realidade estendida podem ser utilizadas em sala de aula, como: Visualização Imersiva de Projetos, Sobreposição de Modelos Digitais e Estudo Presencialmente Virtual.

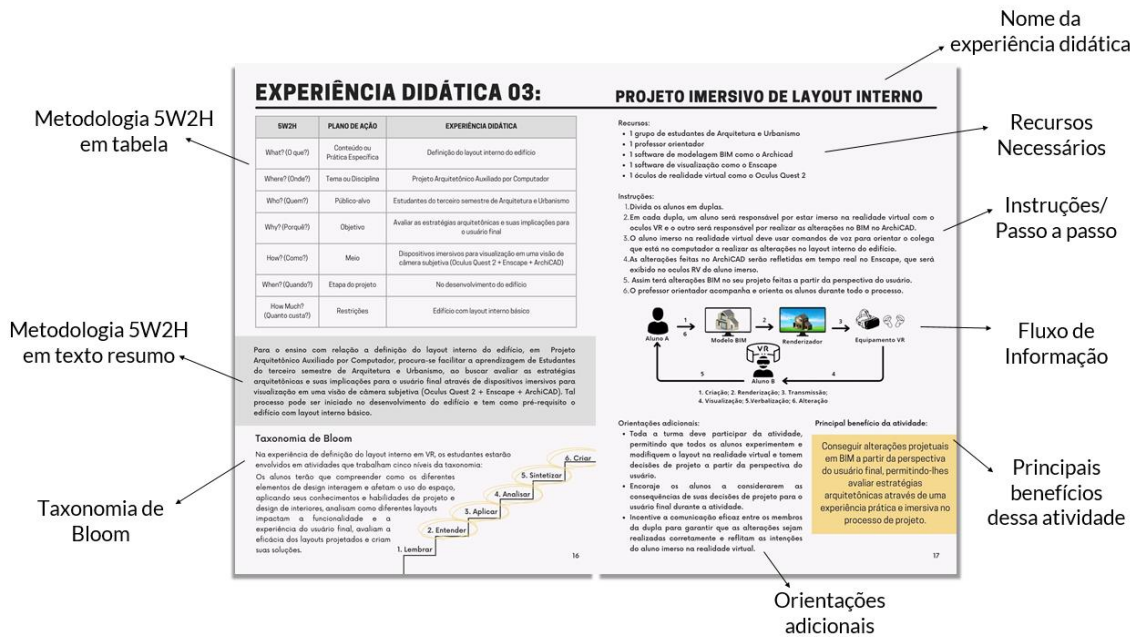
No Guia de Implementação, das páginas 12 a 17, são apresentadas três experiências didáticas estruturadas de forma semelhante graficamente. Como exemplo, na Figura 27 abaixo, é apresentada a terceira experiência didática que mostra a organização seguida nas demais.

A estrutura das experiências inicia com o uso da ferramenta 5W2H para detalhar o plano de ação. Esse método é apresentado em formato de tabela, contemplando as

seguintes categorias: o que (conteúdo), onde (disciplina), quem (público-alvo), porquê (objetivo), como (meio), quando (etapa do projeto) e quanto custa (restrições). A tabela desdobra as atividades propostas e organiza os elementos necessários para a execução da experiência didática. Posteriormente, as informações da tabela são compiladas em um texto único, descrito em um parágrafo. Esse texto sintetiza o plano de ação e explica como a experiência será conduzida.

Ainda na primeira página da experiência, é apresentada a relação com a Taxonomia de Bloom, destacando os níveis cognitivos alcançados pelos estudantes. No caso da experiência Projeto Imersivo de Layout Interno, as atividades propostas se diluem alcançando diferentes níveis cognitivos como Entender, Analisar e Criar, os quais são fundamentais para que os estudantes compreendam as complexidades do ambiente construído e analisem suas diversas possibilidades verificando o impacto ao usuário final.

Figura 27: Estrutura das Experiências Didáticas apresentadas no Guia de Implementação



Fonte: Autora.

A segunda página de cada experiência didática apresenta informações detalhadas que possibilitam a sua execução prática em sala de aula. Inicialmente, é destacado o título da experiência, seguido da listagem dos recursos necessários, sejam eles recursos

humanos ou tecnológicos. Esses recursos são descritos de forma objetiva, proporcionando ao leitor uma compreensão clara do que será necessário para realizar a atividade.

Em seguida, são apresentadas as instruções de uso, estruturadas em um passo a passo que orienta o professor sobre como conduzir a atividade. Esse guia detalhado funciona como uma "receita de bolo", garantindo que mesmo professores com pouca experiência no uso das tecnologias possam replicar a experiência de maneira eficaz.

A página também inclui um diagrama visual, elaborado pela autora, que ilustra o Fluxo de Informação da experiência. Trazendo a devida importância para a informação do modelo projetado, o Fluxo da Informação foi trabalhado para que seja possível visualizar todo o caminho, retornos e possíveis barreiras nas experiências. Esse desenho demonstra como os dados do projeto são processados por diversas tecnologias, transferidos para os alunos e reaplicados continuamente, criando também um ciclo tecnológico e de aprendizado. A representação visual facilita a compreensão da dinâmica da atividade e reforça sua lógica pedagógica.

Outro elemento importante é o destaque do principal benefício da atividade, apresentado em amarelo. Essa seção evidencia de maneira clara a finalidade da experiência e seu impacto, ajudando o professor a avaliar se a atividade será relevante para seus objetivos de ensino. Por fim, são apresentadas orientações adicionais para otimizar a aplicação da experiência. Entre essas recomendações estão o incentivo aos alunos para observarem detalhadamente as características do espaço, refletirem sobre possíveis alterações no ambiente e discutirem suas percepções com os colegas. Além disso, são fornecidas dicas práticas para o uso de equipamentos, como a redistribuição de óculos e computadores, caso haja limitações nos recursos disponíveis.

Nas páginas seguintes, são apresentadas as principais intercorrências que podem surgir durante a aplicação das experiências didáticas e suas respectivas soluções. Essas informações são organizadas em um quadro que apresenta possíveis problemas, como falha na conexão com a internet, ausência de adaptadores, arquivos excessivamente pesados, entre outros. Cada intercorrência é acompanhada de exemplos práticos que ilustram como esses problemas podem ocorrer, além de possíveis soluções para mitigá-los ou evitá-los. Essa seção tem como objetivo fornecer aos professores um suporte prático para lidar com dificuldades comuns no uso das tecnologias propostas.

O guia é finalizado com uma mensagem conclusiva que sintetiza sua proposta e objetivos. Essa seção destaca como o material apresenta diretrizes e metodologias claras, tornando-se uma referência para replicação em outras instituições de ensino. É enfatizado

que o guia integra tecnologias de realidade estendida (XR) e Building Information Modeling (BIM) às competências e habilidades previstas nas Diretrizes Curriculares Nacionais, bem como aos domínios cognitivos da Taxonomia de Bloom. Essa combinação cria uma estrutura sólida que apoia modelos pedagógicos na incorporação do XR no ensino de arquitetura.

Além disso, a mensagem ressalta que a adoção de tecnologias XR no ensino de arquitetura não apenas moderniza as práticas educacionais, mas também prepara os estudantes para enfrentarem os desafios do ambiente construído do século XXI. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de habilidades fundamentais, como representação e compreensão espacial de projetos arquitetônicos, que são indispensáveis no mundo contemporâneo.

Por fim, o guia é complementado pela bibliografia, que reúne todas as referências utilizadas ao longo do material, oferecendo suporte teórico e prático para os conteúdos abordados e possibilitando a continuidade dos estudos e aplicações pelos leitores.

4.3.3 Descrever

Durante o grupo focal, o debate se dividiu em três eixos principais: a discussão sobre as tecnologias XR no ensino, a avaliação do Guia de Implementação dessas tecnologias, e as sugestões de melhorias no próprio Guia.

4.3.3.1 Discussão sobre as Tecnologias XR no Ensino

A primeira parte do debate girou em torno das dificuldades enfrentadas pelos alunos nas disciplinas de arquitetura e urbanismo e como as tecnologias XR poderiam mitigar esses desafios. Foi destacada, por diversos professores, a dificuldade dos alunos em compreender a espacialidade dos projetos arquitetônicos que estão desenvolvendo. Os professores mencionaram que os alunos costumam ter dificuldades em entender a relação entre as proporções humanas e o ambiente criado, principalmente ao trabalhar em escalas que não fazem parte da sua vivência cotidiana.

Um exemplo frequente foi o problema que os alunos enfrentam nas disciplinas de Projeto Arquitetônico no ano em que os alunos projetam espaços complexos como teatros. Durante o grupo focal, um professor mencionou que, mesmo com o uso de softwares BIM, os alunos têm dificuldade em perceber como o teatro se desenvolve verticalmente. À medida que as cadeiras sobem em direção ao fundo do teatro, os alunos nem sempre compreendem que há diferentes níveis e que o espaço abaixo pode ser

utilizado para áreas funcionais como foyers e áreas de convivência. Mesmo com a visualização 3D em softwares BIM, a compreensão espacial não é totalmente alcançada, e tecnologias XR poderiam ajudar os alunos a visualizarem de forma mais clara os diferentes níveis e a distribuição espacial.

Além disso, os professores relataram dificuldades semelhantes em outras disciplinas, como História da Arquitetura, especialmente ao tentar visualizar a diferença entre os estilos gótico e barroco. Por exemplo, a diferença de escala entre a escala de uma igreja gótica e uma igreja barroca pode ser difícil de entender a partir de fotos e plantas baixas. As tecnologias XR, que permitem uma imersão total no ambiente, foram apontadas como uma solução valiosa para proporcionar uma experiência direta dessas proporções e permitir aos alunos "caminharem" pelo espaço arquitetônico e visualizarem a diferença de luz, sombra e ornamentos em cada estilo.

Ainda sobre a aplicabilidade das tecnologias XR, quando questionados sobre em quais disciplinas essas tecnologias teriam maior impacto, os professores mencionaram principalmente as disciplinas de Projeto Arquitetônico, pois são nelas que os alunos precisam ter a capacidade de visualizar espaços que eles mesmos estão projetando. No entanto, foram destacadas outras disciplinas como Conforto Térmico e Acústico, História da Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo.

Nas disciplinas de paisagismo, por exemplo, a capacidade de visualização temporal proporcionada pelas XR também foi discutida. Caso a tecnologia permitisse aos alunos "viajarem no tempo", visualizando o crescimento das plantas e árvores em um projeto de paisagismo ao longo dos anos, o que seria útil para entender o impacto da vegetação ao longo do tempo no ambiente urbano, visualizando como uma rua repleta de pequenas mudas de árvores poderia se transformar em uma avenida arborizada e sombria no futuro.

Vale mencionar que alguns professores consideraram que essas tecnologias poderiam ser aplicadas em praticamente todas as disciplinas de arquitetura e urbanismo, sugerindo um potencial universal para as XR no ensino da área. Esse ponto foi reiterado pela maioria dos participantes, mostrando um consenso sobre o impacto positivo que essas ferramentas poderiam ter.

4.3.3.2 Discussão sobre o Guia de Implementação

A segunda parte do debate focou no Guia de Implementação das Tecnologias XR e na sua aplicabilidade para auxiliar os professores a introduzirem essas ferramentas em

suas disciplinas. No geral, os professores avaliaram o Guia como uma ferramenta útil, especialmente para quem está começando a explorar essas tecnologias. Muitos mencionaram que, em contextos em que não há nada estruturado, o Guia oferece uma boa base, ajudando os professores a entenderem o potencial das tecnologias e como elas poderiam ser aplicadas em sala de aula.

Entretanto, foi levantada uma preocupação em relação ao nível de detalhamento do Guia. Os professores apontaram que, para aqueles que nunca tiveram contato com XR, o documento ainda deixa lacunas importantes, principalmente no que diz respeito às minúcias técnicas. Eles relataram que, embora o Guia apresente um panorama geral das tecnologias, faltam instruções específicas sobre como utilizar essas ferramentas no dia a dia. Questões como a instalação de softwares, a integração de plugins em ferramentas BIM e o uso prático de aplicativos XR com conexão e manuseio dos equipamentos foram algumas das dificuldades mencionadas.

Além disso, surgiu a questão da necessidade de um suporte técnico especializado. Os professores fizeram um paralelo com o uso de retroprojetores no passado, quando não era o professor que se responsabilizava por instalar e configurar o equipamento. Eles argumentaram que, para uma implementação eficaz das tecnologias XR em sala de aula, seria necessário o apoio técnico que cuidasse dos aspectos tecnológicos, como a verificação das versões dos softwares, a compatibilidade dos dispositivos e a configuração correta dos ambientes virtuais. Isso permitiria que os professores focassem no conteúdo pedagógico, deixando as questões técnicas para especialistas.

Foi amplamente discutido que o Guia poderia incluir recomendações ou orientações sobre a infraestrutura necessária e o papel de um técnico especializado no suporte ao professor. Embora os professores estivessem dispostos a aprender e utilizar as tecnologias XR, eles apontaram que o processo de configurar e gerenciar essas ferramentas poderia ser um empecilho significativo para a sua adoção sem o devido suporte.

4.3.3.3 Sugestões de Alterações no Guia

Na última parte da discussão, os professores fizeram sugestões específicas de alterações no Guia de Implementação. A primeira mudança proposta foi a alteração do nome do documento de "Manual" para "Guia". Inicialmente, ele foi apresentado como

Manual de Implementação de Realidades Estendidas (XR) no Ensino/Aprendizagem de Projeto Arquitetônico, mas a palavra "Manual" gerou uma expectativa de um nível de detalhe maior do que o oferecido, como tutoriais específicos sobre o uso de softwares e sua operacionalização. Por isso, decidiu-se alterar o nome para *Guia*, refletindo melhor o conteúdo que fornece passo a passos mais gerais e direcionamentos.

Quanto à estrutura do conteúdo, foi sugerido que no sumário fossem mencionadas as principais aplicações diretamente, em vez de usar títulos genéricos como "principais aplicações", para que o leitor tenha uma visão mais clara desde o início. Outra alteração importante foi a revisão da parte que trata das intercorrências técnicas. A expressão "queda de conexão" foi apontada como inadequada, uma vez que o problema descrito estava mais relacionado ao processamento dos arquivos do que à perda de conexão à internet que já é abordada em outro tópico.

Em relação à organização das experiências didáticas, foi proposto que a experiência 3, que trata da análise do entorno de forma virtual, seja reposicionada como a primeira experiência. Isso proporcionaria uma lógica mais fluida para o processo de projeto, começando pela visita ao espaço antes de avançar para as volumetrias e, em seguida, o projeto imersivo de layout interno, que passaria a ser a terceira experiência.

Além disso, a introdução e os fundamentos do Guia, como as competências e habilidades das Diretrizes Curriculares Nacionais, a Taxonomia de Bloom, e a metodologia 5W2H, foram muito bem recebidos pelos professores. O glossário também foi visto como um recurso relevante para o entendimento dos termos. E foi recomendado que o Guia detalhasse melhor as especificações técnicas dos softwares e equipamentos necessários, como às versões compatíveis e hardware necessários para evitar problemas de desempenho e compatibilidade.

Também foi sugerido que o Guia incorporasse um modelo vazio de plano de ação utilizando a metodologia 5W2H, que ajudaria os professores a estruturarem a implementação das tecnologias XR em suas disciplinas de forma personalizada. Esse modelo seria deixado em branco para que cada professor pudesse preencher conforme suas necessidades específicas.

Essas sugestões foram fundamentais para aprimorar o Guia, tornando-o mais acessível, funcional e alinhado às necessidades reais dos professores que desejam adotar as tecnologias XR em suas práticas pedagógicas.

4.3.4 Avaliar

Para avaliar o Guia de Implementação de Realidades Estendidas (XR) no Ensino/Aprendizagem de Projeto Arquitetônico no grupo focal e nas entrevistas, foram empregados dois métodos: um quantitativo e um qualitativo.

