

Vinícius Coutinho Pereira

**A REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA COMO
FERRAMENTA AUXILIAR NO ENSINO DE PROJETO
ARQUITETÔNICO**
UM ESTUDO DE CASO EM DISCIPLINAS DE PROJETO DE
ARQUITETURA E URBANISMO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, na Linha de Pesquisa: Métodos e Técnicas aplicadas ao Projeto em Arquitetura e Urbanismo, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Carlos Eduardo Verzola Vaz. Ph.D. (UFSC)

Florianópolis, 2018.

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

Pereira, Vinicius Coutinho

A REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA COMO FERRAMENTA
AUXILIAR NO ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO ; UM
ESTUDO DE CASO EM DISCIPLINAS DE PROJETO DE
ARQUITETURA E URBANISMO. / Vinicius Coutinho
Pereira ; orientador, Carlos Eduardo Verzola Vaz,
2018.

175 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis,
2018.

Inclui referências.

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Realidade
Virtual. 3. Video Mapping. 4. Realidade Aumentada.
5. Ensino de Projeto de Arquitetura. I. Verzola
Vaz, Carlos Eduardo. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Vinícius Coutinho Pereira

**A REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA COMO
FERRAMENTA AUXILIAR NO ENSINO DE PROJETO
ARQUITETÔNICO.**
UM ESTUDO DE CASO EM DISCIPLINAS DE PROJETO DE
ARQUITETURA E URBANISMO.

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Arquitetura e Urbanismo”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PÓS-ARQ | UFSC.

Florianópolis, 16 de agosto de 2018.

Prof. Fernando Simon Westphal, Dr. Eng.
Coordenador Pós-Arq

Banca Examinadora

Prof. Carlos Eduardo Verzola Vaz. Ph.D. (Orientador)
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Ph.D. Arq. Regiane Trevisan Pupo
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Arq. Pery Roberto Segala Medeiros
Faculdades CESUSC

Dedico a minha esposa, companheira, incentivadora Ludmila
Cabizuca, aos meus Pais, irmãos e Amigos...
In Memoriam pelo meu irmão mais velho Alex. Boa Tê.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo Pós-Arq. Da Universidade Federal de Santa Catarina.

Aos Professores Titulares das Disciplinas Arquiteta Dra. Thêmis da Cruz Fagundes (UFSC) e Arquiteto Dr. PhD. Carlos Vaz (UFSC).

Ao Orientador, Arquiteto Dr. PhD. Carlos Vaz (UFSC), e à banca examinadora, Arquiteta PhD. Regiane Trevisan Pupo (UFSC) e Arquiteto Dr. Pery Segala (CESUSC).

*“Architecture is about trying to make
the world a little more like our dreams”*
(Bjarke Ingels, Arquitecto)

RESUMO

O trabalho propõe uma metodologia que se apropria de técnicas de Realidade Virtual e Aumentada no ensino de projeto em cursos de Arquitetura e Urbanismo. O ponto de partida foi a aproximação com a teoria relativa a tema na Revisão Bibliográfica, correlacionando com uma contextualização à área através do resgate teórico do Processo de Desenvolvimento de projeto relacionado a tecnologias digitais. Na sua fase prática, a pesquisa foi composta pelo desenvolvimento de três Estudos de Caso conduzidos em disciplinas de Projeto que abordam as escalas da Arquitetura, do Urbano e do Paisagismo em um conceito de multidisciplinaridade integrada. Todos os estudos contaram com processos evolutivos que marcaram os avanços da pesquisa, dentre os quais se destaca a participação voluntária dos alunos, no Estudo Piloto, passando a uma participação exigida pelos professores nos estudos seguintes, marcando o dinamismo da pesquisa em todas as esferas em que atingiu. Destaca-se ainda a organização de oficinas e treinamentos, as dinâmicas de interação com os modelos físicos, a forma de condução das bancas de apresentação, dentre outros fatores relevantes que foram emergindo no decorrer do processo. Ao final, as conclusões se estabeleceram na importância do corpo docente em incentivar a aplicação de tecnologias em sala de aula, e que estas, são capazes de auxiliar os acadêmicos em projeto, seja pela compreensão espacial, visualização imersiva e em apresentações interativas, potencializando a qualidade e entendimento dos trabalhos.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; Realidade Virtual; Projeto de Arquitetura; *Video Mapping*; Dispositivos Móveis; Maquetes.

ABSTRACT

The work proposes a methodology that appropriates Virtual and Augmented Reality techniques in project learning in Architecture and Urbanism courses. The starting point was the near line with the theory related to the theme in the Bibliographic Review, correlating with a contextualization to the area through the theoretical rescue of the Project Development Process related to digital technologies. In its practical phase, the research was composed by the development of three Case Studies conducted in Project disciplines that approach the scales of Architecture, Urban and Landscaping in a concept of integrated multidisciplinary. All the studies had evolutionary processes that marked the advances of the research, among which the voluntary participation of the students in the Pilot Study stands out, happening to a participation demanded by the teachers in the following studies, marking the dynamism of the research in all the spheres in that hit. It is also worth mentioning the organization of workshops and training, the dynamics of interaction with physical models, the way of conducting presentation booths, and other relevant factors that emerged during the process. At the end, the conclusions were based on the importance of the faculty in encouraging the application of technologies in the classroom, and that these, are able to assist the students in design, be it by the spatial comprehension, immersive visualization and in interactive presentations, quality and understanding of the work.

Keywords: Augmented Reality; Virtual Reality; Architecture Project; Video Mapping; Smartphones; Concept Models.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Processo intelectual de projeto. Fabricio (2002)..... | 26 |
| Figura 2: Planejamento da pesquisa. | 30 |
| Figura 3: Processo cognitivo de ideias. | 35 |
| Figura 4: Ciclo de Kolb (1984). | 37 |
| Figura 5: (Esquerda) Croquis de concepção para o concurso da biblioteca de Worcester. (Direita) Detalhes de piso e degraus..... | 38 |
| Figura 6: Desenhos desenvolvidos na Imperial College London em planta e elevação. Desafio para o conceito de um novo jardim na entrada da Universidade..... | 38 |
| Figura 7: Registro de Idéias Iniciais de um projetos. Setorização em planta..... | 39 |
| Figura 8: Croquis de processo de projeto..... | 40 |
| Figura 9: Croquis de processo de projeto..... | 40 |
| Figura 10: Croqui ampliação Instituto de Arte de Chicago..... | 41 |
| Figura 11: Obra concluída. Arquiteto: Renzo Piano. | 41 |
| Figura 12: Maquetes de estudo. Auditorio na Italia (2011)..... | 45 |
| Figura 13: <i>Video Mapping</i> aplicado em edificio historico deTurquia... 48 | 48 |
| Figura 14: Modelo de Video Mapping..... | 48 |
| Figura 15: “Grim Grinning Ghosts”, Disneyland..... | 49 |
| Figura 16: Instalações com movimento. Michael Naimark..... | 49 |
| Figura 17: Patente Disney: Aparelho e método para projeção sobre um objeto tridimensional..... | 50 |
| Figura 18: Sistema “A”, General Electric. | 51 |
| Figura 19: Ilustração “Escritório do Futuro”..... | 52 |
| Figura 20: Cena do filme <i>Minority Report</i> | 52 |
| Figura 21: Dynamic Shader Lamps com a paleta de cores para pintura digital..... | 53 |
| Figura 22: <i>RFIG</i> | 54 |
| Figura 23: Oliver Bimber. (a)Cortina (b)Mapeamento (c)Imagem final. | 54 |
| Figura 24: ANO 2014 The Chicago Model. Evento: City of Big Data. | 55 |
| Figura 25: Video Mapping Festival, Lille, França. 2018. | 55 |
| Figura 26: Mapa percurso Video Mapping Festival, Lille, França. 2018. | 56 |
| Figura 27: Exemplo de <i>vídeo Mapping</i> em ambiente de projeto..... | 57 |
| Figura 28: <i>Data suit. VPL</i> | 57 |
| Figura 29: Equipamentos dos anos 30 e 40..... | 59 |
| Figura 30: Equipamentos dos anos 30 e 40..... | 60 |