4.3.4.1 Análise Quantitativa

A avaliação quantitativa dos dados coletados foi realizada por meio da aplicação de um questionário, composto por duas perguntas, que visava mensurar a utilidade e a aplicabilidade do Guia de Implementação das Tecnologias XR no ensino. Ambas as perguntas utilizavam uma escala Likert de 1 a 5, onde 1 representava "não útil/não aplicável" e 5 representava "muito útil/muito aplicável".

A amostra contou com a participação de seis professores. No que diz respeito à utilidade do Guia, quatro professores atribuíram a nota 4, enquanto dois professores classificaram o Guia com a nota 5, demonstrando uma percepção majoritariamente positiva sobre a sua utilidade no contexto acadêmico.

Em relação à aplicabilidade do Guia, os resultados apresentaram uma maior variação. Um professor atribuiu a nota 2, sugerindo uma aplicabilidade limitada, enquanto três professores atribuíram a nota 4 e dois classificaram o Guia com a nota 5. Embora a maioria tenha percebido o Guia como aplicável (notas 4 e 5), a atribuição da nota 2 indica que ainda existem desafios ou barreiras a serem superados para que o Guia seja considerado plenamente aplicável por todos os docentes.

Para maior composição da análise, foi feito também uma atividade com abordagem qualitativa com os professores.

4.3.4.2 Análise Qualitativa

A análise FOFA (também chamada de SWOT, que significa Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats), é uma ferramenta de análise qualitativa amplamente utilizada para identificar fatores internos e externos que podem influenciar o sucesso de um projeto, organização ou, no seu caso, a implementação de tecnologias XR no ensino. No contexto dessa pesquisa, a FOFA foi aplicada para avaliar o Guia de Implementação das tecnologias XR no ensino de Arquitetura e Urbanismo, com os professores discutindo e apontando os seguintes aspectos:

1. Forças (Strengths): São os atributos internos do Guia ou das tecnologias XR que oferecem vantagens e facilitam sua adoção no ensino.

2. Fraquezas (Weaknesses): Refere-se a fatores internos que podem limitar ou dificultar o uso do Guia ou das XR.

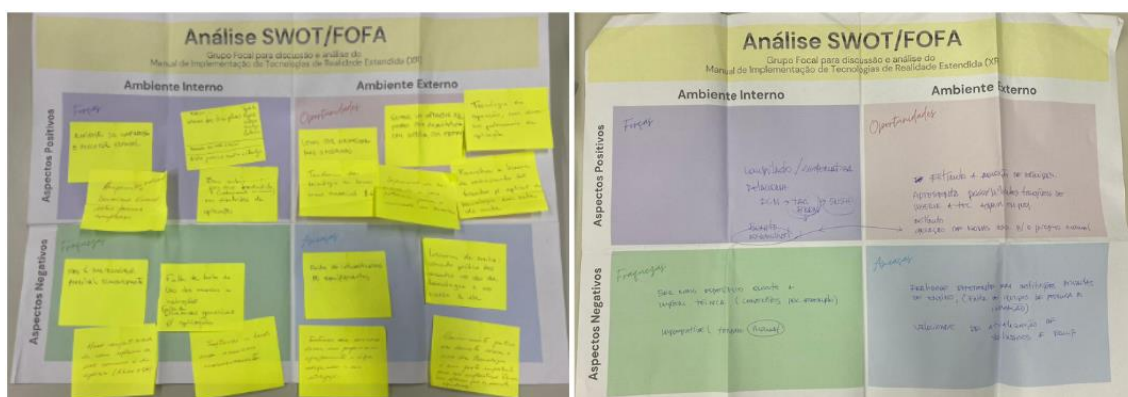
3. Oportunidades (Opportunities): São fatores externos que podem ser explorados para maximizar o impacto positivo das XR no ensino.

4. Ameaças (Threats): São fatores externos que podem representar obstáculos à implementação eficaz do Guia ou das tecnologias XR.

Essa estrutura permitiu uma avaliação abrangente das tecnologias XR e do Guia de Implementação, ajudando a identificar tanto os pontos fortes a serem explorados quanto os desafios que precisam ser superados. A análise FOFA se fez importante nesse processo de análise por integrar percepções qualitativas dos professores e oferecer uma visão estratégica de como aprimorar a integração das tecnologias XR.

Foi apresentado a FOFA impressa em papel tamanho A2 para que os professores, tanto no grupo focal quanto na entrevista, pudessem escrever com suas palavras cada aspecto questionado nos quadrantes. Desse modo, obteve-se a figura 28 abaixo:

Figura 28: Matriz FOFA preenchida pelos professores.



Fonte: Autora.

No quadrante de Forças associadas ao Guia de Implementação das Tecnologias XR no ensino de Arquitetura e Urbanismo, mencionou-se a ampliação da concepção e percepção espacial dos alunos proporcionada pelas tecnologias XR, facilitando o entendimento de formas arquitetônicas complexas. Outro ponto forte mencionado foi a potencialização do interesse dos alunos em disciplinas variadas, como projeto arquitetônico, urbanismo, história da arquitetura, e até disciplinas tecnológicas e de extensão, evidenciando o caráter multidisciplinar da aplicação das tecnologias XR.

O Guia também foi elogiado por seu embasamento prático, considerado pelos professores como uma diretriz sólida para aplicação das tecnologias. Um professor ressaltou que o conhecimento de causa do autor foi fundamental para garantir que o conteúdo do Guia fosse claro e útil na prática. A melhora do raciocínio visual dos alunos ao lidar com formas arquitetônicas complexas foi outro ponto destacado, apontando que o uso das XR aliado ao Guia pode aprimorar significativamente essa habilidade essencial.

Outro aspecto positivo levantado foi o compilado e sistematização de possibilidades de aplicação do Guia, que oferece uma visão abrangente e prática sobre como utilizar as tecnologias XR no contexto pedagógico. A relação entre as Diretrizes Curriculares Nacionais, a Taxonomia de Bloom e a metodologia 5W2H foi amplamente reconhecida como uma força do Guia, conferindo-lhe uma base teórica alinhada aos marcos pedagógicos exigidos no ensino superior.

Adicionalmente, os professores apontaram a qualidade estética e organizacional do Guia, elogiando a diagramação e a clareza na apresentação dos conteúdos, o que facilita a compreensão e o uso do material. Finalmente, foi reconhecida a capacidade de expansão do Guia, ou seja, a possibilidade de incluir novas técnicas e aplicações, o que o torna uma ferramenta adaptável e em constante aprimoramento.

No quadrante de oportunidades o Guia foi visto como uma oportunidade para inserir as tecnologias XR de maneira tangível nas disciplinas de projeto arquitetônico e urbanístico. O documento oferece possibilidades realistas de aplicação, que podem ser imediatamente executadas dentro das salas de aula e estúdios, potencializando a integração das tecnologias ao processo de ensino-aprendizagem. Essa aproximação entre a teoria e a prática contribui para a criação de novas experiências pedagógicas, sugerindo que o Guia tem o potencial de expandir continuamente suas propostas à medida que as tecnologias evoluem e novos exemplos práticos surgem.

Além disso, um ponto abordado foi o estímulo à aquisição de equipamentos. Os professores mencionaram que o Guia pode servir como uma ferramenta argumentativa para solicitar recursos à universidade, fornecendo subsídios sólidos para que docentes justifiquem a necessidade de adquirir dispositivos e tecnologias XR para uso nas disciplinas. Isso representa uma oportunidade concreta de integrar tais tecnologias nas infraestruturas acadêmicas, aumentando as chances de sua implementação no cotidiano das aulas.

Outro ponto destacado foi a oportunidade de levar o aprendizado das tecnologias XR para o mercado de trabalho. Os professores perceberam que a familiaridade dos

alunos com essas ferramentas durante a graduação pode proporcionar vantagens competitivas no campo profissional, onde a demanda por soluções digitais e imersivas é crescente. Esse fator reforça a relevância do Guia como um elo entre o ensino acadêmico e as demandas do mercado, preparando os alunos para novos desafios profissionais.

A tendência de que as tecnologias XR se tornem mais acessíveis foi mencionada como uma oportunidade para ampliar sua aplicabilidade no ensino. À medida que os custos de equipamentos e softwares diminuem, mais instituições poderão incorporar essas tecnologias, e o Guia será um recurso fundamental para facilitar essa transição. Essa evolução tecnológica abre caminho para a renovação do interesse pela arquitetura, com os professores sugerindo que o uso de XR em eventos como feiras de profissões pode atrair novos alunos para a área, aumentando o interesse pela formação em Arquitetura e Urbanismo.

Por fim, o Guia foi visto como uma resposta à necessidade de preencher a lacuna de conhecimento dos docentes. Muitos professores ainda se sentem inseguros quanto à aplicação prática dessas tecnologias em sala de aula, e o Guia oferece uma oportunidade de capacitação, minimizando as barreiras para a adoção das XR no ensino. A combinação de acessibilidade tecnológica e um manual bem estruturado pode ser a chave para superar os desafios da implementação, gerando um impacto positivo tanto no ambiente interno das universidades quanto na formação dos futuros arquitetos e urbanistas.

No quadrante das fraquezas do Guia de Implementação das Tecnologias XR, foram identificados aspectos que limitam sua aplicação prática e sua efetividade para os docentes. A principal fraqueza mencionada foi a necessidade de o Guia ser mais específico tecnicamente. Os professores apontaram que o documento não detalha aspectos técnicos fundamentais, como a configuração de conexões, versões de softwares compatíveis e outros detalhes que são essenciais para a implementação prática das tecnologias XR. Essa falta de especificidade dificulta a adoção das ferramentas pelos professores, especialmente para aqueles com menos familiaridade técnica, limitando o impacto imediato do Guia nas salas de aula.

Outro ponto levantado foi a inadequação do termo "manual" no título do documento. Os professores argumentaram que o uso da palavra "manual" gera expectativas de um nível de detalhamento mais elevado, com instruções passo a passo e guias operacionais específicos, o que não foi entregue no conteúdo atual. O Guia apresenta uma excelente introdução às tecnologias XR e sua aplicação, mas não cumpre as expectativas de ser um "manual" prático. Essa discordância entre o título e o conteúdo

pode gerar frustração nos usuários, sugerindo que uma renomeação seria benéfica para alinhar melhor as expectativas com o material oferecido.

A questão da inacessibilidade econômica das tecnologias XR também foi destacada como uma fraqueza. Embora o Guia ofereça diretrizes claras para a aplicação das tecnologias no ensino, a implementação prática ainda é limitada pelos altos custos dos equipamentos e softwares necessários. Muitos professores indicaram que, sem o suporte financeiro adequado, será difícil adotar as tecnologias XR de maneira efetiva nas universidades, o que acaba restringindo o alcance do Guia.

Além disso, foi ressaltada a falta de teste prático do Guia. Uma professora sugeriu que seria interessante realizar um teste prático do uso do guia, nos quais os docentes utilizariam o Guia para implementar diretamente as tecnologias XR em suas aulas. A ausência desses testes significa que as instruções apresentadas no Guia não foram validadas na prática, o que pode revelar possíveis lacunas ou dificuldades que não foram previstas durante a elaboração do documento.

Por fim, no quadrante de Ameaças, uma das principais ameaças mencionadas foi a falta de conhecimento prático dos docentes sobre o uso das tecnologias XR. Muitos professores podem não estar familiarizados com essas tecnologias, o que pode resultar em uma baixa adoção do Guia. Esse déficit de conhecimento representa um obstáculo significativo, uma vez que, mesmo com um manual bem elaborado, a ausência de habilidades técnicas por parte dos professores poderia inviabilizar a aplicação das diretrizes apresentadas.

A falta de infraestrutura e equipamentos adequados foi outra ameaça central identificada. Instituições de ensino, especialmente as públicas, podem enfrentar dificuldades para fornecer os recursos necessários para a implementação das tecnologias XR, como óculos de realidade virtual, computadores com especificações avançadas e conexão de internet estável. A falta de infraestrutura adequada não só impede o uso do Guia, mas também pode frustrar os professores e alunos, desmotivando a continuidade da experimentação e aplicação das novas tecnologias.

Além disso, a falta de interesse institucional em promover a aquisição de equipamentos e o desenvolvimento de infraestrutura foi apontada como uma barreira potencial. Sem o apoio das universidades para proporcionar o ambiente e os recursos necessários, o Guia pode acabar subutilizado. Essa falta de incentivo institucional também reflete a realidade de instituições privadas de ensino, onde, devido à ausência de grupos de pesquisa e inovação, há menos estímulo para a adoção de tecnologias

emergentes. A ausência de uma cultura voltada para a inovação em algumas universidades privadas representa uma ameaça significativa à disseminação e implementação do Guia nesses ambientes.

Outro aspecto crítico é a velocidade de atualização de softwares e equipamentos. Essa questão foi mencionada tanto como uma fraqueza quanto como uma ameaça externa. Um botão ou função especificada no guia pode não estar mais disponível após uma atualização de software, o que limita a longevidade e a eficácia do documento. A necessidade de manter o Guia atualizado, acompanhando as mudanças rápidas nas ferramentas XR, torna-se um desafio contínuo.

Diante do que foi abordado, foi criado a figura 29 abaixo como um resumo dos pontos apresentados pelos professores na matriz FOFA.

Figura 29: Quadro resumo da aplicação da matriz FOFA.

	Ambiente Interno	Ambiente Externo
Aspectos Positivos	<i>Forças</i> • Ampliação da concepção e percepção espacial dos alunos. • Potencialização do interesse dos alunos. • Embasamento prático. • Compilado e sistematização de possibilidades de aplicação. • Relação entre as Diretrizes Curriculares Nacionais, a Taxonomia de Bloom e a metodologia 5W2H. • Qualidade estética e organizacional • Capacidade de expansão.	<i>Oportunidades</i> • Inserir as tecnologias XR de maneira tangível. • Criação de novas experiências pedagógicas. • Estímulo à aquisição de equipamentos. • Levar o aprendizado das tecnologias XR para o mercado de trabalho. • Tendência de que as tecnologias XR se tornem mais acessíveis. • Renovação do interesse pela arquitetura. • Preencher a lacuna de conhecimento dos docentes.
Aspectos Negativos	<i>Fraquezas</i> • Necessidade de o Guia ser mais específico tecnicamente. • Inadequação do termo "manual". • Inacessibilidade econômica. • Falta de teste prático do Guia.	<i>Ameaças</i> • Falta de conhecimento prático dos docentes. • Falta de infraestrutura e equipamentos adequados. • Falta de interesse institucional. • Velocidade de atualização de softwares e equipamentos.

Fonte: Autora.

Por fim, uma sugestão de mitigação foi apresentada pelos professores: oficinas de capacitação para os docentes. Essas oficinas poderiam reduzir a lacuna de conhecimento prático e aumentar a confiança dos professores na utilização das tecnologias XR, fortalecendo a implementação do Guia. No entanto, essa sugestão está condicionada ao apoio institucional, o que, novamente, depende de fatores externos, como o interesse da universidade e a disponibilidade de recursos.

4.3.5 Discussão dos resultados do Ciclo 3

O terceiro ciclo do projeto proporcionou resultados esclarecedores sob a perspectiva dos docentes. Com o objetivo de estabelecer diretrizes claras para a aplicação prática das tecnologias XR no ensino de projeto arquitetônico, foi desenvolvido um Guia de Implementação que se apresenta como um recurso importante para professores e monitores. Este Guia foi submetido à avaliação de seus usuários potenciais, permitindo levantar questionamentos e identificar áreas para melhorias.

De maneira geral, o Guia foi bem recebido e bem avaliado positivamente pela amostra de professores. No entanto, surgiram sugestões de aprimoramento que devem ser consideradas dentro do escopo da pesquisa. Aspectos relacionados à estrutura do Guia, como o nome, ordem das atividades, especificação sobre as versões utilizadas e a inclusão de um modelo em branco para preenchimento pelo leitor, são alterações facilmente exequíveis. Em contrapartida, as ameaças externas identificadas pelos docentes podem representar obstáculos significativos à adoção efetiva da tecnologia XR e, conseqüentemente, ao uso do Guia, como a falta de interesse institucional.

Entretanto, um dos desafios mais recorrentes mencionados foi a infraestrutura inadequada nas instituições de ensino, um ponto unanimemente destacado nas falas dos professores. Contudo, é importante ressaltar que a universidade onde a pesquisa foi realizada possui equipamentos e infraestrutura minimamente adequados para a implementação de experiências didáticas com tecnologias XR, conforme evidenciado nos ciclos 1 e 2 desta dissertação.

Já a falta de conhecimento prático dos docentes em relação ao uso dessas tecnologias emerge como um potencial empecilho que distancia os professores das experiências imersivas. Esse aspecto reforça a necessidade de contar com suporte técnico especializado para gerenciar e auxiliar no manuseio dos equipamentos e na conexão com os softwares, permitindo que os docentes se concentrem no conteúdo pedagógico, nas habilidades a serem desenvolvidas e na fluidez da aula.

As oportunidades identificadas, como a utilização do Guia para justificar a aquisição de novos equipamentos e a possibilidade de capacitação dos docentes, indicam que, com o suporte adequado, é viável avançar na integração das tecnologias XR no ensino. Os resultados também revelam que os professores reconhecem o potencial impacto positivo da adoção dessas tecnologias na formação dos futuros profissionais de arquitetura e urbanismo, contribuindo para minimizar algumas dificuldades presentes no ensino/aprendizagem de Arquitetura e Urbanismo com as demandas do mercado de

trabalho.

4.4 Discussão dos resultados

Diante dos resultados obtidos nos ciclos 1, 2 e 3, é possível afirmar que o objetivo geral da pesquisa foi amplamente alcançado, embora alguns desafios ainda precisam ser superados. O objetivo consistia em sistematizar o uso de tecnologias de realidades estendidas (XR), associadas ao modelo de informação da edificação (BIM), no ensino do processo de projeto arquitetônico nas etapas de concepção e desenvolvimento. Nesse sentido, a pesquisa avançou significativamente em diversas frentes.

Em primeiro lugar, a integração das tecnologias XR ao ensino do projeto arquitetônico demonstrou resultados positivos tanto na prática quanto na teoria. Os alunos puderam visualizar e compreender os projetos de maneira mais imersiva, o que facilitou a compreensão espacial e o desenvolvimento de habilidades críticas sobre o projeto. A utilização dessas tecnologias, desde a concepção inicial até as modificações e visualizações em BIM, comprovou-se eficaz, promovendo o engajamento e a motivação dos estudantes no processo de projeto arquitetônico. Essa integração confirma o potencial das tecnologias XR como ferramentas auxiliares no ensino, e para além, delineia os primeiros passos da criação da sistematização do uso das tecnologias XR, associadas ao modelo de informação da edificação, conforme proposto no objetivo geral.

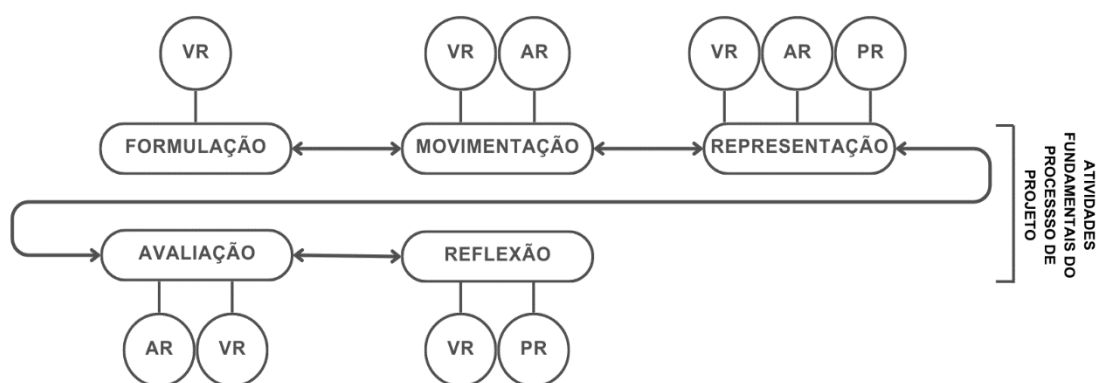
Houve importantes aprendizados no ciclo 1 que serviram como base para melhorias no ciclo 2. Dado o caráter exploratório do ciclo inicial, foi possível confirmar a pouca disponibilidade de softwares e aplicativos que levam o fluxo de informação BIM de modo constante por toda a experiência. Por isso, os fluxos criados em cada Plano de Ação ou Experiência Didática são importantes contribuições teóricas desse trabalho. Com isso, o segundo ciclo começou com uma compreensão mais clara dos softwares a serem utilizados, do manuseio dos equipamentos e do fluxo de informações BIM diante de todo o processo de projeto.

Entendendo as dificuldades de realizar um controle experimental rigoroso, como apresentadas por Fonseca et al. (2016), Nisha (2019) e Darwish, Kamel e Assem (2023) principalmente sobre dados qualitativos e percepções dos usuários, um dos principais avanços entre os ciclos foi a organização da coleta e análise de dados. Enquanto o ciclo 1 se limitou à observação qualitativa, no ciclo 2 houve a sistematização de coletas quantitativas e qualitativas, incluindo análise visual comparativa e estatística descritiva,

o que permitiu uma avaliação mais robusta. Com isso, ao final do ciclo 2, foi possível consolidar o Modelo de Implementação iniciado no ciclo 1.

No ciclo 3, a validação do Modelo criado anteriormente foi focada na instanciação das experiências didáticas descritas dentro do Guia de Implementação, como método de aplicação do Modelo criado. A proposta foi então submetida à apreciação do corpo docente, que desempenha um papel crucial na aplicação das novas tecnologias em sala de aula, sendo os responsáveis por efetivar o uso do Modelo de Implementação das tecnologias de realidade estendida no processo de ensino/aprendizagem em Arquitetura e Urbanismo. Ao final do ciclo 3, foi possível consolidar o Modelo de Implementação iniciado no ciclo 1, formalizando o anterior protótipo em um Modelo de Implementação validado e consolidado nessa pesquisa (Figura 30).

Figura 30: Modelo de Implementação



Fonte: Autora.

Além disso, a criação e avaliação do Guia de Implementação representaram um avanço importante no que tange à prescrição de um modelo para o uso das tecnologias XR no ensino. O Guia mostrou-se uma estrutura útil para a aplicação prática das tecnologias, oferecendo orientações sobre sua implementação no contexto educacional. Esse produto formaliza o alcance do objetivo específico de criar um modelo de aplicação dessas ferramentas nas etapas de concepção e desenvolvimento do projeto arquitetônico.

Através desses ciclos, foi possível sistematizar o uso de tecnologias de realidades estendidas, associadas ao modelo de informação da edificação, no ensino do processo de projeto arquitetônico de acordo com as atividades fundamentais propostas por Lawson (2005). Avançando a partir do trabalho de Kharvari e Kaiser (2022), essa pesquisa pôde

criar um Modelo e um Guia que explicita onde e como integrar as tecnologias XR no processo de projeto, respondendo assim sua questão de pesquisa.

No entanto, alguns desafios ainda foram identificados. A infraestrutura inadequada em instituições de ensino públicas e privadas e a falta de familiaridade dos professores com as tecnologias XR surgem como obstáculos à adoção plena das soluções propostas. A necessidade de suporte técnico especializado para auxiliar na utilização dos equipamentos foi apontada pelos professores como um fator crucial para o sucesso da implementação dessas tecnologias nas salas de aula.

5 CONCLUSÃO

Neste último capítulo, é apresentado a síntese conclusiva desta dissertação, explicitadas as respostas a questão de pesquisa apresentada e esclarecido os objetivos alcançados. Complementarmente, são apontadas as limitações identificadas bem como sugestões de trabalhos futuros para o aprimoramento dos produtos desenvolvidos.

A presente pesquisa foi desenvolvida seguindo a metodologia da pesquisa-ação, sendo uma tentativa cíclica, sistemática e empiricamente fundamentada de aprimorar a teoria através da prática (Capítulo 3). Essa metodologia cíclica foi aplicada três vezes neste trabalho. Em cada ciclo devem ocorrer as quatro fases da pesquisa-ação: planejar, agir, descrever e avaliar. De modo que, a avaliação do ciclo anterior dê fundamentos e melhorias para o planejamento do ciclo seguinte. Tal metodologia, além de contribuir para a solução do problema prático, também deve gerar contribuições teóricas.

Neste estudo, o problema prático foi apresentado no capítulo de introdução e pode ser sintetizado sob a forma da questão de pesquisa apresentada, qual seja: Como as tecnologias de realidade estendidas (XR) podem apoiar o ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico com informação, nas etapas de concepção e desenvolvimento.

Para solucionar o problema foram desenvolvidos três artefatos como produtos da pesquisa: o Modelo de Implementação, o Guia de Implementação e as Experiências Didáticas. O Modelo de Implementação é representado como um fluxo, uma representação da realidade. É esse modelo que sintetiza uma das contribuições teóricas desse trabalho. O Guia de Implementação é um documento a parte, como um caderno ou uma cartilha. Esse Guia é o que sintetiza o Método, é onde consiste o conjunto de passos

sistematizados para se conseguir implementar as tecnologias XR no ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico. E as Experiências Didáticas, por sua vez, são a instanciamento de cada Plano de Ação que foi criado interligando as Diretrizes Curriculares Nacionais, com a Taxonomia de Bloom e a metodologia 5W2H, demonstrando a viabilidade e a eficácia do Método e do Modelo.

Uma fundamentação teórica foi estabelecida no início do trabalho (Capítulo 2), por meio da qual buscou-se construir uma coerência entre Ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico, Modelagem da Informação da Construção (BIM) e Realidades Estendidas (XR). Em seguida, os três ciclos de aplicação metodologia foram desenvolvidos, cada um com suas quatro etapas e uma conclusão parcial.

Com base na fundamentação teórica desenvolvida nesta pesquisa e nos resultados obtidos da aplicação da metodologia, identificaram-se evidências de como pode ocorrer a sistematização do uso de tecnologias de realidades estendidas (XR), associadas ao modelo de informação da edificação (BIM), no ensino do processo de projeto arquitetônico nas etapas de concepção e desenvolvimento, sendo esta a contribuição teórica desta pesquisa.

Em conclusão, a integração de realidades estendidas não apenas complementa, mas também expande o repertório educacional em arquitetura e urbanismo, promovendo uma abordagem focada na experiência espacial tridimensional. Esta pesquisa representa um avanço significativo em direção à excelência no ensino e prática de arquitetura e urbanismo, afirmando que a inovação tecnológica pode ser uma aliada na formação acadêmica.

Assim, um Modelo para integrar tecnologias de realidade estendida no ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico foi proposto e testado, abrangendo desde a concepção até a materialização usando BIM e tecnologias XR. Esse modelo facilita a adoção de uma nova linguagem de aprendizado, promove o desenvolvimento de habilidades de representação espacial no projeto e discute as linguagens de representação no processo de projeto diante do constante surgimento de novas ferramentas digitais.

Do ponto de vista teórico, este estudo oferece contribuições significativas para a literatura sobre educação em arquitetura, principalmente no âmbito da concepção e desenvolvimento de projeto arquitetônico. Primeiramente, destaca-se a integração de tecnologias emergentes, como as XR, como uma abordagem inovadora para expandir o repertório educacional e promover uma experiência de aprendizado mais imersiva e interativa. Além disso, a utilização de uma metodologia de pesquisa quali-quantitativa,

combinando métodos qualitativos e quantitativos, proporciona uma análise abrangente dos impactos das XR no ensino de projeto arquitetônico. O desenvolvimento e teste de um modelo de implementação para integrar as XR no ensino de arquitetura oferece uma estrutura organizada, promovendo o desenvolvimento de habilidades essenciais de representação e compreensão espacial em projeto arquitetônico. E a contribuição dos fluxos de informação criados nos planos de ação que sistematizam a instânciação do uso das XR com BIM e o ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico.

Do ponto de vista prático, construiu-se um processo sistematizado do uso de tecnologias de realidades estendidas que poderá, então, ser utilizado por outras universidades associando o modelo de informação da edificação arquitetônico, nas etapas de concepção e desenvolvimento. O Guia de Implementação das tecnologias XR no ensino/aprendizagem de projeto arquitetônico estabelece diretrizes práticas para sua aplicação em sala de aula. Esse documento foi avaliado e melhorado para se apresentar como um auxílio aos docentes que querem entender melhor dessas tecnologias e retirar o medo inicial do desconhecido, vendo que é possível efetivamente conseguirem fazer uso das mesmas. Além disso, a criação da instânciação de cada Plano de Ação que foi criado interligando as Diretrizes Curriculares Nacionais, com a Taxonomia de Bloom e a metodologia 5W2H, também forma uma importante contribuição prática da pesquisa pois o modelo a ser preenchido, que está disponível no Guia, facilita a criação e o desenvolvimento de novos planos de ação e experiências didáticas pelos docentes.

Destaca-se a melhoria da prática educacional por meio da integração das XR, proporcionando uma experiência de aprendizado mais imersiva e interativa que complementa as abordagens tradicionais de ensino. Além disso, a integração das XR no currículo educacional prepara os alunos para os desafios da prática profissional, permitindo-lhes desenvolver habilidades essenciais de projeto e tomada de decisão em um ambiente virtual.

Este trabalho teve como objetivo geral sistematizar o uso de tecnologias de realidade estendida (XR) associadas ao modelo de informação da edificação (BIM) no ensino do processo de projeto arquitetônico, com foco nas etapas de concepção e desenvolvimento. Para alcançar esse objetivo, foram definidos três objetivos específicos que guiaram o desenvolvimento da pesquisa.

O primeiro objetivo, de explorar as tecnologias de realidade estendida existentes e suas aplicações, foi atingido por meio de uma análise abrangente das ferramentas XR

disponíveis no mercado e de suas funcionalidades. Essa exploração permitiu identificar as potencialidades dessas tecnologias para aprimorar a interação entre estudantes e o ambiente construído, promovendo uma experiência mais imersiva e prática no ensino de arquitetura.

O segundo objetivo, de descrever as relações entre as tecnologias de realidade estendida, o ensino do processo de projeto e o modelo BIM, foi alcançado ao demonstrar como essas tecnologias podem ser integradas ao ensino de projeto arquitetônico. O estudo evidenciou que a combinação de XR com BIM amplia a compreensão espacial e a capacidade de análise dos estudantes, ao mesmo tempo em que facilita a visualização de projetos em diferentes escalas e contextos, promovendo uma abordagem pedagógica mais dinâmica e interativa.

E o terceiro objetivo específico, de prescrever um modelo de aplicação das tecnologias XR como ferramenta auxiliar nas etapas de concepção e desenvolvimento de projeto arquitetônico, foi concretizado com a elaboração do guia de implementação. Esse guia apresenta diretrizes práticas e metodologias aplicáveis em diferentes contextos educacionais, oferecendo aos professores um suporte estruturado para a integração de tecnologias XR no ensino de arquitetura.

Este trabalho sistematizou o uso de tecnologias de realidade estendida (XR) associadas ao modelo de informação da edificação (BIM) no ensino de projeto arquitetônico, culminando na criação de um método de implementação que engloba o fluxo de informação, experiências didáticas e um guia detalhado. A pesquisa resultou em produtos e artefatos aplicáveis, mas sua contribuição mais relevante está no avanço teórico que promove.

Além disso, o guia de implementação sintetiza esse método, transformando-o em um recurso acessível para docentes, enquanto as experiências didáticas servem como estudos de caso concretos que validam e exemplificam a aplicabilidade do modelo. Ao combinar rigor teórico e aplicabilidade prática, este trabalho contribui para preencher lacunas no ensino tradicional de arquitetura, conectando a formação acadêmica às demandas do mundo contemporâneo e ao uso estratégico de tecnologias digitais.

Como sugestão de trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento de pesquisas que possibilitem o estudo e a criação de softwares e aplicativos que permitam o desenvolvimento e alteração do projeto arquitetônico dentro do ambiente imersivo, com

interface intuitiva, baixa curva de aprendizado e maior integração com a metodologia BIM e o fluxo de informação constante e cíclico. É indicado também que futuros estudos busquem novas tecnologias e formas de se projetar dentro do ambiente virtual estando completamente imerso dentro do ambiente em que se está projetando, que foi uma restrição tecnológica importante deste trabalho.