| | |
|---|-----|
| Figura 31: Equipamentos dos anos 70 e 80..... | 61 |
| Figura 32: Autodesk Urban Canvas. Portal informedinfrastructure..... | 66 |
| Figura 33: Simulador de voo. Air Force Industry (2012). | 67 |
| Figura 34: Videogame Playstation VR. | 69 |
| Figura 35: Óculos Cardboard..... | 71 |
| Figura 36: Aplicativos em VR disponíveis para <i>download</i> na Google Play. | 72 |
| Figura 37: Exemplos de aplicativos de VR para arquitetura..... | 72 |
| Figura 38: Oculus Rift. | 73 |
| Figura 39: Greg Lynn Form. Pavilhão USA, Bienal em Veneza em 2016. | 74 |
| Figura 40: Apresentação na Consumer Electronics Show (CES), Las Vegas. | 75 |
| Figura 41: Planejamento da pesquisa, foco estrutura Estudos de Caso. 78 | |
| Figura 42: Esquema de Condução dos Estudos de Caso Piloto e dois estudos posteriores. | 81 |
| Figura 43: Sequência de análise..... | 86 |
| Figura 44: Processo de condução do Estudo Piloto. | 88 |
| Figura 45: Planejamento da pesquisa, foco estrutura Estudos Piloto.... | 90 |
| Figura 46: Modelo físico esquemático Estudo Preliminar. | 92 |
| Figura 47: A) Calibragem dos vértices. B) Aplicação gabarito sobre a maquete. C) Aproveitamento da base da maquete como área de trabalho para projeção de diretrizes de projeto. | 94 |
| Figura 48: Apresentação final com aplicação do <i>Video Mapping</i> | 94 |
| Figura 49: Processo do ciclo trabalho do <i>Video Mapping</i> | 95 |
| Figura 50: Ciclo do processo de Realidade Virtual..... | 96 |
| Figura 51: (A) Projeto sendo visualizado pelo aplicativo Kubity. B) Estudantes visualizando o projeto dos colegas. | 97 |
| Figura 52: Diagramas comparativos entre modelo 3D x Realidade Virtual x Observador..... | 98 |
| Figura 53: Conceituação dos trabalhos a nível de estudo de massas. Banca externa de avaliação. | 98 |
| Figura 54: Tela inicial do questionário submetido aos alunos. | 99 |
| Figura 55: Tela representativa das respostas do questionário submetido aos alunos..... | 100 |
| Figura 56: Processo de condução do Estudo de Caso 01. | 110 |
| Figura 57: Desenhos de observação da turma. Montagem óculos <i>cardboard</i> | 114 |
| Figura 58: Oficina de modelagem 3D e VR..... | 114 |

| | |
|---|-----|
| Figura 59: Imagem referencial do questionário do Estudo de Caso 01 (EC-01), com análise do elemento chave grifados em vermelho. Fonte: Elaborado pelo Autor. | 117 |
| Figura 60: Utilização da Realidade Virtual transmitida ao <i>datashow</i> possibilitando a visualização com todos os alunos da turma..... | 122 |
| Figura 61: Processo da utilização da Realidade Virtual com a participação e interação dos colegas. | 123 |
| Figura 62: Confecção dos óculos <i>Cardboard</i> | 124 |
| Figura 63: Processo de condução do Estudo de Caso 02. | 125 |
| Figura 64: Workshop apresentação trabalhos semestre anterior. | 126 |
| Figura 65: Croquis de estudo com maquetes. Análise de escala e proporção à mão livre..... | 127 |
| Figura 66: Croquis. Análise de escala e proporção. | 127 |
| Figura 67: Análise do modelo 3D com o óculos <i>Cardboard</i> . Imersão com objetivo de verificar pontos de fuga e escala..... | 128 |
| Figura 68: Montagem para aplicação do Vídeo Mapping..... | 129 |
| Figura 69: Apresentação das intenções de projeto com <i>Video Mapping</i> | 129 |
| Figura 70: Utilização do código <i>QRCode</i> para Realidade Virtual. | 130 |
| Figura 71: Combinação das ferramentas digitais. Realidade Virtual e Aumentada. | 130 |
| Figura 72: Apresentação Final com o código <i>QRCode</i> do trabalho disponível no Blog do grupo para acesso da Realidade Virtual. | 133 |
| Figura 73: Apresentação Final com o código <i>QRCode</i> do trabalho disponível no Blog do grupo para acesso da Realidade Virtual. | 134 |
| Figura 74: Elementos Chave Estudo Piloto..... | 139 |
| Figura 75: Elementos Chave Estudo de Caso 01..... | 141 |
| Figura 76: Elementos Chave Estudo Piloto..... | 143 |
| Figura 77: Ciclo técnica Realidade Virtual. | 144 |
| Figura 78: Ciclo técnica Realidade Virtual com projeção final. | 144 |
| Figura 79: Interação entre técnicas de Realidade Aumentada e Virtual. | 145 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1: Referencial teórico. | 34 |
| Quadro 2: Categorização do processo de análise de dados. | 83 |
| Quadro 3: Questões aplicadas nos diferentes estudos. | 83 |
| Quadro 4: Organização dos Resultados. Exemplo EP-00. | 86 |
| Quadro 5: Organização dos Resultados EC-01 e EC-02 | 86 |
| Quadro 6: Informações colocadas para futuras aplicações..... | 106 |
| Quadro 7: Resumo evolutivo através do elemento chave..... | 137 |
| Quadro 8: Elemento chave significativo de cada etapa..... | 143 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|-------------------------------------|
| 2D | Desenho bidimensional |
| 3D | Desenho tridimensional |
| AEC | Arquitetura Engenharia e Construção |
| AR | Augmented Reality |
| BIM | Building Information Modeling |
| CAD | Computed Aided Design |
| DTM | Digital Terrain Model |
| LOD | Level of Development |
| QRCode | Quick Response Code |
| RV | Realidade Virtual |
| RA | Realidade Aumentada |
| SKP | Formato de arquivo do Sketchup |
| VM | Video Mapping |
| VR | Virtual Reality |

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 25 |
| 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA | 27 |
| 1.2 PERGUNTA DE PESQUISA..... | 28 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 28 |
| 1.4 OBJETIVOS | 30 |
| 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO | 31 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 33 |
| 2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS..... | 34 |
| 2.1.1 Cognição no processo de Criação de Projeto..... | 35 |
| 2.1.2 Ensino e Aprendizagem | 36 |
| 2.1.3 Processo Criativo e Desenho..... | 37 |
| 2.1.4 CAD, BIM e Modelagem 3D..... | 42 |
| 2.1.5 Maquetes | 43 |
| 2.2 REALIDADE AUMENTADA..... | 45 |
| 2.2.1 Definição | 45 |
| 2.2.2 Possibilidades na Arquitetura | 47 |
| 2.2.3 Evolução da técnica..... | 48 |
| 2.2.4 Aplicação e Usos | 56 |
| 2.3 REALIDADE VIRTUAL | 57 |
| 2.3.1 História e Equipamentos | 58 |
| 2.3.2 Possibilidades na Arquitetura | 65 |
| 2.3.3 Aplicações e Usos..... | 66 |
| 2.4 EQUIPAMENTOS..... | 70 |
| 2.4.1 Equipamentos de aplicação simples – custo baixo..... | 70 |
| 2.4.2 Equipamentos de aplicação complexa – custo alto | 73 |
| 3 METODOLOGIA | 77 |
| 3.1 ESTUDOS DE CASO..... | 78 |
| 3.1.1 Ementa das disciplinas | 79 |
| 3.1.2 Forma de Estruturação e Desenvolvimento | 80 |
| 3.1.3 Forma de Análise de Dados | 82 |
| 3.1.4 Organização dos Resultados | 85 |
| 3.2 ESTUDO PILOTO | 88 |
| 3.2.1 Condicionantes..... | 88 |
| 3.2.2 Campo | 91 |
| 3.2.3 Resultados | 99 |
| 3.2.4 Conclusões EP-00..... | 103 |
| 4 APLICAÇÃO METODOLOGIA | 109 |
| 4.1 ESTUDO DE CASO 01 – REALIDADE VIRTUAL..... | 109 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.1 Condicionantes..... | 110 |
| 4.1.2 Campo..... | 112 |
| 4.1.3 Resultados | 114 |
| 4.1.4 Conclusões EC-01..... | 120 |
| 4.2 ESTUDO DE CASO 02 – REALIDADE AUMENTADA + REALIDADE VIRTUAL..... | 124 |
| 4.2.1 Condicionantes..... | 125 |
| 4.2.2 Campo..... | 125 |
| 4.2.3 Resultados | 130 |
| 4.2.4 Conclusão | 134 |
| 5 RESULTADOS FINAIS | 137 |
| 6 CONCLUSÃO | 147 |
| REFERÊNCIAS | 151 |
| APÊNDICES | 159 |

1 INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento de projetos em Arquitetura é composto por fases e momentos que misturam técnicas objetivas e de tomadas de decisões embasadas pela criatividade. Afonso (1985) elabora considerações acerca da própria experiência sobre o tema, propondo uma separação entre: Ideia, o pensamento como forma representativa de algo concreto ou abstrato criado mentalmente; Método, caminho pelo qual se chega a certo resultado; Linguagem, uso da palavra como meio de expressão e comunicação entre pessoas. Segundo a autora, a dificuldade acontece no momento em que se tenta caracterizar no processo de desenvolvimento de projetos, cada um desses conceitos de forma separada, que possuem uma relação íntima e pessoal, sendo dificilmente repassada.