É importante destacar que o foco deste trabalho foi na concepção e no desenvolvimento de projeto arquitetônico, ficando então a sugestão para que futuros trabalhos possam estudar como as tecnologias XR associadas ao BIM podem apoiar o ensino/aprendizagem de técnicas construtivas, estudos paisagísticos, históricos e urbanísticos. Portanto, recomenda-se que esse modelo seja aplicado em outras instituições de ensino para consolidar ainda mais a compreensão do papel dessas tecnologias no contexto educacional.

REFERÊNCIAS

- ALIZADEHSALEHI, S.; YITMEN, I. Digital twin-based progress monitoring management model through reality capture to extended reality technologies (DRX). Smart and Sustainable Built Environment, 2021.
- ALMEIDA, M.; BONALDO, E. Building Information Modeling (BIM) – Princípios e tendências. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2023. 154 p.
- ANDRADE, M.; RUSCHEL, R.; MOREIRA, D. O processo e os métodos. In: KOWALTOWSKI, D. C. C.; MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRICIO, M. M. (Org.). *O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. Cap. 4, p. 80-99.
- AZIZ, N. D.; NAWAWI, A.; ARIFF, N. Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management: Opportunities to be considered by facility managers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 234, p. 353-362, 2016. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.10.252.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BASKERVILLE, R. L.; WOOD-HARPER, T. A critical perspective on action research as a method for information systems research. *Journal of Information Technology*, v. 11, n. 3, p. 235-246, 1996.
- BELHOT, R. V.; FREITAS, A. A.; VASCONCELLOS, D. D. Requisitos profissionais do estudante de engenharia de produção: uma visão através dos estilos de aprendizagem. *Revista Gestão da Produção e Sistemas*, v. 1, n. 2, p. 125-135, 2006.
- BLOOM, B. S.; ENGELHART, M. D.; FURST, E. J.; HILL, W. H.; KRATHWOHL, D. R. Taxonomia de objetivos educacionais: domínio cognitivo. Porto Alegre: Editora Globo, 1983.
- BORGES, R. M. S. Ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia por meio de objetos de aprendizagem BIM. 2022. 240 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- BOUTINET, J. P. *Antropologia do projeto*. Porto Alegre: ArtMed, 2002.

BRASIL. Câmara de Educação Superior. Resolução nº 02 de 17 de junho de 2010. Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. *Diário Oficial da República do Brasil*, Ministério da Educação, Conselho Nacional da Educação, Brasília, DF, 18 jun. 2010. Seção 1, p. 37-38.

CAPLAN, S. Using focus group methodology for ergonomic design. *Ergonomics*, v. 33, n. 5, p. 527-533, 1990.

CHUA, C. K.; LEONG, K. F.; LIM, C. S. *Rapid Prototyping: principles and applications*. 3. ed. Singapore: World Scientific Publishing Company, 2010.

CROSS, N. *Design thinking: understanding how designers think and work*. London: Bloomsbury Academic, 2011.

CROSS, N. Designerly ways of knowing. *Design Studies*, v. 3, n. 4, p. 221-227, 1982.

DARWISH, M.; KAMEL, S.; ASSEM, A. Extended reality for enhancing spatial ability in architecture design education. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 14, n. 6, 2023. DOI: 10.1016/j.asej.2022.12.002.

DI SERIO, Á.; IBÁÑEZ, M. B.; KLOOS, C. D. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, v. 68, p. 586–596, 2013.

DIAS, C. A. Grupo focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. *Informação & Sociedade*, v. 10, n. 2, 2000. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/ies/article/view/330>. Acesso em: 20 maio 2024.

DOWNING, F.; HUBKA, T. C. Diagramming: a visual language. *Perspectives in Vernacular Architecture*, v. 2, p. 26-40, 1986.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

DUARTE, J. P. *Personalizar a habitação em série: uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, 2007.

DUNSTON, P. S.; WANG, X. A hierarchical taxonomy of AEC operations for mixed reality applications. *Journal of Information Technology in Construction*, v. 16, p. 433-444, 2011.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FISHER, R. A.; YATES, F. *Statistical methods, experimental design, and scientific inference: a re-issue of statistical methods for research workers, the design of experiments and statistical methods and scientific inference*. Oxford: Oxford University Press, 1990.

FLORIO, W. O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de uma arquitetura de formas complexas. 2005. 477 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FONSECA, D.; VALLS, F.; REDONDO, E.; VILLAGRASA, S. Informal interactions in 3D education: citizenship participation and assessment of virtual urban proposals. *Computers in Human Behavior*, v. 55, p. 504–518, fev. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2015.05.032>.

HAJIRASOULI, A.; BANIHASHEMI, S. Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 19, n. 39, 2022.

JONES, J. C. *Métodos de diseño*. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

KALAY, Y. *Architecture's new media: principles, theories and methods of computer-aided design*. Cambridge (Mass.): MIT Press, 2004.

KARIMI, H. A., ed. *Big data: techniques and technologies in geoinformatics*. Boca Raton: CRC Press, 2014.

KHAN, S.; PANUWATWANICH, K.; USANAVASIN, S. Integrating building information modeling with augmented reality: application and empirical assessment in building facility management. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2021-1146>. Acesso em: 12 jun. 2024.

KHARVARI, F.; KAISER, L. E. Impact of extended reality on architectural education and the design process. *Automation in Construction*, v. 141, p. 104393, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104393>.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory in Practice*, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002.

LAWSON, B. *Como arquitetos e designers pensam*. Tradução de Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAWSON, B. *How designers think: the design process demystified*. 4. ed. Oxford: Elsevier/Architectural Press, 2005.

MANZIONE, L. Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM [Internet]. [Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2013 [citado 20 de julho de 2024]. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306>.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.

MAYER, R. E. Cognitive theory of multimedia learning. In: MAYER, R. E. (Ed.). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 43–71.

MENGES, A.; AHLQUIST, S. *Computational design thinking: computation design thinking*. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

MOLETA, T. Researching the learner's experience of real-time virtual engines in the architectural design studio. In: *Proceedings of the 26th International Conference on*

Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2021), Singapore, 20–26 apr. 2021.

OXMAN, R. The thinking-eye: visual re-cognition in design emergence. *Design Studies*, v. 23, p. 135-164, 2002.

PÉREZ-SÁNCHEZ, J. C.; MORA-GARCÍA, R. T.; PÉREZ-SÁNCHEZ, V. R.; PIEDECAUSA-GARCÍA, B. From CAD to BIM: a new way to understand architecture. *WIT Transactions on The Built Environment*, v. 169, p. 45-56, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2495/BIM170051>.

POPPER, K. *The logic of scientific discovery*. 4. ed. Taylor & Francis e-Library, 2005.

RIGHI, T. A. F. Displays interativos como ferramentas de comunicação no processo de projeto de arquitetura. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2009.

SACKS, R.; TRIBELSKI, E. An empirical study of information flows in multi-disciplinary civil engineering design teams using lean measures. *Architectural Engineering and Design Management*, 2010.

SALGADO, M. S. Arquiteto de amanhã: caminhos para a formação profissional. In: *NUTAU 2004*, São Paulo. *Anais*.

SÁNCHEZ, A.; REDONDO, E.; FONSECA, D.; NAVARRO, I. Hand-held augmented reality: usability and academic performance assessment in educational environments. Case study of an engineering degree course. *Information (Japan)*, v. 16, n. 12 B, p. 8621–8634, 2015.

SARMENTO, T. S.; VILLAROUÇO, V. Projetar o ambiente construído com base em princípios ergonômicos. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 121-140, jul./set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300421>.

SCHÖN, D. A. *Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Trad. Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000. 256 p.

SCHÖN, D. *The displacement of concepts*. London: Tavistock, 1963.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. *Understanding virtual reality: interface, application, and design*. San Francisco: Morgan Kaufmann, Elsevier Science, 2003.

SMITH, D. K.; TARDIF, M. *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.

SOPHER, H.; FISHER, G.; GEWIRTZMAN, D.; KALAY, Y. E. Going immersive in a community of learners? Assessment of design processes in a multi-setting architecture studio. *British Journal of Educational Technology*, v. 50, n. 5, p. 2109–2128, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.12857>.

SUCCAR, B. Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, v. 18, p. 357-375, 2009.

SUCCAR, B.; SALEEB, N.; SHER, W. Model Uses: foundations for modular requirements clarification language. *Australasian Universities Building Education (AUBEA 2016)*, Cairns, Austrália, 6-8 jul. 2016.

SUSMAN, G. I.; EVERED, R. D. An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly*, v. 23, p. 582-603, 1978.

TAGLIARI, Ana. Os princípios orgânicos na obra de Frank Lloyd Wright: Uma abordagem gráfica de exemplares residenciais. 2008. Dissertação (Mestrado em Artes) — Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

THIOLLENT, M. J. M.; COLETTE, M. M. Pesquisa-ação, universidade e sociedade. *Mbote*, v. 1, n. 1, 2020.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

TYLER, B. J. Design. In: *Intelligence and Design: Thinking about Operational Art*. Air University Press, 2014. p. 55-64.

URQUIZA, M. A.; MARQUES, D. B. Análise de conteúdo em termos de Bardin aplicada à comunicação corporativa sob o signo de uma abordagem teórico-empírica. *Entretextos*, Londrina, v. 16, n. 1, p. 115-144, 2016. DOI: 10.5433/1519-5392.2016v16n1p115.

VALENTE, José Armando. A espiral de aprendizagem e as tecnologias da informação e comunicação: repensando conceitos. In: JOLY, M. C. R. A. (Org.). *A tecnologia no ensino: implicações para a aprendizagem*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.

VAUGHN, S. et al. *Focus group interviews in education and psychology*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1996.

VIEIRA, Jorge de Albuquerque. *Ciência: Formas de conhecimento – arte e ciência. Uma visão a partir da complexidade*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2007.

VIEIRA, Rosângela Souza. O papel das tecnologias da informação e comunicação na educação: um estudo sobre a percepção do professor/tutor. *Formoso: Univasf*, v. 10, p. 66-72, 2011.

WANG, J.; MA, Q.; WEI, X. The application of extended reality technology in architectural design education: A review. *Buildings*, v. 13, n. 2931, 2023. DOI: 10.3390/buildings13122931.

WANG, X.; KIM, M. J.; LOVE, P. E.; KANG, S. C. Augmented reality in built environment: classification and implications for future research. *Automation in Construction*, v. 32, p. 1-13, 2013.

WEF – World Economic Forum. New vision for education: fostering social and emotional learning through technology. 2016.

ZEVI, Bruno. *Saber ver a arquitetura*. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA O RELATÓRIO

Roteiro para o relatório

1. Qual o intervalo de tempo registrado nesse relatório?

Exemplo de resposta padrão:

Comparativo Aula 03 x Aula 04 (03/09/2023 à 10/09/2023)

2. Quais alterações ocorreram nessa etapa?

Algumas opções de categorias de alterações para auxiliar na escrita de vocês:

- a. Ambientes (Zonas)
- b. Vedação (Paredes e fechamentos)
- c. Esquadrias (Janelas e portas)
- d. Materiais (Texturas e cores)
- e. Mobiliário (Móveis e fixos)
- f. Estrutura (Viga e pilar)
- g. Outros

APÊNDICE B – FORMULÁRIO MODO

Imersão, alterações de estados e decisões projetuais.

Esse questionário é uma forma de documentar e quantificar as alterações de estados que ocorreram no período entre uma materialização e outra, principalmente com relação aos impactos das imersões no processo de decisão projetual.

** Indicates required question*

1. 0. Qual o número da sua dupla/lote?

Mark only one oval.

- ☐ 01
☐ 02
☐ 03
☐ 04
☐ 05
☐ 06

2. 1. Qual período está registrando nesse relatório? *

Mark only one oval.

- ☐ Modo 01
☐ Modo 02
☐ Modo 03
☐ Modo 04

3. 2. Quantas imersões foram feitas nesse MODO? *

Mark only one oval.

- ☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5
☐ 6
☐ 7
☐ 8
☐ 9
☐ 10

4. 3. Em razão das imersões, houve alterações nos AMBIENTES? *

Mark only one oval.

- ☐ Sim
☐ Não

5. Se sim, descreva essas alterações.

6. 4. Em razão das imersões, houve alterações nas VEDAÇÕES? *

Mark only one oval.

☐ Sim

☐ Não

7. Se sim, descreva essas alterações.

8. 5. Em razão das imersões, houve alterações nas ESQUADRIAS? *

Mark only one oval.

☐ Sim

☐ Não

9. Se sim, descreva essas alterações.

10. 6. Em razão das imersões, houve alterações nas MATERIAIS? *

Mark only one oval.

☐ Sim

☐ Não

11. Se sim, descreva essas alterações.

12. 7. Em razão das imersões, houve alterações nas MOBILIÁRIO? *

Mark only one oval.

☐ Sim

☐ Não

13. Se sim, descreva essas alterações.

14. 8. Em razão das imersões, houve alterações nas ESTRUTURA? *

Mark only one oval.

☐ Sim

☐ Não

15. Se sim, descreva essas alterações.

16. 9. Em razão das imersões, houve OUTRAS alterações não mencionadas anteriormente? *

Mark only one oval.

☐ Sim

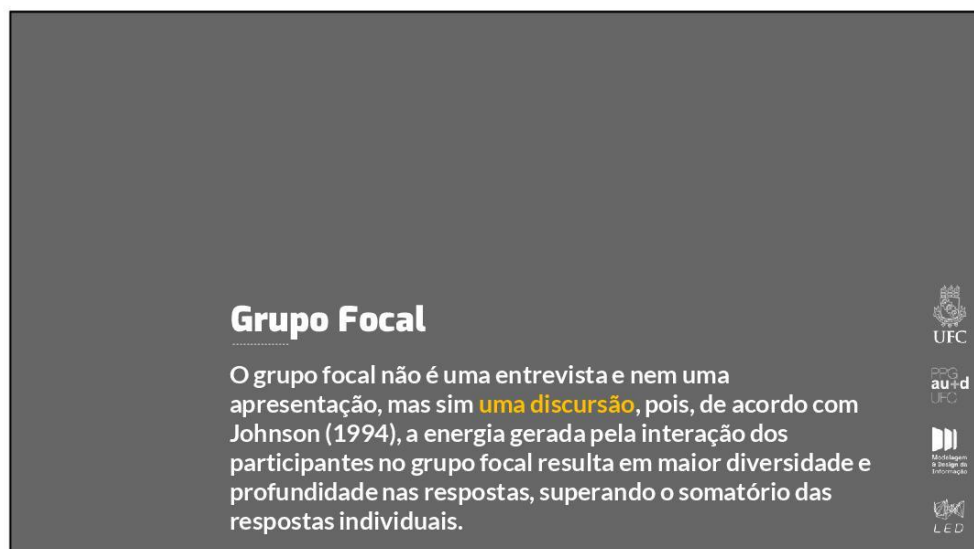
☐ Não

17. Se sim, descreva essas alterações.

18. 10. Gostaria de deixar comentários adicionais sobre este MODO como um todo? *

This content is neither created nor endorsed by Google.

APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO DO GRUPO FOCAL E ENTREVISTAS



Objetivo

O objetivo específico do grupo focal é compreender a **utilidade e aplicabilidade** do Manual de Implementação para os professores que ministram disciplinas de projeto no curso de Arquitetura e Urbanismo.



Finalidade

Busca-se verificar como esses professores percebem o manual em termos de clareza, praticidade, e sua **capacidade de facilitar a incorporação das tecnologias XR no cotidiano das aulas**.

Este processo é essencial para validar e, se necessário, aprimorar o manual, garantindo que ele **atenda às necessidades** tanto dos alunos quanto dos **professores**.



Caracterização

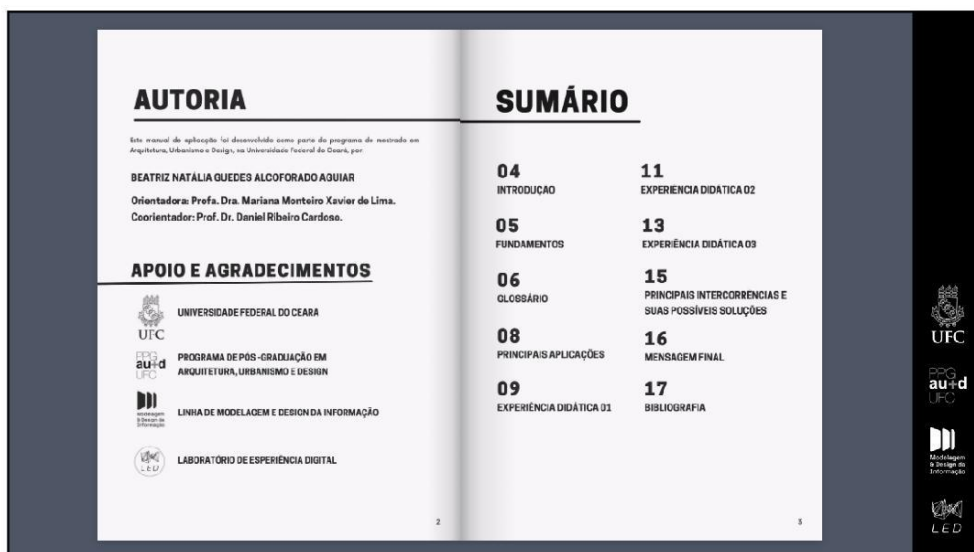
Nome
Disciplina
Familiaridade com XR

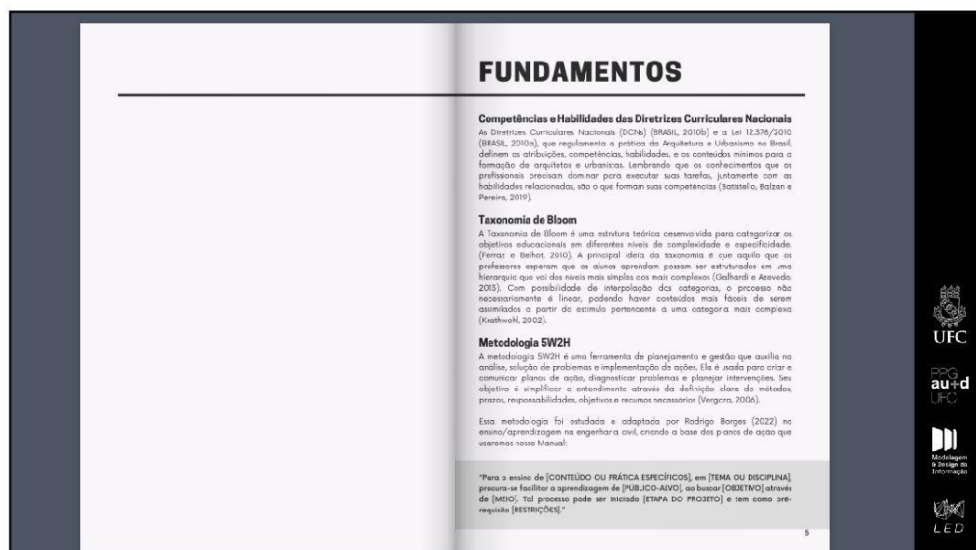
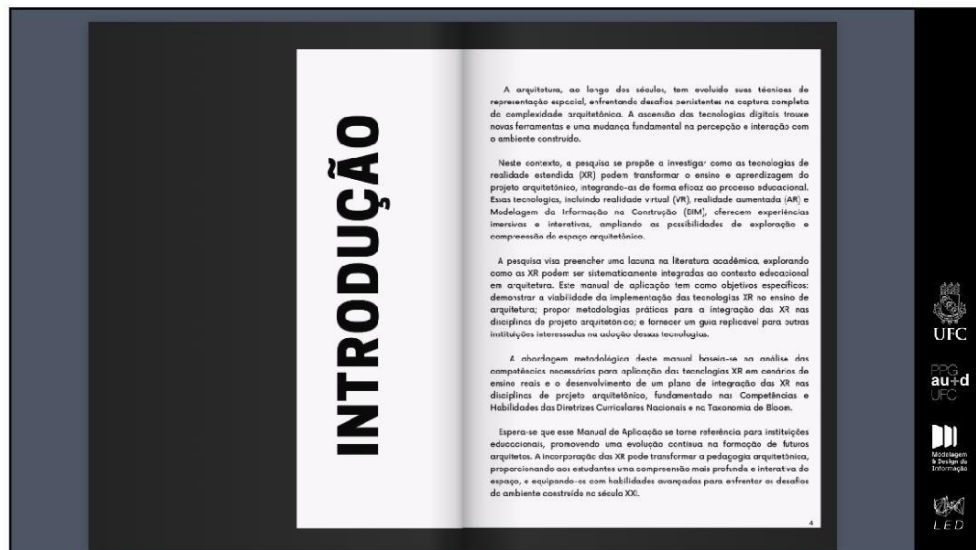


Cronograma

- | | |
|---|--------------|
| 1. Apresentação do Manual | (10 minutos) |
| 2. Discussão Aberta | (30 minutos) |
| 3. Atividades de Análise: | |
| - Questionário Quantitativo | (5 minutos) |
| - Atividade de Análise Qualitativa em Grupo | (15 minutos) |









EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 01:

SW2H	PLANO DE AÇÃO	EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
What? (O quê?)	Conteúdo ou Público Específico	Concepção de volumetria escultural que atenda ao programa
Where? (Onde?)	Tema ou Disciplina	Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador
Who? (Quem?)	Público-alvo	Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo
Why? (Porquê?)	Objetivo	Propor uma avaliação qualitativa do espaço proposto como solução.
How? (Como?)	Método	Dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Rift S + Twinmotion + ArchiCAD)
When? (Quando?)	Etapas do projeto	Na concepção de formas volumétricas
How Much? (Quanto custa?)	Recursos	As formas mais definidas

Para o ensino da concepção de volumetria escultural que atenda ao programa, em Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador, procura-se facilitar a aprendizagem de Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo, ao buscar propor uma avaliação qualitativa do espaço proposto como solução através de dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Rift S + Twinmotion + ArchiCAD). Tal processo pode ser iniciado na concepção de formas volumétricas e tem como pré-requisito as formas iniciais definidas.

Taxonomia de Bloom

Nessa experiência os estudantes estarão envolvidos em atividades que abordam principalmente os três níveis mais altos da taxonomia: O1: alunos estarão analisando e avaliando as formas volumétricas, sintetizando informações para criar soluções que atendam aos requisitos do projeto e realizando uma avaliação qualitativa do espaço proposto. Isso requer um pensamento crítico e avaliativo avançado.

EXPLORANDO VOLUMETRIA COM VR

Recursos:

- 1 grupo de estudantes de Arquitetura e Urbanismo
- 1 professor orientador
- 1 software de modelagem BIM como o ArchiCAD
- 1 software de visualização como o Twinmotion
- 1 óculos de realidade virtual como o Oculus Rift S
- 1 data show

Instruções:

- Defina o programa arquitetônico que os alunos devem seguir para o projeto.
- Permita que iniciem seus projetos pelo volume para que possam fazer o comparativo com o CUB/m³ usado o ArchiCAD.
- Inicie o programa de visualização Twinmotion no computador e faça o conexão através de Directlink entre o Twinmotion e o ArchiCAD.
- Escolha um aluno para começar a atividade, entregue-lhe os óculos de realidade virtual Oculus Rift S e faça o conexão do óculos com o computador.
- No Twinmotion, ative a visualização VR e o aluno iniciará a visualização imersiva de sua criação.
- Conecte o data show ao computador para transmitir a imagem para os demais alunos.
- Durante a visualização os alunos devem avaliar qualitativamente o espaço proposto como solução para a atividade.
- O professor orientador acompanha e orienta os alunos durante todo o processo.

Principal benefício da atividade:

Os alunos podem ver seus primeiros volumes do projeto criados no computador, agora em tamanho real, seus impactos ao observador e sua interação com o entorno.

Orientações adicionais:

- Encoraje os alunos a explorar diferentes ângulos e perspectivas durante a visualização, pois essa atividade é mais externa do que interna na edificação.
- Incentive a discussão e o compartilhamento de ideias entre os alunos durante a atividade.
- Essa atividade também pode ser feita com vários alunos caso tenha mais óculos VR e computadores disponíveis, não sendo necessário o data show nesse caso.

9

10

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 02:

SW2H	PLANO DE AÇÃO	EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
What? (O quê?)	Conteúdo ou Público Específico	Definição do layout interno do edifício
Where? (Onde?)	Tema ou Disciplina	Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador
Who? (Quem?)	Público-alvo	Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo
Why? (Porquê?)	Objetivo	Avaliar as estratégias arquitetônicas e suas implicações para o usuário final
How? (Como?)	Método	Dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Enscape + ArchiCAD)
When? (Quando?)	Etapas do projeto	Na desenvolvimento do edifício
How Much? (Quanto custa?)	Recursos	Edifício com layout interno definido

Para o ensino com adoção da definição do layout interno do edifício, em Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador, procura-se facilitar a aprendizagem de Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo, ao buscar avaliar as estratégias arquitetônicas e suas implicações para o usuário final através de dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Enscape + ArchiCAD). Tal processo pode ser iniciado no desenvolvimento do edifício e tem como pré-requisito o edifício com layout interno básico.

Taxonomia de Bloom

Nessa experiência os estudantes estarão envolvidos em atividades que abordam os níveis mais altos da taxonomia: O1: alunos terão que compreender como os diferentes elementos de design interagem e afetam o uso do espaço, aplicando seu conhecimento e habilidades de projeto e design de interiores, analisando como diferentes layouts impactam a funcionalidade e a experiência do usuário final, avaliando a eficiência dos layouts propostos e criando suas soluções.

PROJETO IMERSIVO DE LAYOUT INTERNO

Recursos:

- 1 grupo de estudantes de Arquitetura e Urbanismo
- 1 professor orientador
- 1 software de modelagem BIM como o ArchiCAD
- 1 software de visualização como o Enscape
- 1 óculos de realidade virtual como o Oculus Quest 2

Instruções:

- Divida os alunos em duplas.
- Em cada dupla, um aluno será responsável por estar imerso na realidade virtual com o óculos VR e o outro será responsável por realizar as alterações no BIM no ArchiCAD.
- O aluno imerso na realidade virtual dará suas orientações de voz para orientar o colega que está no computador a realizar as alterações no layout interno do edifício.
- As alterações feitas no ArchiCAD serão refletidas em tempo real no Enscape, que será exibido no óculos VR do aluno imerso.
- Assim terá alterações BIM no seu projeto feitas a partir da perspectiva do usuário.
- O professor orientador acompanha e orienta os alunos durante todo o processo.

Principal benefício da atividade:

Conseguir alterações projetuais em BIM a partir da perspectiva do usuário final, permitindo-lhes avaliar estratégias arquitetônicas através de uma experiência prática e imersiva no processo de projeto.

Orientações adicionais:

- Toda a turma deve participar da atividade, permitindo que todos os alunos experimentem e modifiquem o layout na realidade virtual e também decidam do projeto a partir da perspectiva do usuário.
- Encoraje os alunos a considerarem as consequências de suas decisões de projeto para o usuário final durante a atividade.
- Incentive a comunicação eficaz entre os membros da dupla para garantir que as alterações sejam realizadas corretamente e reflitam as intenções do aluno imerso na realidade virtual.

11

12

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 03:

SW2H	PLANO DE AÇÃO	EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
What? (O quê?)	Conteúdo ou Prática Específica	Compreensão do entorno e suas características ao longo do tempo
Where? (Onde?)	Tema ou Disciplina	Tópico Avançado em Representação e Projeto
Who? (Quem?)	Participantes	Estudantes do quinto ano semestre de Arquitetura e Urbanismo
Why? (Porquê?)	Objetivo	Analisar as características e as estratégias arquitetônicas observadas em uma comunidade
How? (Como?)	Método	Dispositivo imersivo para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Google Earth Pro)
When? (Quando?)	Etapa do projeto	Na determinação do terreno
How Much? (Quanto custa?)	Riscos/benefícios	Análise de local de estudo

Para a análise da compreensão do entorno e suas características ao longo do tempo, em Tópicos Avançados em Representação e Projeto, procura-se facilitar a aprendizagem de estudantes do quinto ao oitavo semestre de Arquitetura e Urbanismo, ao buscar avaliar as características e estratégias arquitetônicas utilizadas em uma comunidade através de dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Google Earth Pro). Tal processo pode ser iniciado na determinação do terreno e tem como pré-requisito a escolha de local de estudo.

Taxonomia de Bloom

Nessa experiência, os estudantes estarão envolvidos em atividades que exploram principalmente os níveis Entender e Analisar. Aqui, os alunos são desafiados a compreender as complexidades do ambiente construído, analisando sua estética, interação com o entorno e suas alterações ao longo do tempo. Eles também são incentivados a avaliar criticamente as estratégias arquitetônicas utilizadas na vila, considerando não apenas o aspecto visual, mas também seu impacto social, cultural e ambiental para a comunidade.

ANÁLISE DO ENTORNO VIRTUALMENTE

Recursos:

- 1 grupo de estudantes de Arquitetura e Urbanismo
- 1 professor orientador
- 1 terreno, edificação ou rua a ser estudada
- 1 software de visualização de mapas como o Google Earth Pro
- 1 óculos de realidade virtual como o Oculus Quest 2

Instruções:

1. Inicie o Google Earth Pro no computador.
2. Coloque o endereço do seu objeto de estudo no mapa.
3. Inicie o Oculus Quest 2 e conecte ao computador.
4. Coloque a visualização em VR no Google Earth Pro e proporcione aos alunos a sensação de explorar o espaço sem estar lá fisicamente.
5. O professor orientador acompanha e orienta os alunos durante toda o processo.

Principal benefício da atividade:

Permitir aos alunos uma experiência imersiva e realista de explorar um espaço construído, mesmo estando fisicamente distantes, permitindo uma análise do entorno e uma maior envolvimento com o conteúdo.

Orientações adicionais:

- Encoraje os alunos a observarem detalhadamente as características arquitetônicas do espaço e do seu entorno.
- Incentive a reflexão sobre as possibilidades e desafios desse ambiente/comunidade.
- Use essa atividade para aumentar o engajamento dos alunos e tornar o aprendizado mais interativo e envolvente.
- Essa mesma atividade pode ser usada para o estudo de edifícios históricos ou locais em que seria complicado levar um grupo de alunos.

PRINCIPAIS INTERCORRÊNCIAS E SUAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Durante as experiências didáticas, é possível que ocorram contratempos envolvendo equipamentos, conexões ou situações diversas que demandem preparação prévia para minimizá-los. Abaixo, listamos as intercorrências mais comuns e suas possíveis soluções.

INTERCORRÊNCIA	EXEMPLOS PRÁTICOS	POSSÍVEIS SOLUÇÕES
Falta de Internet	Momento em que a possibilidade de uso dos equipamentos depende da qualidade da conexão de internet. Se não houver conexão, a experiência não pode ser realizada.	Se possível, usar uma conexão de internet mais rápida e estável. Se não for possível, usar uma conexão de internet mais rápida e estável.
Adaptadores	Pode parecer óbvio, mas acontece de o computador não ter a entrada necessária e não possuir um adaptador para realizar sua experiência didática.	Realizar uma verificação prévia dos equipamentos e conexões antes da experiência didática, a fim de evitar problemas e garantir o funcionamento.
Queda de conteúdo	Pode acontecer de mesmo com o uso de cabo, os programas apresentarem falhas ou quedas de conteúdo, interrompendo a experiência e causando perda de tempo.	Se for possível, salvar o conteúdo antes da experiência didática. Se não for possível, salvar o conteúdo antes da experiência didática.
Hibernar	No caso de alunos durante o uso do equipamento, pode ocorrer de o sistema hibernar, interrompendo a experiência e causando perda de tempo.	Nesse caso, pode ser interessante salvar o conteúdo antes da experiência didática, a fim de evitar problemas e garantir o funcionamento.
Taxonomia	Para alunos que forem utilizar os equipamentos, pode ocorrer de o sistema hibernar, interrompendo a experiência e causando perda de tempo.	Fazer o conteúdo salvo antes de iniciar a experiência didática. Se não for possível, salvar o conteúdo antes da experiência didática.