Fabício (2002) apud Oliveira (2011) caracteriza o projeto como um processo em que informações são criadas e tratadas por diferentes estratégias mentais e metodológicas que envolvem sentidos, abstrações, representações, bricolagens, esquemas, algoritmos, métodos e conhecimentos. O autor sintetiza o processo de projetos da seguinte maneira:

(...) processo cognitivo que transforma e cria informações, mediado por uma série de faculdades humanas, pelo conhecimento e técnicas, sendo orientado à concepção de objetos e à formulação de soluções de forma a antecipar um produto e sua obra (FABÍCIO, 2002 apud OLIVEIRA, 2011, p. 20-21).

Os autores atribuem diferentes ferramentas em cada etapa com diferentes focos: Análise e síntese, Criação, Comunicação e Desenvolvimento; relacionando Diagramas e tabelas, Esboços e desenhos, Desenhos técnicos, memoriais e textos, *Softwares* e métodos de cálculo, respectivamente, conforme a Figura 1.

Figura 1: Processo intelectual de projeto. Fabricio (2002).



Fonte: Oliveira (2011).

A forma como são desenvolvidos os projetos arquitetônicos e, principalmente, como este processo pode ser alterado de acordo com as diferentes técnicas aplicadas, mostra-se um dos focos desta pesquisa. O mesmo raciocínio vale para a forma como se dá o ensino nos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo, que podem gerar formas diferentes de se desenvolver projetos, influenciados por linhas de pensamento aplicadas nas escolas, fatores culturais, sociais ou tecnológicos, dentre outros elementos que poderiam ser citados.

O fato é que tanto a prática profissional, quanto a teoria aplicada no ensino em disciplinas de projeto, sugere um determinado caminho a ser percorrido durante o desenvolvimento da proposta, onde estão suscetíveis a influências capazes de impactar o projeto enquanto produto final deste processo. Tradicionalmente, o processo de projeto em arquitetura é caracterizado como sendo um processo subjetivo e difícil de ser externalizado. Daí o fato de pesquisadores como Celani (2003), Pupo (2008) e Özener (2009) investigarem procedimentos e mecanismos de aplicação de tecnologias digitais em disciplinas de ensino de projeto arquitetônico, visando tornar o processo mais transparente. Araújo (2017) atribui notória importância da maquete no resultado projetual, pois as análises atreladas ao desenvolvimento do modelo transferem as informações bidimensionais para as tridimensionais sejam elas, conceituais, estruturais ou qualquer outro tipo de análise conectada ao desenvolvimento do projeto. Paralelamente, atualmente as ferramentas digitais proporcionam rapidez e

possibilidades de variações de conceitos e simulações que contribuem para o processo de criação.

Esta pesquisa busca, em um primeiro momento, um aprofundamento nas diferentes formas que caracterizam o lado processual do desenvolvimento de projetos arquitetônicos, visando entender a influência das tecnologias digitais contemporâneas no ato de projetar. Este aprofundamento servirá de base para o segundo momento pretendido: A investigação acerca da manipulação de ferramentas digitais durante o processo e sua possível influência nos diferentes momentos de tomadas de decisões e proposição de soluções projetuais.

Um dos objetos desta pesquisa é relacionar as mídias digitais aos modelos físicos de estudo de projeto, a fim de agregar uma nova visão às maquetes com as sobreposições de imagens com o uso de projetores, ao conceito que se denomina *Video Mapping*. As maquetes ganham importância como ferramenta de apresentação e entendimento do projeto, além de compor forma e tridimensionalidade, apoiando as informações projetadas sobre ela, algo que enriquece a utilização do modelo físico.

Os elementos digitais conectam os estudantes ao ambiente virtual, de maneira a propiciar a imersão ao projeto, absorvendo os avanços das tecnologias de Realidade Virtual que viabilizam esta conexão. Da mesma forma, tecnologias de baixo custo, a exemplo dos *Cardboard*, permitem qualquer usuário por meio de um *smartphone*¹ interagir ao ambiente virtual, possibilitando um novo ponto de vista no ato de projetar. Estas conexões e visualizações sugerem observações pontuais, potencializando o desenvolvimento dos conteúdos de arquitetura.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Entende-se com base nas informações colocadas anteriormente, que o distanciamento da elaboração de modelos físicos, dificuldades no

¹ Smartphones são celulares com tecnologias avançadas, o que inclui programas executados um sistema operacional, equivalente aos computadores, com a capacidade de reunir diferentes aplicações em um único aparelho, tais como, fotografia, E-mail, Internet, mensagens GPS, monitor cardíaco, aplicativos para diversos fins. Um smartphone possui características de computadores, como hardware e software, pois é capaz de conectar redes de dados para acesso à internet, sincronizar dados como um computador, além da agenda de contatos e efetuar ligações.

entendimento e na representação gráfica, manifestadas por acadêmicos em disciplinas de Projeto de Arquitetura², podem estar relacionados à percepção de escalas, proporções e análises volumétricas.

Andrade (2007) comenta a respeito de como as relações espaciais eram muito mais difíceis de serem compreendidas, principalmente pelo fato dos desenhos serem fragmentados, gerando dúvidas, principalmente na compreensão do objeto tridimensional. Um dos questionamentos seria, de que maneira são oferecidos estímulos aos alunos na busca por diferentes metodologias e ferramentas de projeto, que venham a ser aplicadas em sala de aula?

Para além da pertinência ou não de tais justificativas e da eficácia do uso de modelos digitais em **substituição** aos modelos físicos, este trabalho parte do princípio de que o aprendizado baseado em experiências físicas e visuais potencializa, dentre outros fatores, a interpretação de escalas e de proporções projetuais, um conhecimento essencial na arquitetura, que é construído durante o período da graduação. Além disso, as técnicas de Realidade Virtual e Aumentada (*Video Mapping*) possuem a capacidade de aliar os elementos físicos e digitais ao processo de aprendizagem, conciliando o dinamismo característico dos meios digitais com as experiências sensoriais das modelagens físicas.

1.2 PERGUNTA DE PESQUISA

De que maneira as técnicas de Realidade Virtual e Aumentada (*Video Mapping*) podem colaborar com a compreensão espacial, corroborando o desenvolvimento de soluções projetuais em disciplinas de Projeto Arquitetônico e Urbanístico?

1.3 JUSTIFICATIVA

Entendendo a influência das tecnologias digitais como elemento de estudo, desenvolvimento e ensino de projeto de arquitetura, bem como sua potencialidade à proposição contínua de soluções durante o processo de desenvolvimento de projetos, trata-se de uma investigação acerca de como os estudantes percebem as formas e suas variações, imprimindo suas percepções compositivas, volumétricas e formais, como um agrupamento de ações durante o processo de criação de

² Baseado na experiência do autor como docente em Disciplinas de Projeto de Arquitetura e Urbanismo em fases distintas da graduação.

projeto. A dinâmica é absorvida nesta pesquisa como um resultado possível de um processo que aumenta a imersão, podendo gerar uma visão mais aprofundada acerca dos problemas de projeto.

Acredita-se que por meio de ensaios, testes e estudos específicos, seja possível fazer com que o estudante de arquitetura passe a perceber em sua própria arquitetura uma resposta acerca de forma e conteúdo, utilizando-se de uma conceituação dinamizada por maquetes rápidas e imersão virtual.

Por fim, esta pesquisa se justifica pela intenção de fortalecer continuamente o conceito de atelier como espaço experimentação de novas técnicas de maneira constante, com grande destaque à experiências vividas pelos acadêmicos através da **imersão**. O esquema exposto na sequência explicita resumidamente o planejamento da pesquisa. O trabalho apresenta-se estruturado em quatro momentos principais: **Pergunta de Pesquisa; Eixos de Estudo**, a partir dos quais se derivam os elementos a serem investigados na literatura; **Eixo de Análise**, que trata do universo imediato de aplicação da pesquisa e; por fim, o **Estudo de Caso**, como apresenta a Figura 2. Estes últimos serão aprofundados no corpo do trabalho tomando-se como base sempre esta mesma estrutura gráfica de planejamento da pesquisa.

Figura 2: Planejamento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo Geral

OG: Analisar como as técnicas de Realidade Virtual e Aumentada (*Video Mapping*) podem colaborar com o desenvolvimento de soluções projetuais em disciplinas de Projeto Arquitetônico e Urbanístico, possibilitando a evolução do processo de ensino e aprendizagem com o uso misto nos ambientes físicos e virtuais.