A implementação das tecnologias de Realidade Virtual (VR) na análise de projetos arquitetônicos, conforme detalhada neste manual, resulta em uma abordagem única e benéfica para a educação em arquitetura. A integração de realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR) e *Madalenas da Informação na Construção (MIM)* proporcionam aos estudantes experiências imersivas e interativas que ampliam significativamente a compreensão e exploração do espaço arquitetônico.

De modo prático, este manual oferece diretrizes e metodologias claras para que seja repleto e utilizado como referência por outras instituições de ensino, incentivando a adoção dessas tecnologias em sala de aula e promovendo uma evolução contínua na formação dos futuros arquitetos.

Por fim, a adoção das XX no ensino de arquitetura prepara os estudantes para os desafios do ambiente construído no século XXI, equipando-os com competências avançadas e, principalmente, com o desenvolvimento de habilidades de representação e compreensão espacial do projeto arquitetônico, ficando assim cada vez mais alinhados com as demandas tecnológicas e criativas do mundo contemporâneo.

"O novo sempre vem!"
(Beitcher, 1976)

[illegible]

11

XR



**Discussão
Aberta**

Sobre a tecnologia

1. Em relação às suas disciplinas, quais as principais dificuldades dos alunos? E porquê?



**Discussão
Aberta**

Sobre a tecnologia

2. Qual o potencial da aplicação dessas tecnologias para mitigar essas dificuldades?



**Discussão
Aberta**

Sobre a tecnologia

3. E além da sua disciplina, existe potencial de aplicação dessa tecnologia em outras disciplinas? Quais e por que?



**Discussão
Aberta**

Sobre o manual

1. Como esse manual poderá ajudar nessa integração das tecnologias XR na sua sala de aula?



**Discussão
Aberta**

Sobre o manual

2. O manual apresentou informações suficientes para você se sentir confiante em utilizar as tecnologias XR nas suas aulas?



**Discussão
Aberta**

Sobre o manual

3. Como você avalia a clareza das instruções contidas no manual? Há alguma parte que você considerou confusa ou difícil de entender?



**Discussão
Aberta**

Sobre o manual

4. Quais seriam as principais dificuldades ou barreiras que você antevê na adoção das tecnologias XR, considerando seu contexto?



**Discussão
Aberta**

Sobre o manual

5. Como você sugere que essas dificuldades poderiam ser mitigadas ou resolvidas?



3. Atividades de Análise

Questionário Quantitativo



Formulário

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN

Laboratório de Experiência Digital

Grupo Focal - Formulário Quantitativo

O objetivo deste grupo focal é entender a utilidade e aplicabilidade do Manual de Implantação de Tecnologias III nas disciplinas de projeto arquitetônico.

beatriz.guedes@gmail.com Switch account

Not shared

*Indicações essenciais quanto a:

Utilidade *

1 2 3 4 5

Não é útil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ É muito útil

Aplicabilidade *

1 2 3 4 5

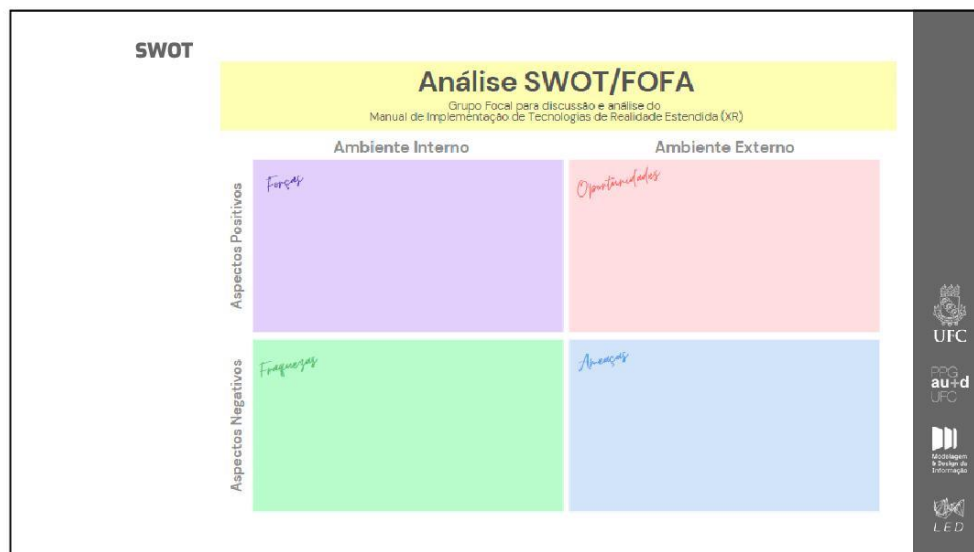
Não é aplicável ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ É muito aplicável

Submit Clear form

link:

<https://forms.gle/vG7U5xSA5zk7TNEe9>





Agradecimentos

Projeto de pesquisa LEDrX
Professores, monitores, bolsistas e voluntários



Laboratório de Experiência Digital



GRANT RECIPIENT
Higher Ed XR Innovation
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Logos: UFC, PPG au+d, UFPA, Mestrado em Design de Interação, LED



APÊNDICE D – GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO



**LABORATÓRIO DE
EXPERIÊNCIA DIGITAL**

GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO

**DE REALIDADES ESTENDIDAS (XR)
NO ENSINO/APRENDIZAGEM DE
PROJETO ARQUITETÔNICO**

XR



PPG
au+d
UFC



Modelagem
& Design da
Informação

AUTORIA

Este guia de aplicação foi desenvolvido como parte do programa de mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Design, na Universidade Federal do Ceará, no ano de 2024, por:

BEATRIZ NATÁLIA GUEDES ALCOFORADO AGUIAR

Orientadora: Profa. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima.

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso.

APOIO E AGRADECIMENTOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ



**PROGRAMA DE PÓS -GRADUAÇÃO EM
ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN**



LINHA DE MODELAGEM E DESIGN DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE EXPERIÊNCIA DIGITAL

∞ Meta META PLATFORMS TECHNOLOGIES

SUMÁRIO

05

INTRODUÇÃO

07

FUNDAMENTOS

08

GLOSSÁRIO

11

PRINCIPAIS APLICAÇÕES

12

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 01:
ANÁLISE DO ENTORNO
VIRTUALMENTE

14

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 02:
EXPLORANDO VOLUMETRIAS
COM VR

16

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 03:
PROJETO IMERSIVO DE
LAYOUT INTERNO

18

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA MODELO

19

PRINCIPAIS INTERCORRÊNCIAS E
SUAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES

20

REQUISITOS MÍNIMOS

22

MENSAGEM FINAL

23

BIBLIOGRAFIA

INTRODUÇÃO

A arquitetura, ao longo dos séculos, tem evoluído suas técnicas de representação espacial, enfrentando desafios persistentes na captura completa da complexidade arquitetônica. A ascensão das tecnologias digitais trouxe novas ferramentas e uma mudança fundamental na percepção e interação com o ambiente construído.

Neste contexto, a pesquisa se propõe a investigar como as tecnologias de realidade estendida (XR) podem transformar o ensino e aprendizagem do projeto arquitetônico, integrando-as de forma eficaz ao processo educacional. Essas tecnologias, incluindo realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR) e Modelagem da Informação na Construção (BIM), oferecem experiências imersivas e interativas, ampliando as possibilidades de exploração e compreensão do espaço arquitetônico.

A pesquisa visa preencher uma lacuna na literatura acadêmica, explorando como as XR podem ser sistematicamente integradas ao contexto educacional em arquitetura. Este manual de aplicação tem como objetivos específicos: demonstrar a viabilidade da implementação das tecnologias XR no ensino de arquitetura; propor metodologias práticas para a integração das XR nas disciplinas de projeto arquitetônico; e fornecer um guia replicável para outras instituições interessadas na adoção dessas tecnologias.

A abordagem metodológica deste guia baseia-se na análise das competências necessárias para aplicação das tecnologias XR em cenários de ensino reais e o desenvolvimento de um plano de integração das XR nas disciplinas de projeto arquitetônico, fundamentado nas Competências e Habilidades das Diretrizes Curriculares Nacionais e na Taxonomia de Bloom.

Espera-se que esse Guia de Aplicação se torne referência para instituições educacionais, promovendo uma evolução contínua na formação de futuros arquitetos. A incorporação das XR pode transformar a pedagogia arquitetônica, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais profunda e interativa do espaço, e equipando-os com habilidades avançadas para enfrentar os desafios do ambiente construído no século XXI.

FUNDAMENTOS

Competências e Habilidades das Diretrizes Curriculares Nacionais

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) (BRASIL, 2010b) e a Lei 12.378/2010 (BRASIL, 2010a), que regulamenta a prática da Arquitetura e Urbanismo no Brasil, definem as atribuições, competências, habilidades, e os conteúdos mínimos para a formação de arquitetos e urbanistas. Lembrando que os conhecimentos que os profissionais precisam dominar para executar suas tarefas, juntamente com as habilidades relacionadas, são o que formam suas competências (Batistello, Balzan e Pereira, 2019).

Taxonomia de Bloom

A Taxonomia de Bloom é uma estrutura teórica desenvolvida para categorizar os objetivos educacionais em diferentes níveis de complexidade e especificidade. (Ferraz e Belhot, 2010). A principal ideia da taxonomia é que aquilo que os professores esperam que os alunos aprendam possam ser estruturados em uma hierarquia que vai dos níveis mais simples aos mais complexos (Galhardi e Azevedo, 2013). Com possibilidade de interpolação das categorias, o processo não necessariamente é linear, podendo haver conteúdos mais fáceis de serem assimilados a partir do estímulo pertencente a uma categoria mais complexa (Kratwohl, 2002).

Metodologia 5W2H

A metodologia 5W2H é uma ferramenta de planejamento e gestão que auxilia na análise, solução de problemas e implementação de ações. Ela é usada para criar e comunicar planos de ação, diagnosticar problemas e planejar intervenções. Seu objetivo é simplificar o entendimento através da definição clara de métodos, prazos, responsabilidades, objetivos e recursos necessários (Vergara, 2006).

Essa metodologia foi estudada e adaptada por Rodrigo Borges (2022) no ensino/aprendizagem na engenharia civil, criando a base dos planos de ação que usaremos nesse Manual:

“Para o ensino de [CONTEÚDO OU PRÁTICA ESPECÍFICOS], em [TEMA OU DISCIPLINA], procura-se facilitar a aprendizagem de [PÚBLICO-ALVO], ao buscar [OBJETIVO] através de [MEIO]. Tal processo pode ser iniciado [ETAPA DO PROJETO] e tem como pré-requisito [RESTRICÇÕES].”

GLOSSÁRIO

Este glossário foi desenvolvido para esclarecer e definir o vocabulário técnico utilizado na pesquisa. Ele oferece uma referência acessível das definições de termos e conceitos fundamentais empregados no estudo, contribuindo para a compreensão das experiências didáticas que serão apresnetadas em seguida.



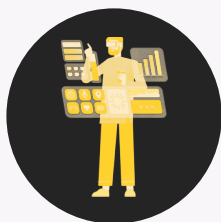
TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação

São as tecnologias utilizadas para tratamento, organização e disseminação de informações. (Takahashi, 2000, p. 176)



BIM - Building Information Modeling

Uma abordagem abrangente que combina tecnologia de modelagem com processos integrados para a produção, comunicação e análise de modelos de construção. (Eastman et al., 2014, p. 13)



XR - REALIDADE ESTENDIDA

Um termo coletivo que se refere a tecnologias imersivas, incluindo realidade virtual, realidade aumentada e realidade mista. (Almeida; Bonaldo, 2023)



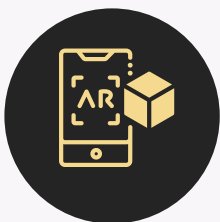
EXPERIÊNCIA DIDÁTICA

É também transformar a escola de ensino para uma escola de aprendizagem. (Rinaldi, 2014)



VR - REALIDADE VIRTUAL

Um meio que inclui simulações de computador com interatividade que dá aos usuários uma sensação de estar imerso na simulação, melhorando o feedback de pelo menos um dos sentidos dos usuários. (Sherman; Craig, 2003)



AR - REALIDADE AUMENTADA

Meio que sobrepõe informações digitais, que podem ser interativas, no mundo físico para melhorar a experiência dos usuários. (Sherman; Craig, 2003)



SOFTWARE DE MODELAGEM BIM

Conjunto de instrumentos, peças e utensílios empregados num ofício ou num trabalho manual ou mecânico. Nesse caso, ferramenta são os utensílios utilizados nas experiências em sala de aula.



SOFTWARE DE VISUALIZAÇÃO

Um programa de computador que segue instruções específicas e predeterminadas por um desenvolvedor.



INTERFACE DE PROGRAMAÇÃO VISUAL

É a utilização dos métodos, ferramentas e softwares para ensinar em sala de aula.



RENDERIZADOR

Um software de arquitetura desenvolvido pela empresa Graphisoft que utiliza a metodologia Building Information Modeling (BIM).

PRINCIPAIS APLICAÇÕES

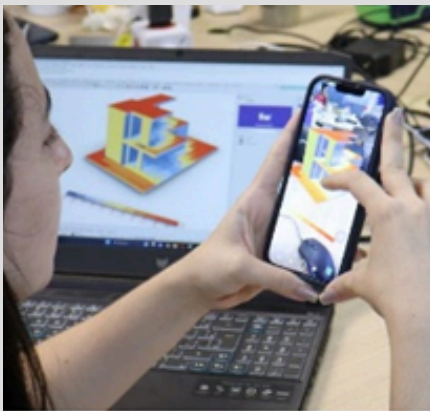
As tecnologias de realidade estendida (XR) oferecem novas formas de visualizar, interagir e compreender o espaço arquitetônico, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais rica e envolvente.

A seguir, são apresentadas algumas aplicações das tecnologias de XR no ensino de arquitetura:



VISUALIZAÇÃO IMERSIVA DE PROJETOS

A realidade virtual (VR) permite a criação de ambientes tridimensionais imersivos onde os estudantes podem explorar projetos arquitetônicos em escala real. Esta imersão facilita uma compreensão mais aprofundada das dimensões, proporções e detalhes dos projetos, permitindo uma identificação precoce de problemas de design e uma exploração de diferentes soluções.



SOBREPOSIÇÃO DE MODELOS DIGITAIS

A realidade aumentada (AR) e a realidade mista (MR) possibilitam a sobreposição de modelos digitais sobre o ambiente físico, permitindo a simulação de processos de construção em tempo real. Essa aplicação é importante para o entendimento das etapas de construção, compatibilização de projetos e identificação de desafios potenciais ainda em projeto.



ESTUDO PRESENCIALMENTE VIRTUAL

Com a realidade estendida (XR) os alunos podem realizar o estudo do entorno do terreno em que seus projetos vão ser construídos à distância. Além disso, um estudo de projetos em outros países podem ser feitos dentro de sala de aula bem como a visita virtual de edifícios históricos e complexos arquitetônicos existentes pelo mundo sem a necessidade de deslocamento físico.

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 01:

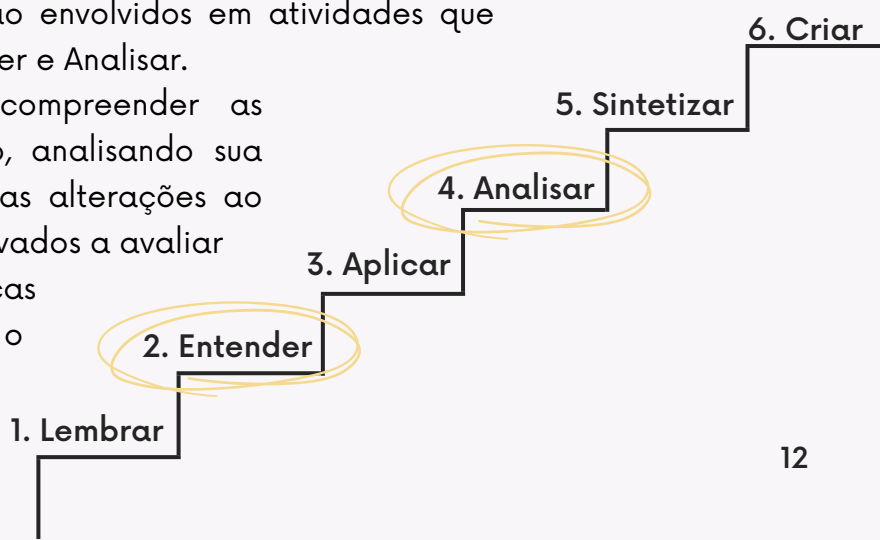
5W2H	PLANO DE AÇÃO	EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
What? (O que?)	Conteúdo ou Prática Específica	Compreensão do entorno e suas características ao longo do tempo
Where? (Onde?)	Tema ou Disciplina	Tópicos Avançados em Representação e Projeto
Who? (Quem?)	Público-alvo	Estudantes do quinto ao oitavo semestre de Arquitetura e Urbanismo
Why? (Porquê?)	Objetivo	Avaliar as características e estratégias arquitetônicas utilizadas em uma comunidade
How? (Como?)	Meio	Dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Google Earth Pro)
When? (Quando?)	Etapas do projeto	Na determinação do terreno
How Much? (Quanto custa?)	Restrições	A escolha do local de estudo

Para o ensino da compreensão do entorno e suas características ao longo do tempo, em Tópicos Avançados em Representação e Projeto, procura-se facilitar a aprendizagem de estudantes do quinto ao oitavo semestre de Arquitetura e Urbanismo, ao buscar avaliar as características e estratégias arquitetônicas utilizadas em uma comunidade através de dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Google Earth Pro). Tal processo pode ser iniciado na determinação do terreno e tem como pré-requisito a escolha do local de estudo.

Taxonomia de Bloom

Nessa experiência, os estudantes estarão envolvidos em atividades que exploram principalmente os níveis Entender e Analisar.

Aqui, os alunos são desafiados a compreender as complexidades do ambiente construído, analisando sua estética, interação com o entorno e suas alterações ao longo do tempo. Eles também são incentivados a avaliar criticamente as estratégias arquitetônicas utilizadas na vila, considerando não apenas o aspecto visual, mas também seu impacto social, cultural e ambiental para a comunidade.



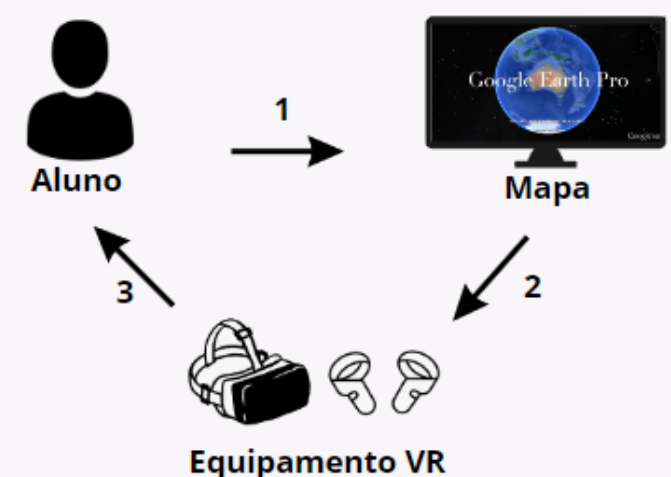
ANÁLISE DO ENTORNO VIRTUALMENTE

Recursos:

- 1 grupo de estudantes de Arquitetura e Urbanismo
- 1 professor orientador
- 1 terreno, edificação ou rua a ser estudada
- 1 software de visualização de mapas como o Google Earth Pro
- 1 óculos de realidade virtual como o Oculus Quest 2

Instruções:

1. Inicie o Google Earth Pro no computador.
2. Coloque o endereço do seu objeto de estudo no mapa.
3. Inicie o Oculus Quest 2 e conecte ao computador.
4. Coloque a visualização em VR no Google Earth Pro e proporcione aos alunos a sensação de explorar o espaço sem estar lá fisicamente.
5. O professor orientador acompanha e orienta os alunos durante todo o processo.



1. Pesquisa; 2. Transmissão; 3. Visualização

Principal benefício da atividade:

Permitir aos alunos uma experiência imersiva e realista de explorar um espaço construído, mesmo estando fisicamente distantes, permitindo uma análise do entorno e uma maior envolvimento com o conteúdo.

Orientações adicionais:

- Encoraje os alunos a observarem detalhadamente as características arquitetônicas do espaço e do seu entorno.
- Incentive a reflexão sobre as possibilidades e desafios desse ambiente/comunidade.
- Use essa atividade para aumentar o engajamento dos alunos e tornar o aprendizado mais interativo e envolvente.
- Essa mesma atividade pode ser usada para o estudo de edifícios históricos ou locais em que seria complicado levar um grupo de alunos.

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 02:

5W2H	PLANO DE AÇÃO	EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
What? (O que?)	Conteúdo ou Prática Específica	Concepção de volumetria escultural que atenda ao programa
Where? (Onde?)	Tema ou Disciplina	Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador
Who? (Quem?)	Público-alvo	Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo
Why? (Porquê?)	Objetivo	Propor uma avaliação qualitativa do espaço proposto como solução.
How? (Como?)	Meio	Dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Rift S + Twinmotion + ArchiCAD)
When? (Quando?)	Etapas do projeto	Na concepção de formas volumétricas
How Much? (Quanto custa?)	Restrições	As formas iniciais definidas

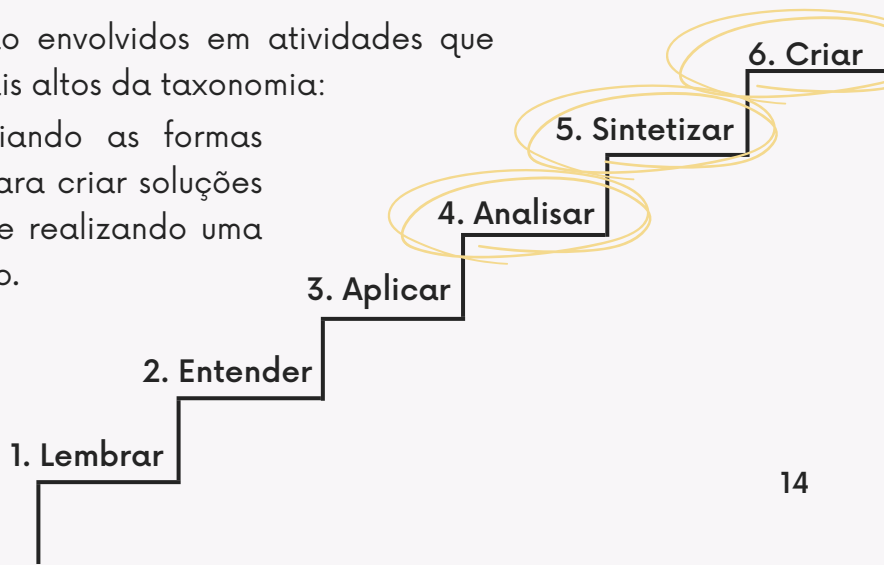
Para o ensino da concepção de volumetria escultural que atenda ao programa, em Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador, procura-se facilitar a aprendizagem de Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo, ao buscar propor uma avaliação qualitativa do espaço proposto como solução através de dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Rift S + Twinmotion + ArchiCAD). Tal processo pode ser iniciado na concepção de formas volumétricas e tem como pré-requisito as formas iniciais definidas.

Taxonomia de Bloom

Nessa experiência os estudantes estarão envolvidos em atividades que abordam principalmente os três níveis mais altos da taxonomia:

Os alunos estarão analisando e avaliando as formas volumétricas, sintetizando informações para criar soluções que atendam aos requisitos do projeto e realizando uma avaliação qualitativa do espaço proposto.

Isso requer um pensamento crítico e avaliativo avançado.



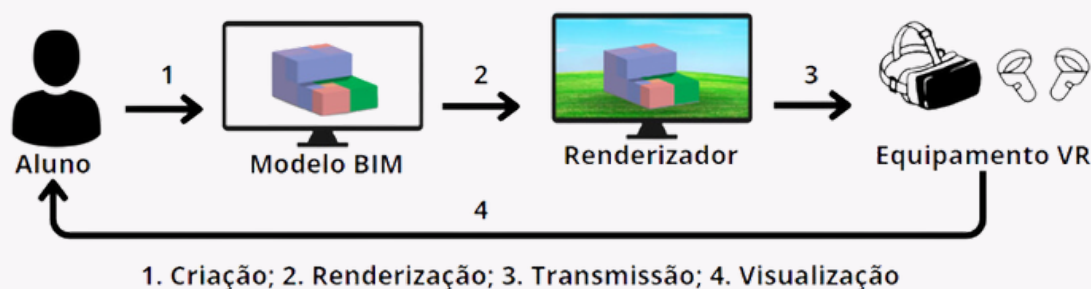
EXPLORANDO VOLUMETRIA COM VR

Recursos:

- 1 grupo de estudantes de Arquitetura e Urbanismo
- 1 professor orientador
- 1 software de modelagem BIM como o Archicad
- 1 software de visualização como o Twinmotion
- 1 óculos de realidade virtual como o Oculus Rift S
- 1 datashow

Instruções:

1. Defina o programa arquitetônico que os alunos devem seguir para o projeto.
2. Permita que iniciem seus projetos pelo volume para que possam fazer o comparativo com o CUB/m² usando o ArchiCAD.
3. Inicie o programa de visualização Twinmotion no computador e faça a conexão através do DirectLink entre o Twinmotion e o ArchiCAD.
4. Escolha um aluno para começar a atividade, entregue-lhe os óculos de realidade virtual Oculus Rift S e faça a conexão do óculos com o computador.
5. No Twinmotion, acione a visualização VR e o aluno iniciará a visualização imersiva de sua criação.
6. Conecte o datashow ao computador para transmitir a imagem para os demais alunos.
7. Durante a visualização, os alunos devem avaliar qualitativamente o espaço proposto como solução para a atividade.
8. O professor orientador acompanha e orienta os alunos durante todo o processo.



Orientações adicionais:

- Encoraje os alunos a explorar diferentes ângulos e perspectivas durante a visualização, pois essa atividade é mais externa do que interna na edificação.
- Incentive a discussão e o compartilhamento de ideias entre os alunos durante a atividade.
- Essa atividade também pode ser feita com vários alunos caso tenha mais óculos VR e computadores disponíveis, não sendo necessário o data show nesse caso.

Principal benefício da atividade:

Os alunos podem ver seus primeiros volumes do projeto em tamanho real, seus impactos ao observador e sua interação com o entorno.

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 03:

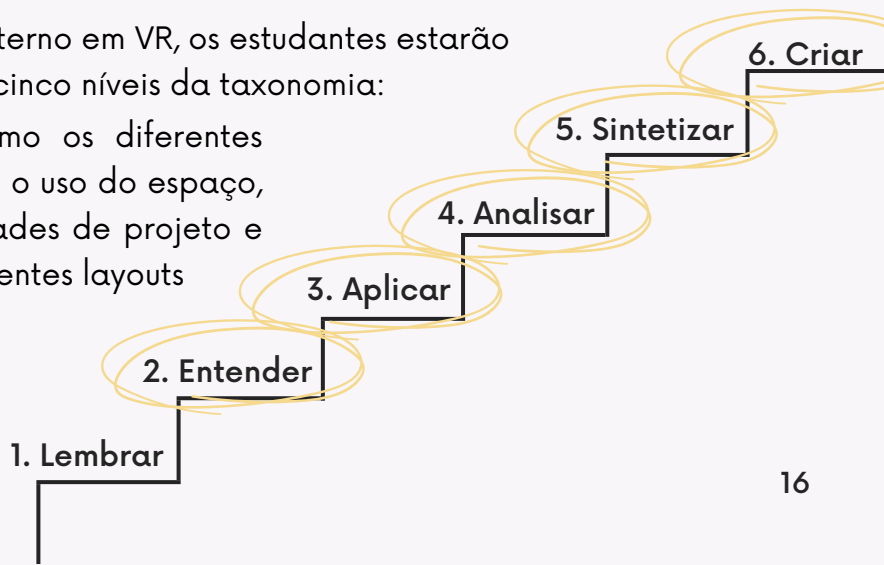
5W2H	PLANO DE AÇÃO	EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
What? (O que?)	Conteúdo ou Prática Específica	Definição do layout interno do edifício
Where? (Onde?)	Tema ou Disciplina	Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador
Who? (Quem?)	Público-alvo	Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo
Why? (Porquê?)	Objetivo	Avaliar as estratégias arquitetônicas e suas implicações para o usuário final
How? (Como?)	Meio	Dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Enscape + ArchiCAD)
When? (Quando?)	Etapas do projeto	No desenvolvimento do edifício
How Much? (Quanto custa?)	Restrições	Edifício com layout interno básico

Para o ensino com relação a definição do layout interno do edifício, em Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador, procura-se facilitar a aprendizagem de Estudantes do terceiro semestre de Arquitetura e Urbanismo, ao buscar avaliar as estratégias arquitetônicas e suas implicações para o usuário final através de dispositivos imersivos para visualização em uma visão de câmera subjetiva (Oculus Quest 2 + Enscape + ArchiCAD). Tal processo pode ser iniciado no desenvolvimento do edifício e tem como pré-requisito o edifício com layout interno básico.

Taxonomia de Bloom

Na experiência de definição do layout interno em VR, os estudantes estarão envolvidos em atividades que trabalham cinco níveis da taxonomia:

Os alunos terão que compreender como os diferentes elementos de design interagem e afetam o uso do espaço, aplicando seus conhecimentos e habilidades de projeto e design de interiores, analisam como diferentes layouts impactam a funcionalidade e a experiência do usuário final, avaliam a eficácia dos layouts projetados e criam suas soluções.



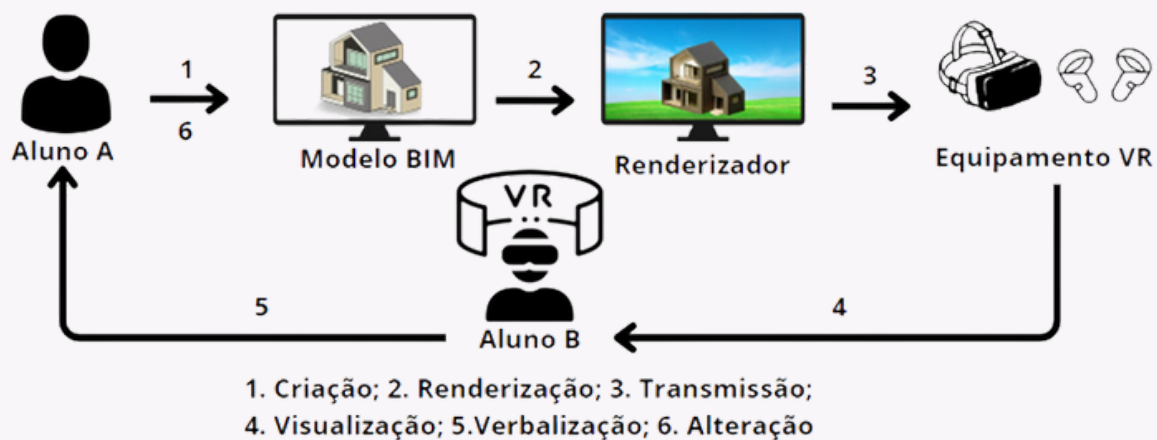
PROJETO IMERSIVO DE LAYOUT INTERNO

Recursos:

- 1 grupo de estudantes de Arquitetura e Urbanismo
- 1 professor orientador
- 1 software de modelagem BIM como o Archicad
- 1 software de visualização como o Enscape
- 1 óculos de realidade virtual como o Oculus Quest 2

Instruções:

1. Divide os alunos em duplas.
2. Em cada dupla, um aluno será responsável por estar imerso na realidade virtual com o óculos VR e o outro será responsável por realizar as alterações no BIM no ArchiCAD.
3. O aluno imerso na realidade virtual deve usar comandos de voz para orientar o colega que está no computador a realizar as alterações no layout interno do edifício.
4. As alterações feitas no ArchiCAD serão refletidas em tempo real no Enscape, que será exibido no óculos RV do aluno imerso.
5. Assim terá alterações BIM no seu projeto feitas a partir da perspectiva do usuário.
6. O professor orientador acompanha e orienta os alunos durante todo o processo.