Objetivos Específicos

OE1: Identificar a possibilidade de utilização da Realidade Virtual e Realidade Aumentada (Video Mapping) nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, em disciplinas de projeto.

OE2: Verificar a possibilidade de uso da Realidade Virtual em disciplinas de projeto, tentando observar a influência dos custos da operacionalização do processo e dos ganhos obtidos por parte dos alunos, em termos do entendimento dos conceitos relevantes no âmbito da arquitetura, a exemplo das relações de escala e proporção.

OE3: Verificar a possibilidade de aperfeiçoar o processo de projeto utilizando as técnicas tradicionais de modelagem física com a sobreposição de elementos digitais através da Realidade Aumentada com a técnica de Video Mapping.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se estruturado em quatro capítulos principais: **(1) Introdução;** **(2) Revisão Bibliográfica;** **(3) Metodologia,** **(4) Aplicação Metodologia** e **(5) Resultados Finais,** sobre os quais se define uma breve caracterização.

A **Introdução** contextualizou a temática que será apresentada nesta pesquisa por meio de uma relação com elementos que conferem a pertinência do tema, justificada em fatos que o antecedem e o justificam na atualidade, conforme descritos anteriormente.

A **Revisão da Bibliografia** (Capítulo 2) apresenta uma sequência de temas que se estrutura visando elucidar as relações entre a temática principal e outras áreas correlatas. O capítulo se inicia com a abordagem do **processo de desenvolvimento de projetos (item 2.1)** focado no campo da Arquitetura, a partir do qual são expostos os processos de cognição, aprendizagem, criação e as tecnologias mais contemporâneas aplicadas ao processo. O tema trata das diferentes ferramentas aplicadas ao processo de projeto, desencadeando os contextos do **ensino**, das etapas pelas quais se estruturam os projetos e como as ferramentas se inserem nessas fases. As maquetes volumétricas são destacadas no recorte em uma base atual, posicionando a pesquisa nos cenários digital e físico, sendo à base do próximo tema **(item 2.2) Realidade Aumentada** com a utilização da técnica de *Video Mapping*, que permeia a integração de aplicações digitais sobre modelos físicos (maquetes) em apontamentos visuais de apresentação e representação de conteúdo.

O processo imersivo em projeto conta com os recursos da **Realidade Virtual (item 2.3)**, permeando desde os aspectos históricos, até a sua contextualização em outras áreas, com o fomento de interação entre projetista e projeto por um novo ponto de vista. Tais tecnologias introduzem o foco real da pesquisa, ou seja, o potencial de inserção das ferramentas de Realidade Virtual, com a utilização dos Óculos *Cardboard* e também a aplicação da técnica de *Video Mapping* junto às maquetes de estudo, no âmbito do ensino de projeto.

A base de pesquisa advinda da bibliografia auxilia na **Metodologia (Capítulo 3)** e **Aplicação da Metodologia (Capítulo 4)** que se caracteriza pela estruturação de formas de inserção dos recursos abordados em duas disciplinas de Projeto de Arquitetura e de Projeto de Urbanismo com ênfase em Paisagismo e Habitação Social. O capítulo 4 destaca o desenvolvimento de **Estudos de Caso 01 (4.1)**, **Estudo de Caso 02 (4.2)**, precedidos por um **Estudo Piloto (item 3.2)**.

Os **Resultados** encontrados ao final da pesquisa encontram-se abordados no **Capítulo 5**, seguido das **Conclusões (Capítulo 6)** coletadas acerca do tema e das **Referências**. Nos **Apêndices** contam com o passo-a-passo para a replicabilidade das técnicas apresentadas na pesquisa e o levantamento fotográfico das atividades realizadas durante o trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao se relacionar o ato de projetar em arquitetura com tecnologias e com ferramentas digitais, torna-se pertinente mencionar alguns fatores culturais que ocasionaram mudanças de pensamento e que, de alguma forma, se refletiram na prática da arquitetura ou de pensar arquitetura.

Com foco em arquitetura e em tecnologias da informação, Duarte (1999) aborda a história da Revolução Industrial até a Revolução Digital. Segundo o autor, no ensino de história e de teoria da arquitetura, a técnica quase sempre é inserida como intermediária entre as intenções e o objeto construído. Com a primeira Revolução Industrial, a técnica assumiria sua autonomia por meio do conhecimento que naquele momento, se encontrava embutido nas máquinas, dispensando que apenas os operários o detivessem. A transformação da técnica em tecnologia, fez com que a indústria e o comércio absorvessem o progresso tecnológico e o desenvolvimento econômico. Nesse raciocínio, diversas foram as linhas de pensamento que introduziram filosofias relevantes para a relação da arquitetura com as tecnologias. Ao estabelecer essa relação, o autor lança mão de teóricos dos meios de comunicação de massa, como *Marshall McLuhan*³, e expõe arquitetos que se apropriaram dos meios tecnológicos propondo soluções arquitetônicas pautadas pelo universo das transmissões de informação, como *Buckminster Fuller*⁴ e o grupo *Archigram*⁵ que conectavam a arquitetura ao passo da tecnologia.

³ Herbert Marshall McLuhan foi um filósofo e educador canadense nascido em 21 de julho de 1911 em Edmonton, Alberta. Teórico dos meios de comunicação estudou a interferência dos meios tecnológicos nas sensações humanas, daí o conceito de "meios de comunicação como extensões do homem" (o título de uma de suas obras).

⁴ Richard Buckminster Fuller: Milton, Massachusetts, 12 Jul. 1895. Designer, arquiteto, inventor e escritor americano, reconhecido por mais de cinco décadas, Bucky desenvolveu soluções pioneiras que refletiram seu comprometimento com os potenciais inovativos de seus projetos a fim de criar tecnologias baseadas em fazer "more with less" e assim melhorar a vida das pessoas.

⁵ Grupo Archigram: Archigram foi um grupo de arquitetos ingleses formado em 1961 - Londres, que se inspirou na tecnologia como forma de expressão para criar projetos hipotéticos, na tentativa de resgatar as premissas fundamentais da arquitetura moderna (Cf. magazine Archigram no.1, 1961), resguardadas as particularidades da época. Seus principais membros foram Peter Cook, Warren Chalk, Ron Herron, Dennis Crompton, Michael Webb e David Greene.

No processo de projeto de arquitetura, o *design* e desenho estão conectados, independente se forem feitos a mão ou computador, eles representam a ideia do projetista, um pensamento não verbal, característico da linguagem arquitetônica, são as palavras dos arquitetos, a sua maneira de expressão (LAWSON, 2005). A base referencial desta pesquisa, apresentada no Quadro 1, será compor uma conexão entre as novas tecnologias digitais, tais como Realidade Virtual e Realidade Aumentada com a técnica do *Video Mapping* sobre as maquetes físicas junto ao processo de projeto de arquitetura, focado em atividades que possam ser realizadas por acadêmicos de Arquitetura e Urbanismo em sala de aula.

O processo referencial seguirá uma linha evolutiva no processo de criação, onde será embasado o contexto de projeto arquitetônico, passando às ferramentas digitais, às novas tecnologias de Realidade Aumentada e Realidade Virtual.

Quadro 1: Referencial teórico.

| REFERENCIAL TEÓRICO | |
|--|--|
| PROCESSO DE PROJETO ARQUITETONICO | CROQUIS MAQUETES METODOLOGIAS TRADICIONAIS |
| FERRAMENTAS DIGITAIS CAD | APLICAÇÕES ARQUITETURA APLICAÇÕES ENSINO |
| FERRAMENTAS DIGITAIS REALIDADE AUMENTADA | |
| FERRAMENTAS VIRTUAIS REALIDADE VIRTUAL | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Disciplinas de projeto arquitetônico têm por objetivo instruir os estudantes no entendimento das relações de arquitetura e de construção. Nas práticas em ambientes acadêmicos, se busca estimular o desenvolvimento tanto de habilidades projetuais quanto de repertório crítico, com aplicação de conceitos adquiridos em outras disciplinas no decorrer do curso. São utilizados ainda, métodos específicos de assessoramento que visam trazer elementos da realidade prática de arquitetura. Kowaltowski et al. (2006) caracterizam que a complexidade atribuída ao processo de projeto deriva da necessidade de envolver soluções técnicas e artísticas, que são resultado da manipulação de diferentes elementos, funções, volumes, espaços, texturas, desempenho

e tecnologias. Poder-se-ia afirmar que a divisão em etapas projetuais deriva dessa complexidade, conforme modelo que ilustra Crowder (1959), de acordo com a Figura 3.

Figura 3: Processo cognitivo de ideias.



Fonte: Do autor, adaptado de Crowder (1959).

A ilustração reforça o caráter não linear do processo cognitivo do desenvolvimento de projetos com didáticas que se contrapõem à forma como se dá o aprendizado nas diferentes disciplinas da graduação, nas quais os estudantes são submetidos a um contexto gradativo de dificuldade conforme amadurecimento no curso e absorção dos conteúdos apresentados (VIDIGAL, 2010). Cabe destacar que, em se tratando de processos projetuais, surgem diferentes respostas para cada problema estabelecido, sendo que a cada resposta, novas ramificações de raciocínio são estabelecidas em diferentes graus de aprofundamento que, por sua vez, definem as etapas projetuais.

2.1.1 Cognição no processo de Criação de Projeto

Segundo o dicionário Aurélio, cognição é a função da inteligência ao adquirir um conhecimento, ação de conhecer, perceber, ter o conhecimento. No ambiente da arquitetura Lawson descreve em seu livro *How Designers Think: The Design Process Demystified* (2005), como o processo projetual é altamente complexo, pois há um número inesgotável de diferentes soluções de projeto. Onde o ato de projetar é um processo no qual problema e solução emergem ao mesmo tempo, pois o problema, costumeiramente, não pode ser compreendido de maneira plena sem que seja aclarado por algumas soluções possíveis. Desta maneira, todas as soluções de design são uma contribuição para o conhecimento, visto que poderão contribuir futuramente para novos projetos.

Os estudos acerca do tema cognição, que se iniciaram a partir da década de 1950, com um paralelismo junto ao desenvolvimento dos computadores e da Inteligência Artificial. A análise cognitiva sobre a leitura do projeto arquitetônico propõe acerca das informações oriundas dos conhecimentos, habilidades e experiências do indivíduo. Assim, a cognição tenta esclarecer como adquirimos estas experiências e conhecimentos vindas da interação com o ambiente que nos cerca. A compreensão do pensamento humano exige o entendimento de como ele executa as tarefas básicas do dia-a-dia, tais como, recordar, lembrar, imaginar, perceber, compreender, interpretar, reconhecer, etc. E como estas informações são processadas e arquivadas na memória e de que maneira são acessadas e recuperadas nas diferentes situações de aplicação, conforme os campos de atuação.

O arquiteto e psicólogo Goel (1995) definiu a ciência cognitiva como um processamento de informações, manipulação de símbolos, estes, entendidos como blocos representativos do conhecimento, que na arquitetura podem ser os desenhos, esboços, maquetes, ou até mesmo textos. Como estes símbolos podem atrair diferentes funções cognitivas, a ordem destas escolhas de análise é importante para o entendimento do pensamento do sujeito a partir destas associações.

Florio (2011) cita que a representação mental seria a manipulação dos símbolos que estão armazenados no cérebro e que serão utilizados durante atividades habituais, que dependem das interpretações das intenções de quem a produziu, como caráter de autoria. Portanto, é difícil compreender desenhos ou croquis sem compreender o contexto de sua produção ou o que significam para seu autor.

Na arquitetura, as funções cognitivas podem ser ativadas por diferentes estímulos como croquis, desenhos, maquetes em cada fase de projeto. Estes símbolos condensam conhecimentos e as visões dos estudantes. Nesta hora o papel do professor orientador é importante para ajudar o aluno a estruturar seu raciocínio e compreender o contexto das suas ações de modo a ajudá-lo a interpretar seu projeto.

2.1.2 Ensino e Aprendizagem

Kolb (1984) mostra que ao aprendermos com experiências concretas, tendemos a observar mais atentamente as coisas e como a atividade feita ocorreu. Partindo dessa observação já é possível conceitualizar, agindo no domínio do conhecimento. Então, se possível conceituar o que queremos, podemos resolver os problemas. E, no campo da arquitetura é hora de por a teoria em prática, influenciando e

mudando as variáveis que se apresentam, ou seja, realizar um projeto novo. A Figura 4, abaixo, ilustra o processo cíclico da teoria de Kolb, que pode ser atribuído nos momentos de criação e reflexão de projetar.



Fonte: Adaptação elaborada pelo autor.

O ciclo baseado nas ações pode ser interpretado ao caráter de estudo de projeto de arquitetura. Sendo:

Agir – ao desenvolver uma atividade o estudante absorve novas experiências concretas, com tendência a identificar as ações em maneira de observações e sentimentos, sem levar em conta uma abordagem teórica e sistemática.

Refletir – o estudante passa a refletir sobre a atividade desenvolvida. Como foram as ações realizadas, sentimentos, circunstâncias, comportamentos, expostos a observar e refletir sobre a experiência concreta da atividade anterior. Estas informações não são necessariamente em forma de realizar alguma ação.

Conceitualizar – o processo cognitivo começa a ser aplicado utilizando teorias, hipóteses, raciocínio lógico para modelar e explicar os eventos. O momento em que o aluno passa a compreender a temática com maior lógica e sistemática, tendo o conhecimento baseado na compreensão intelectual com alto nível de abstração.

Aplicar – os alunos ficam envolvidos na atividade de planejamento, experimentando experiências que envolvem mudanças de situações. O momento onde a teoria é posta a prova, buscando exercitar o aprendizado de forma ativa, aproveitando o tempo para investigar, experimentar, influenciar e revendo as variáveis em diversas situações.

2.1.3 Processo Criativo e Desenho

Lipman (1991) considera que a educação conduz a um pensamento de ordem superior, sendo este pensamento a realização de conexões e o pensamento criativo que leva à obtenção de conexões novas e diferentes.

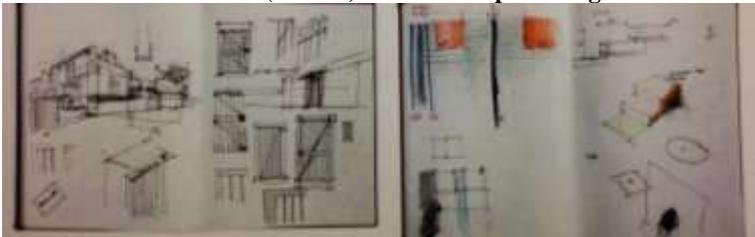
Lawson (2005) destaca o desenvolvimento de projetos arquitetônicos pautando aspectos subjetivos do referido

processo, atribuindo características cognitivas que surgem no ato de concepção e na geração de ideias. Hutchison (2011) afirma que qualquer pessoa pode desenhar, mesmo que pense não possuir habilidades.

O autor aborda o desenho no âmbito da Arquitetura mesclando técnicas manuais e digitais em uma separação que vai desde a absorção do elemento a ser desenhado, iniciando seu raciocínio dos desenhos de observação da paisagem com destaque para o ato de se desenhar **no lugar** como um exemplo de imersão. Na evolução proposta pelo autor, o desenho de todas as ideias se insere como poderosa forma de registro e ordenamento mental que precede os desenhos técnicos em Plantas, Cortes e Elevações.

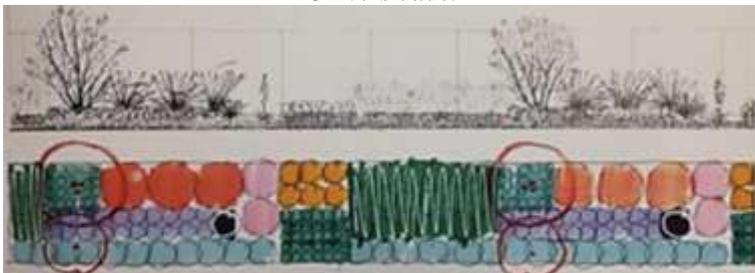
O autor conclui sua ampla abordagem acerca do desenho, incorporando aos Croquis e desenhos de registros rápidos, as Perspectivas, as Isométricas, os Desenhos Comerciais e os Detalhes Construtivos. As Figuras 5, 6 e 7 são retiradas do livro e representam bem essa evolução do processo de desenho desde registros informais até os mais técnicos.

Figura 5: (Esquerda) Croquis de concepção para o concurso da biblioteca de Worcester. (Direita) Detalhes de piso e degraus.



Fonte: Hutchison (2011).

Figura 6: Desenhos desenvolvidos na Imperial College London em planta e elevação. Desafio para o conceito de um novo jardim na entrada da Universidade.



Fonte: Hutchison (2011).

Figura 7: Registro de Idéias Iniciais de um projetos. Setorização em planta.



Fonte: Hutchison (2011).

A obra ainda traz outros autores cujas visões tentam diminuir as relações entre habilidades em desenho e dom, ressaltando-se a importância do treino e do exercício, onde se insere o ensino como um forte contexto em favor da criação e da criatividade.

Com algumas horas de prática exaustiva, ele poderia ensinar até mesmo o menos promissor dos artistas a desenhar”. Ruskin nunca havia encontrado uma pessoa que fosse incapaz de aprender a desenhar. (...)