Orientações adicionais:

- Toda a turma deve participar da atividade, permitindo que todos os alunos experimentem e modifiquem o layout na realidade virtual e tomem decisões de projeto a partir da perspectiva do usuário.
- Encoraje os alunos a considerarem as consequências de suas decisões de projeto para o usuário final durante a atividade.
- Incentive a comunicação eficaz entre os membros da dupla para garantir que as alterações sejam realizadas corretamente e reflitam as intenções do aluno imerso na realidade virtual.

Principal benefício da atividade:

Conseguir alterações projetuais em BIM a partir da perspectiva do usuário final, permitindo-lhes avaliar estratégias arquitetônicas através de uma experiência prática e imersiva no processo de projeto.

EXPERIÊNCIA DIDÁTICA MODELO

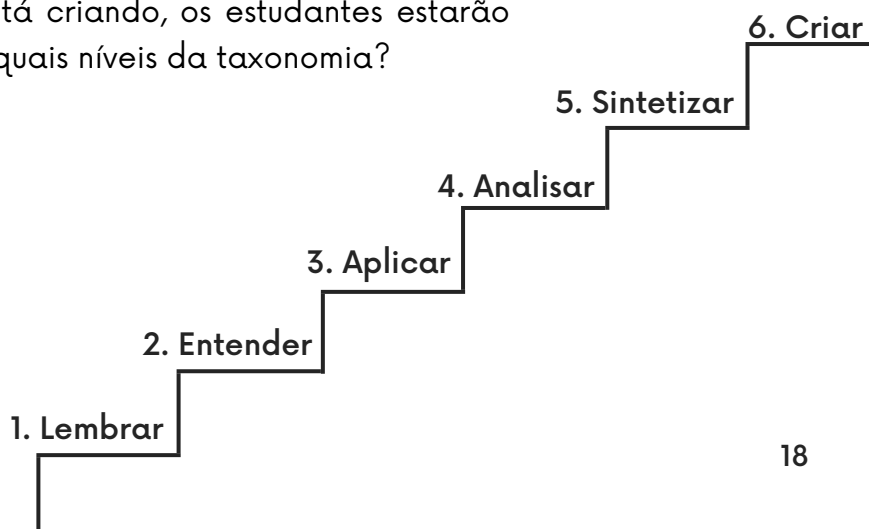
5W2H	PLANO DE AÇÃO	EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
What? (O que?)	Conteúdo ou Prática Específica	Sua vez. Preencha aqui.
Where? (Onde?)	Tema ou Disciplina	Sua vez. Preencha aqui.
Who? (Quem?)	Público-alvo	Sua vez. Preencha aqui.
Why? (Porquê?)	Objetivo	Sua vez. Preencha aqui.
How? (Como?)	Meio	Sua vez. Preencha aqui.
When? (Quando?)	Etapa do projeto	Sua vez. Preencha aqui.
How Much? (Quanto custa?)	Restrições	Sua vez. Preencha aqui.

"Para o ensino de _____ [CONTEÚDO OU PRÁTICA ESPECÍFICOS] _____,
em _____ [TEMA OU DISCIPLINA] _____,
procura-se facilitar a aprendizagem de _____ [PÚBLICO-ALVO] _____,
ao buscar _____ [OBJETIVO] _____
através de _____ [MEIO] _____.
Tal processo pode ser iniciado _____ [ETAPA DO PROJETO] _____
e tem como pré-requisito _____ [RESTRIÇÕES] _____."

Taxonomia de Bloom

Nessa experiência didática que você está criando, os estudantes estarão envolvidos em atividades que trabalham quais níveis da taxonomia?

Sua vez. Circule ao lado quais níveis da taxonomia de bloom os alunos vão alcançar com essa atividade e explique aqui um resumo da justificativa da sua escolha.



PRINCIPAIS INTERCORRÊNCIAS E SUAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Durante as experiências didáticas, é possível que ocorram contratempos envolvendo equipamentos, conexões ou situações diversas que demandem preparação prévia para minimizá-los. Abaixo, listamos as intercorrências mais comuns e suas possíveis soluções:

INTERCORRÊNCIA	EXEMPLOS PRÁTICOS	POSSÍVEIS SOLUÇÕES
Falha de Internet	Mesmo com a possibilidade de uso dos equipamentos diretamente no wifi, pode acontecer de o local da experiência didática não ter uma internet de alta qualidade ou de longo alcance.	Se precaver com o uso de cabos de conexão entre os computadores e os óculos de realidade virtual pode ser de grande ajuda.
Adaptadores	Pode parecer óbvio, mas acontece de o computador não ter a entrada necessária e você precisar de um adaptador para realizar sua experiência didática.	Realizar teste com o equipamento antes da experiência didática e confira todas as entradas e saídas necessárias para um bom funcionamento.
Arquivos pesados	Pode acontecer de mesmo com o uso do cabo, os programas apresentarem falhas visuais quando os arquivos estiverem pesando muito o processamento do equipamento.	Se for possível, diminua a quantidade de elementos necessários à serem observados nessa experiência. Se o erro persistir, aguarde um momento e tente novamente mais tarde.
Hibernar	Na troca de alunos durante o uso do equipamento, pode acontecer de os óculos VR "hibernarem" devido seu detector de presença, fazendo o próximo aluno precisar configurar o espaço novamente.	Nesse caso pode ser interessante entrar nas configurações dos óculos VR antecipadamente para alterar o tempo de espera ou de "hibernar" para que fique mais prático no dia da atividade.
Tontura	Para alunos que forem utilizar os equipamentos pela primeira vez, pode haver algum sentimento de tontura ou náusea ao ter que se adaptar aos movimentos em um plano virtual.	Fazer a atividade sentado é uma alternativa que pode ajudar a minimizar esses sintomas. E realizar mais de uma tentativa também seria prudente para que o aluno possa ir se adaptando aos poucos.

REQUISITOS MÍNIMOS

Especificações do sistema e requisitos mínimos computacionais necessários para a realização das experiências didáticas de realidade estendida.

Componente	Especificações recomendadas	Especificações mínimas
Processador	Intel i5-4590/AMD Ryzen 5 1500X ou superior	Intel i3-6100/AMD Ryzen 3 1200, FX4350 ou superior
Placa gráfica	NVIDIA GTX 1060/AMD Radeon RX 480 ou superior	NVIDIA GTX 1050 Ti/AMD Radeon RX 470 equivalente ou superior
Placa de vídeo alternativa	NVIDIA GTX 970/AMD Radeon R9 290 ou superior	NVIDIA GTX 960 4 GB/AMD Radeon R9 290 ou superior
Memória	8 GB de RAM ou mais	8 GB de RAM ou mais
Sistema operacional	Windows 10 ou posterior	Windows 10 ou posterior
Portas USB	Uma porta USB 3.0	Uma porta USB 3.0
Saída de vídeo	Saída de vídeo DisplayPort compatível	Saída de vídeo miniDisplayPort compatível (adaptador miniDisplayPort para DisplayPort incluído no Rift S)

Versão dos programas utilizados nas experiências didáticas apresentadas:

- Archicad 26
- Enscape 3.5
- Twinmotion 2023
- Fologram 2020.3.21
- Ultimaker Cura 5.4
- Rhinoceros 7

IMPORTANTE:

Esse Guia foi elaborado de modo a ser o mais **atemporal** possível. É certo que as tecnologias são constantemente atualizadas, mas a principal abordagem aqui se refere ao **direcionamento** de possibilidades, para que independente da tecnologia, do equipamento, do software ou da versão, seja possível ter uma base de aplicação que ajude os docentes a dar os primeiros passos na implemetação das novas tecnologias em suas disciplinas.

MENSAGEM FINAL

A implementação das tecnologias de Realidade Estendida (XR) no ensino de projeto arquitetônico, conforme detalhado neste manual, revela-se uma abordagem viável e benéfica para a educação em arquitetura. A integração de realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR) e Modelagem da Informação na Construção (BIM) proporciona aos estudantes experiências imersivas e interativas que ampliam significativamente a compreensão e exploração do espaço arquitetônico.

Unindo XR e BIM, alinhadas as Competências e Habilidades das Diretrizes Curriculares Nacionais e aos domínios cognitivos da Taxonomia de Bloom, obtem-se uma estrutura sólida que auxilia modelos pedagógicos para integrar as XR no ensino de arquitetura. Essa estrutura de implementação está ainda mais explicada na Dissertação de Mestrado dessa autora na Universidade Federal do Ceará, sendo esse manual, um produto da mesma.

De modo prático, este guia oferece diretrizes e metodologias claras para que seja replicado e utilizado como referência por outras instituições de ensino, incentivando a adoção dessas tecnologias em sala de aula e promovendo uma evolução contínua na formação dos futuros arquitetos.

Por fim, a adoção das XR no ensino de arquitetura prepara os estudantes para os desafios do ambiente construído no século XXI, equipando-os com competências avançadas e, principalmente, com o desenvolvimento de habilidades de representação e compreensão espacial do projeto arquitetônico, ficando assim cada vez mais alinhados com as demandas tecnológicas e criativas do mundo contemporâneo.

“O novo sempre vem!”

(Belchior, 1976)

BIBLIOGRAFIA

BATISTELLO, Paula; BALZAN, Katiane Laura; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis. BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019019, abr. 2019. ISSN 1980-6809.

BRASIL. Lei nº 12.378, de 31 de dezembro de 2010. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências. Diário Oficial da República do Brasil. Casa Civil, Brasília, DF, 31 dez. 2010.

BRASIL. Câmara de Educação Superior. Resolução nº 02 de 17 de junho de 2010. Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. Diário Oficial da República do Brasil. Ministério da Educação, Conselho Nacional da Educação, Brasília, DF, 18 jun. 2010. Seção 1, p. 37-38.

GALHARDI, A.; AZEVEDO, S. Avaliações de aprendizagem: o uso da Taxonomia de Bloom. 2013. Disponível em: <http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/507/ad7a753c51e25c1529d318820a756dd2.pdf> Acesso em: 20 maio 2024.

EASTMAN, C. et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Gestão & Produção, v. 17, n. 2, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/bRkFgcJqbGCDp3HjQqFdqB>. Acesso em: 20 maio 2024.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. Understanding virtual reality: Interface, application, and design. Morgan Kaufmann. Elsevier Science, 2003.

XPR

XR



**LABORATÓRIO DE
EXPERIÊNCIA DIGITAL**

GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO

DE REALIDADES ESTENDIDAS (XR) NO ENSINO/APRENDIZAGEM DE PROJETO ARQUITETÔNICO



**PPG
au+d
UFC**



APÊNDICE E – CARTÕES DE APRESENTAÇÃO DOS PROGRAMAS



Arkio

O Arkio é um software de modelagem 3D ancorado na nuvem que permite a criação de modelos BIM e a visualização imersiva em realidade virtual de forma colaborativa. Projetado para arquitetos, engenheiros e outros profissionais da construção, ele pode ser utilizado concomitante em todas as etapas do processo de projeto.



Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



Gravity Sketch

O Gravity Sketch é um software de modelagem 3D em realidade virtual, projetado para criar rapidamente modelos 3D complexos com gestos e movimentos naturais. Ele é utilizado por designers de produtos, artistas, arquitetos e outros profissionais para esboçar e desenvolver ideias de forma intuitiva e imersiva.



Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



Blender

Você pode visualizar o modelo 3D que foi criado no Blender em tempo real em realidade virtual com o óculos VR. Também é possível utilizar o programa em realidade virtual por meio de uma tela de trabalho no ambiente virtual (ver QRcode).



Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



ShapesXR

O ShapesXR é uma plataforma de criação e colaboração em realidade virtual que permite aos usuários criar modelos 3D de forma intuitiva e imersiva em um ambiente de realidade virtual. Ele apresenta uma interface simplificada, que permite criar formas básicas e manipular objetos em 3D usando as mãos ou controles de movimento VR.



Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



Tilt Brush

O Tilt Brush é uma ferramenta de criação em realidade virtual desenvolvida pela Google que permite aos usuários pintar e criar em 3D com um controlador VR. Com o Tilt Brush, é possível escolher entre uma variedade de pincéis e cores para desenhar e pintar em um ambiente totalmente imersivo em VR.



Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



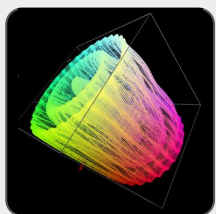
Kodon

A Kondon é um software de escultura em realidade virtual em desenvolvimento, que permite aos artistas criar modelos 3D em um verdadeiro ambiente 3D. Este software está com acesso antecipado e não está completo, o mesmo pode ou não sofrer alterações no futuro.



Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



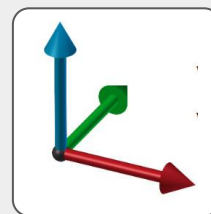
Calcflow

O Calcflow é um programa de criação de modelos 3D em realidade virtual que foi projetado para ensinar conceitos de matemática e física de maneira interativa e visualmente atraente. Dessa forma, o Calcflow pode ser utilizado para ajudar os alunos a entender conceitos matemáticos envolvidos no design arquitetônico, como proporções, simetrias, volumes, áreas, custos e geometrias.



Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



VR Model Viewer

O VR Model Viewer permite importar uma variedade de formatos de modelo para visualização e curadoria em VR. Depois de importado, você pode girar/dimensionar o modelo, pegá-lo e examiná-lo de perto em VR e criar layouts personalizados para exibir seus modelos para uso posterior.



Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	

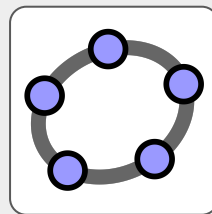


Enscape

Enscape é um plug-in de visualização em tempo real e realidade virtual para Revit, SketchUp, Rhino, Archicad e Vectorworks. Conecte-o a um headset VR e mergulhe seus clientes em seus projetos antes de construí-los.

Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



Geogebra

Coloque objetos matemáticos no mundo da realidade virtual, caminhe ao redor deles e faça capturas de tela de diferentes ângulos. Este aplicativo inclui vários exemplos de objetos matemáticos 3D que você pode colocar no mundo VR. As atividades guiadas levam você a descobrir a matemática no mundo real, fazendo capturas de tela de diferentes perspectivas.

Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	

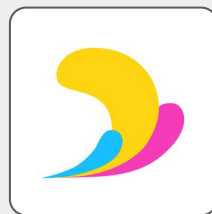


Shapelab

Shapelab é um aplicativo de design VR que oferece uma variedade de ferramentas de escultura baseadas em malha poligonal. É possível criar formas orgânicas, desde formas simples até designs complexos. Também é possível imprimir em 3D ou esculpir adereços, personagens e conceitos de alta qualidade para aplicativos, jogos e mundos virtuais, bem como arte conceitual digital e storyboards.

Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	



Quill

Quill permite que os artistas criem ilustrações finalizadas, experiências e histórias animadas, também é ideal para pré-visualização, design de conceito, storyboard, cenografia, entre outros. O Quill permite que você tome decisões importantes em um estágio inicial da produção, economizando tempo que você gastaria em iterações.

Características

Modelagem	Visualização	Prototipagem
Aumentada	Virtual	Mista
Objeto	Edificação	Paisagem
PcVR	ÓculosVR	Smartphone
Gratuito	Pago	Demo
Desenho livre	Blocos	Cotas
OBJ	FBX	IFC
Colaboração em tempo real	Passthrough	