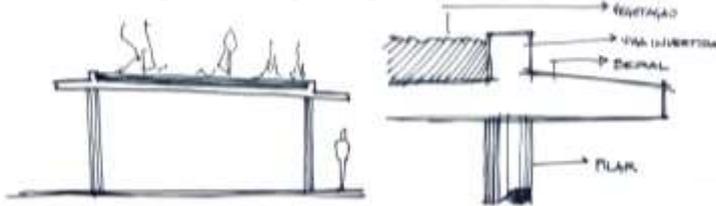
Matisse alcançou sua incrível fluidez no traço por meio de intenso trabalho árduo. (...) manteve-se indiferente àqueles que tentaram reproduzir seu estilo sem suportar o esforço necessário.

(...) Desenhar encoraja a observação cuidadosa e contribui para um maior entendimento dos fundamentos de desenho: luz e sombra, proporção, cor, movimento e construção. Talvez não exista modo mais apropriado para se desenvolver um ‘bom olhar’ (HUTCHISON, 2011).

Outras ilustrações que seguem a mesma linha de raciocínio, resgatadas de momentos diversos da prática profissional do autor desta pesquisa, como se pode ver nas Figuras 8 e 9, corroboram as abordagens da bibliografia de referência. Os croquis mostram a intenção de se evitar a aplicação de revestimentos em uma laje, proporcionar um aspecto

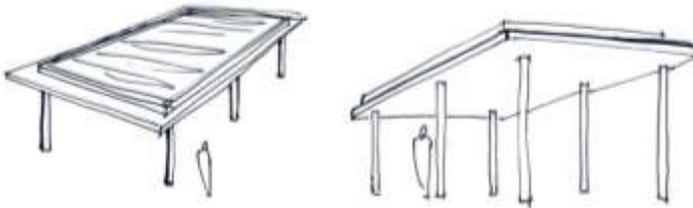
visual mais humanizado e minimizar o efeito do calor. A interpretação das alternativas é facilitada pela presença de elementos que conferem proporção ao desenho: figuras humanas e vegetação.

Figura 8: Croquis de processo de projeto.



Fonte: Elaborados pelo autor.

Figura 9: Croquis de processo de projeto.



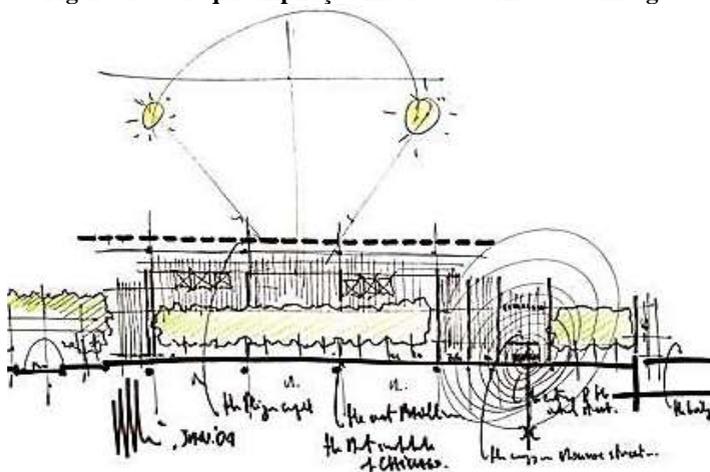
Fonte: Elaborados pelo autor.

Também no desenho técnico com uso de ferramentas digitais, a relação de proporção e escala deve ser uma busca constante que favorece a interpretação de clientes, construtores e demais envolvidos com o processo. O croqui de Renzo Piano, apresentado nas Figuras 10 e 11, fortalece à distância entre desenho artístico e o desenho que visa expôr a proposição de soluções técnicas de projeto.

Trata-se de um esboço da ampliação projetada pelo arquiteto para o Instituto de Arte de Chicago. Pequenos detalhes do desenho, como o níveis expostos no perfil da via relacionado a altura da vegetação demonstram intenções de projeto relacionados, por exemplo, ao paisagismo e sua relação com a escala urbana.

O raciocínio demonstrado no croqui expõe uma reflexão acerca de iluminação natural, proporções, sombras, escala humana e urbana.

Figura 10: Croqui ampliação Instituto de Arte de Chicago.



Fonte: Renzo Piano Building Workshop. Disponível em:
<http://www.rpbw.com/project/chicago-art-institute-the-modern-wing>.

Figura 11: Obra concluída. Arquiteto: Renzo Piano.



Fonte: Renzo Piano Building Workshop. Disponível em:
<http://www.rpbw.com/project/chicago-art-institute-the-modern-wing>.

Em qualquer abordagem tecnológica ou digital, analisar os elementos históricos e culturais que exercem influência em determinados avanços se faz necessário no estabelecimento de paralelos comparativos. No entanto, a evolução não necessariamente exige conquistas ou processos anteriores capazes de produzirem resultados. Entende-se desenho como a representação através de croquis, diagramas e plantas esquemáticas bidimensionais como expressão das ideias

iniciais de partido. Segundo Kowaltowski et al. (2006) o ato de passar uma ideia da percepção visual, através do olho, para uma cognição mental e pela mão no desenho amplia o conhecimento. Os desenhos ajudam a compreender as ideias e referenciá-las em longo prazo no processo evolutivo do projeto, sendo a ferramenta de resposta rápida em termos cognitivos, dos projetistas.

Schön (1983), apud Kowaltowski, descreve o desenho como a atividade de “conversa” do projetista com o seu projeto. Quando o olho interpreta e reinterpreta as formas e linhas, surgem novas ideias e soluções projetuais. A representação feita por desenho mantém à memória do projeto viva, capaz de se reestruturar na medida em que suas posições e suposições configuram a ideia do projetista, como forma de expressar o amadurecimento do projeto.

2.1.4 CAD, BIM e Modelagem 3D.

Na linha do tecnológico, do digital e do contemporâneo, a apropriação da tecnologia CAD, como ferramenta básica atual para representação de projetos, permitiu um avanço no cenário temporal, no nível de detalhes e na precisão. O computador como ferramenta de desenho ainda em modo 2D com a possibilidade de expandir a produção de desenhos e diferentes escalas trouxe uma nova visão no processo de projeto. A possibilidade de imersão, as escalas, agilidade e simultaneidade permitiram a evolução das complexidades de projeto.

O *software Sketchup*, originalmente idealizado para modelagem em 3D foi lançado em agosto de 2000 e que teve seus direitos reservados a *Google* em 2006, onde foi amplamente disseminado e seu apelo pela simplicidade de controle e manuseio de modelagem tornou-se uma ferramenta básica de projeto. Trata-se de uma ferramenta de modelagem simples, onde o projetista tem a facilidade da criação tridimensional a partir de desenhos 2D. Possui uma interface intuitiva, na qual as ferramentas do programa são exibidas em ícones conforme as características de sua função. A possibilidade de visualizar o projeto em 3D e manipulá-lo de maneira livre, submetendo a análises formais e de partido arquitetônico mais complexas, além da aplicação de materiais e texturas permitem ao estudante o complemento do entendimento 2D de projeto. O programa em sua base original não possui características paramétricas, ou seja, nas geometrias e elementos não possuem informações quanto a suas características e desempenhos, é um simbolismo meramente volumétrico formal.

As evoluções nos *softwares* de modelagem digital permitem a incorporação de informações singulares aos elementos modelados, Eastman, Teicholz e Sacks (2014) discorrem sobre a modelagem paramétrica onde a ideia básica é que as instâncias de forma ou outras propriedades podem ser controladas através de suas hierarquias de parâmetros nos níveis de conjunto e subconjunto, assim como no nível de objeto individual. Alguns desses parâmetros dependem de valores definidos pelo usuário, outros por valores fixos ou atribuídos a eles. Estas formas podem ser em 2D ou 3D.

Modelos paramétricos permitem aos projetistas explorarem novos campos formais, e possibilidades construtivas com maior segurança e rapidez. A criação de variações a partir de um determinado modelo permite uma abrangência dos critérios propositivos de projeto, onde o leque de possibilidades aumenta com a composição dos parâmetros. Assim como *softwares Revit, Archicad, Rhinoceros* com a utilização do *Grasshopper* são programas que possuem estas características de parametrização, o que no ambiente de ensino ou projeto a modelagem demanda conhecimento e embasamento do objeto construído, uma previa do ambiente futuramente construído.

Bem como o *Sketchup e Revit*, possuem um vínculo direto com a pesquisa, possuem uma operabilidade simples, permitindo conexões com aplicativos de Realidade Virtual.

2.1.5 Maquetes

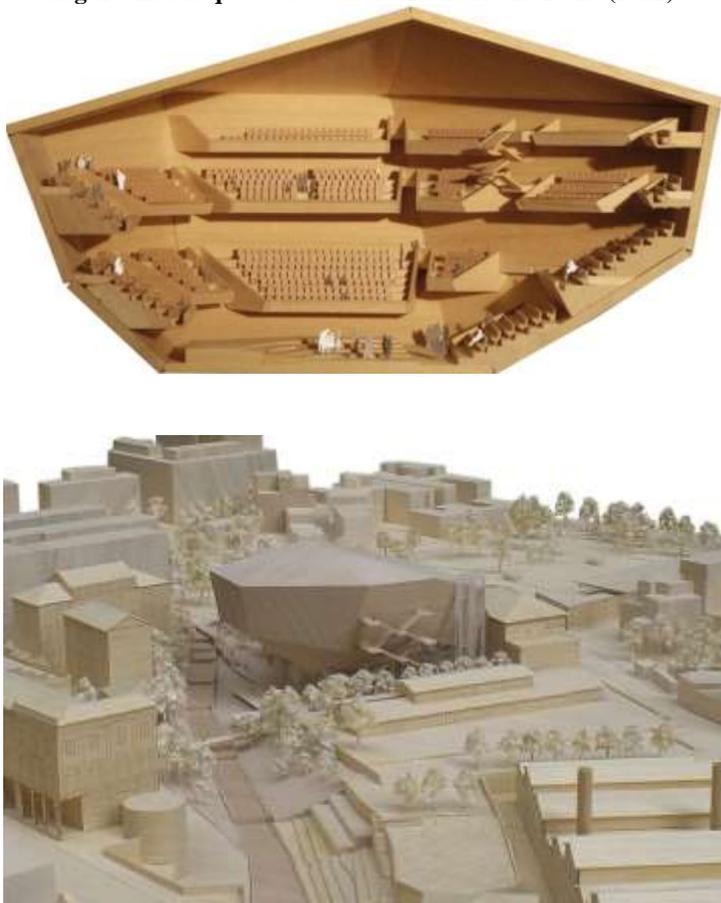
A maquete física, como o desenho, tem como função facilitar a compreensão, executar testes e analisar formalmente o partido arquitetônico, conectando elementos técnicos e teóricos aos fundamentos de arquitetura. Permite compreender relações espaciais que os desenhos não conseguem transmitir. O manuseio simples e livre, assim como algumas simulações básicas a exemplo de luz e sombra, decisões de projeto são tomadas através de intervenções nos modelos da maquete.

Para Kowaltowski et al. (2006), a maquete é de grande importância na comunicação de ideias no processo projetual. Ela expressa mais diretamente a intenção de projeto, principalmente para o cliente e usuários com pouca experiência na leitura de desenhos técnicos. Pode ser utilizada ainda, como ferramenta de apresentação, independente do público alvo leigo ou técnico, pois a transmissão é visualmente direta e de fácil compreensão.

Rocha (2006) cita a maquete como instrumento que faz parte do processo de trabalho, que ao invés de desenhar, você as cria para si próprio, como um croqui, ferramenta para agilizar e verificar as tomadas de decisão de projeto. Renzo Piano novamente pode ser citado como exemplo também no uso das maquetes, ilustrando com qualidade um processo que esgota essa mescla de ferramentas, técnicas e processos dos aparatos manuais, tecnológicos e digitais que percorrem o tradicional e o contemporâneo, conforme a Figura 12.

A maquete como elemento de percepção visual e volumétrico carrega a importância no domínio formal e compreensão espacial, estes elementos podem ser enriquecidos por técnicas de Realidade Aumentada, sobrepondo informações digitais sobre os modelos físicos, ampliando as possibilidades de apresentação. Esta técnica será vislumbrada na sequência da pesquisa onde a conexão entre o físico e digital resultará na técnica do mapeamento de imagens.

Figura 12: Maquetes de estudo. Auditorio na Italia (2011).



Fonte: Renzo Piano Building Workshop. Disponível em:
<http://www.rpbw.com/project/concept-study-for-a-new-auditorium>.

2.2 REALIDADE AUMENTADA

2.2.1 Definição

Segundo Azuma (1997) RA (Realidade Aumentada) permite ao usuário ver o mundo real, com a sobreposição dos elementos virtuais seguindo a definição de três características: 1) Combinar o mundo real e virtual; 2) Interação em tempo real; 3) Registros em 3D.

A Realidade Aumentada como definição se caracteriza pela justaposição do mundo virtual ao mundo real, cujo termo original definido por Jaron Lanier⁶ é “diferenciar simulações tradicionais feitas por computador por simulações envolvendo múltiplos usuários em um ambiente compartilhado”.

Azuma (1997) cita que a Realidade Aumentada é o sistema que complementa o mundo real com objetos criados por computador no mesmo ambiente do espaço real. As combinações de objetos virtuais tridimensionais com o mundo real são à base do processo de Realidade Aumentada.

Um das vertentes da utilização da Realidade Aumentada, como forma de sobrepor informações virtuais e objetos reais em forma de projeção é o *Video Mapping*. Segundo Ekim (2011), trata-se de uma das técnicas de projeção de vídeo usada para transformar quase qualquer superfície em uma exibição de vídeo dinâmico. Seu uso pode se dar em eventos como *shows*, desfiles de moda, festivais de música, e geralmente em conjunto com outras artes cênicas.

O objetivo do *Video Mapping* é criar uma ilusão física de imagens, combinando elementos audiovisuais, sendo possível a realização de *shows* ao vivo, bem como pré-gravados, também chamados de "tempo real" ou "tempo real em vídeo". As informações transmitidas pelo modelo virtual ajudam os usuários a executarem suas tarefas no mundo real.

Roo e Hachet (2016) citam a relação entre a Realidade Aumentada espacial e a interface com o usuário, ao destacar as habilidades humanas de interação com objetos físicos ao virtual. Segundo os autores, a movimentação de objetos físicos abre novas possibilidades de usos de materiais de diferentes características, fornecendo não somente caráter passivo, mas também riqueza em expressividade com técnicas de interface intuitiva que favorecem a colaboração e a aprendizagem. Neste sentido é possível que se estabeleça uma analogia entre os conceitos do *Video Mapping* e da Realidade Aumentada, sustentando uma interação entre o objeto real com o digital.

⁶ Jaron Lanier, cientista da computação, escritor e compositor. Um dos pioneiros dos estudos sobre Realidade Virtual no início dos anos 80 e crítico e apreciador do comportamento humano junto à tecnologia. Considerado um das 100 pessoas mais influentes no mundo pela revista Time Magazine. Ficou conhecido por popularizar o termo “*Virtual Reality*”.

2.2.2 Possibilidades na Arquitetura

A arquitetura pode se apropriar deste recurso de algumas formas: Como ferramenta de trabalho, ao se aplicar o esquema de mapas sobre as maquetes físicas, sejam em fase de estudos, de análises volumétricas ou mesmo como representação final destes estudos e conceitos, é possível que imagens e informações importantes do projeto sejam permeadas no modelo físico.

Ao se explorar as tecnologias digitais, os conceitos desenvolvidos e que deram base à RA se concretizam absorvendo novas ferramentas de multimídia, realidade virtual, visão por computador, música digital, som, entre outros. Estes códigos para a informação são usados para criar instalações e artefatos digitais e estão sendo aplicados usando várias infraestruturas de comunicação como a internet, dispositivos de apresentação, dispositivos móveis etc.

O *Video Mapping*, variação da Realidade Aumentada, é a técnica de vídeo com som (com um projetor de vídeo padrão) em objetos tridimensionais, como edifícios históricos, quando ajustado, reproduz a imagem para que pareça seguir a forma do objeto alvo em vez de se espalhar para as paredes. O resultado pode ser surpreendentemente eficaz e atraente. Como o vídeo não é mais um quadrado plano na parede, torna-se um objeto no espaço, como uma escultura animada. Esses gráficos 2D tornam-se gráficos 3D quando interagem com a superfície aplicada. E então, a superfície aplicada permite transmitir mensagens usando elementos audiovisuais na sua própria infraestrutura para o público, como se pode ver na Figura 13.

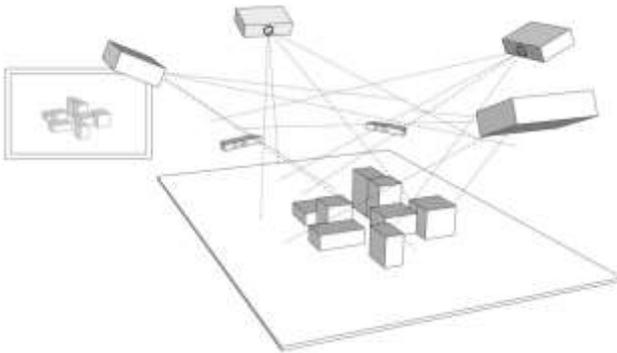
A maioria das aplicações técnicas para *Video Mapping* pode ser dividida em subcategorias tais como aplicativos gráficos de movimento, design de som, aplicativos de vídeo em tempo real, e projeções em elementos físicos (Figura 14). O principal alvo das aplicações de gráficos em movimento é a criação de imagens para comunicação audiovisual, utilizando diversos efeitos visuais e composições digitais. Com o *design* de som, o objetivo é complementar os elementos de áudio para suporte de exibição visual. As aplicações de vídeo em tempo real ajudam o artista responsável pela projeção ao incluir simultaneamente adições a instalações de vídeo.

Figura 13: Video Mapping aplicado em edifício histórico de Turquia.



Fonte: Ekim (2011).

Figura 14: Modelo de Video Mapping.



Fonte: Retirada de Arisona (2013).

A projeção em superfícies planas e cilíndricas / esféricas tem uma história muito mais antiga e remonta à invenção do cinema. Seu caráter evolutivo se funde ao surgimento de novas tecnologias de computadores, projetores e técnicas de manuseio da imagem. A sequência a seguir conta o processo evolutivo da ferramenta de *Video Mapping* ao longo do tempo, com um breve contexto de cada aplicação.

2.2.3 Evolução da técnica

Video Mapping em 1969

O primeiro exemplo conhecido de projeção em uma superfície não plana remonta ao início de 1969, no passeio da Mansão Assombrada na Disneylândia. Segundo Jones (2014), o passeio no escuro apresentou uma série de ilusões ópticas interessantes, incluindo uma cabeça desencarnada, *Madame Leota* e cinco bustos cantores, o '*Grim Grinning*

Ghosts', cantando a música-tema do passeio. As projeções foram feitas com imagens dos cantores realizados com filme de 16 mm, em seguida, projetando esse filme nos bustos de seus rostos, como apresentado na Figura 15.

Figura 15: “Grim Grinning Ghosts”, Disneyland.



Fonte: Jones (2014).

Video Mapping em 1980

O próximo *Video Mapping* viria em 1980, com a instalação de movimentos de filme imersivo, de *Michael Naimark*. Nesta instalação artística, uma sala de estar com dois artistas foi filmada com uma câmera rotativa. Posteriormente, a câmera foi substituída por um projetor, denominado por Jones (2014) como mapeamento de projeção rotativo, como ilustrado na Figura 16.

Figura 16: Instalações com movimento. Michael Naimark.



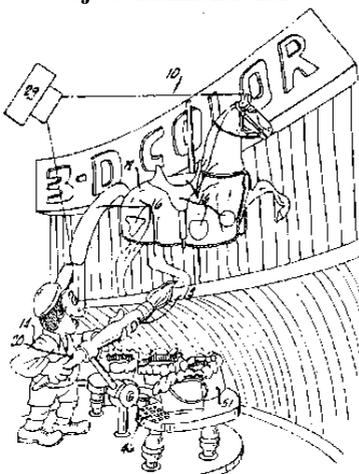
Fonte: Jones (2014).

Video Mapping em 1991

A Disney além de ser a pioneira na tecnologia do *Video Mapping*, também possui a patente mais antiga no espaço. Intitulado "Aparelho e método para projeção sobre um objeto tridimensional", Monroe et al.

(1994), descreve essencialmente um sistema para pintar digitalmente uma imagem em "um objeto tridimensional de contagem", conforme a Figura 17.

Figura 17: Patente Disney: Aparelho e método para projeção sobre um objeto tridimensional.

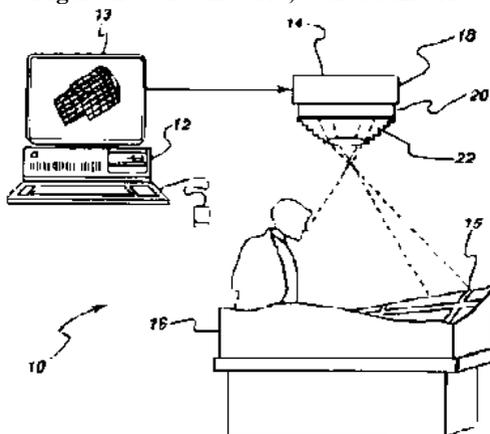


Fonte: Jones (2014).

Video Mapping em 1994

A General Eletric (GE), empresa atuante no ramo de pesquisas, energia e em diversas engenharias também possui uma patente inicial para um "**Sistema A**", Graham et al. (1994) e método para sobrepor precisamente imagens de modelos de computador em espaço tridimensional para um objeto físico correspondente no espaço físico. O sistema inclui um computador para produzir o modelo tridimensional. O projetor faz a projeção da imagem do modelo do computador no objeto físico. Uma transformação espacial mapeia com precisão o modelo de computador em um estágio de projeção no projetor que projeta uma imagem formada em um espaço tridimensional no objeto físico em uma correspondência um-para-um, de acordo com a Figura18.

Figura 18: Sistema “A”, General Eletric.



Fonte: Graham et al. (1994).

Video Mapping em 1998

Pode-se dizer que o *Video Mapping* ganhou maior notoriedade a partir do momento em que passou a ser estudado academicamente. O termo "Realidade Aumentada Espacial" nasceu do trabalho na Universidade da Carolina do Norte em investigações dos pesquisadores Ramesh Raskar, Greg Welch, Henry Fuchs e Deepak Bandyopadhyay. O início é atribuído ao artigo “*The Office of the Future*” ou “O Escritório do Futuro” (RASKAR et al., 1998) de onde se imaginava um mundo no qual os projetores poderiam cobrir qualquer superfície. Ao invés de olhar para um pequeno monitor de computador, seria possível experimentar a Realidade Aumentada diretamente da nossa mesa, possibilitando o uso do *Skype* com versões em tamanho real de parceiros de escritório ou a visualização de modelos 3D virtuais em tamanho real. O trabalho também incluiu ainda um scanner 3D inicialmente imperceptível em tempo real, a exemplo do dispositivo *Kinect* (*Microsoft*), mostrado na Figura 19.

Figura 19: Ilustração “Escritório do Futuro”.



Figure 1: A conceptual sketch of the office of the future. By replacing the normal office lights with projectors, one could obtain precise control over all of the light in the office. With the help of synchronized cameras, the geometry and reflectance information can be captured for all of the visible surfaces in the office so that one can project images on the surfaces, render images of the surfaces, or interpret changes in the surfaces. The inset image is intended to help differentiate between the projected images and the real objects in the sketch.

Fonte: Jones (2014).

Video Mapping em 1999

John Underkoffler é conhecido como o designer e inventor da interface *Minority Report*, além de cientista chefe das indústrias *Oblong Inc.* Antes disso, foi pioneiro em alguns dos primeiros trabalhos no mapeamento interativo de projeção ao introduzir o conceito de Lâmpada de E/S (bulbo de entrada e saída), ou seja, um projetor acoplado a uma câmera que poderia ser tão oblíqua quanto uma lâmpada tradicional, ilustrado na Figura 20.

Figura 20: Cena do filme *Minority Report*.



Fonte: Underkoffler (2010).

Video Mapping em 2001

Nesta fase, o marco foi o avanço nas técnicas de Realidade Aumentada visando melhoria em termos de percepção da realidade através da aplicação de ferramentas digitais. A capacidade de interação entre texturas do ambiente virtual sobre objetos reais pela manipulação física dos objetos mapeados permitindo a aplicação nas superfícies, criando a ilusão de pintura e acabamentos, conforme a Figura 21.

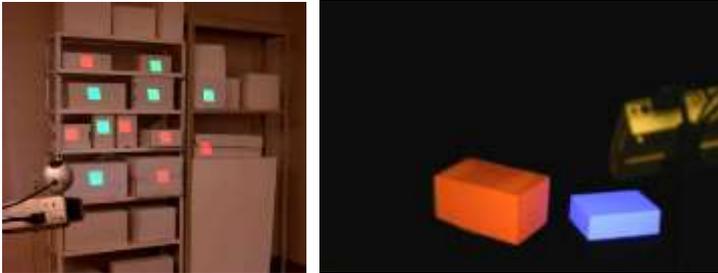
Figura 21: Dinamic Shader Lamps com a paleta de cores para pintura digital.



Fonte: Bandyopadhyay (2001).

Video Mapping em 2004

Desde 2001, Raskar et al. (2004) passaram a explorar projetores móveis, prevendo avanços nos projetores do futuro. Esses equipamentos mais inteligentes e portáteis ganhariam progressos em termos de reconhecimento de sua posição e de sua orientação através de uma variedade de sensores. Os autores demonstraram usar projetores inteligentes para auxiliar no inventário e na manutenção de armazéns, como se pode ver na Figura 22.

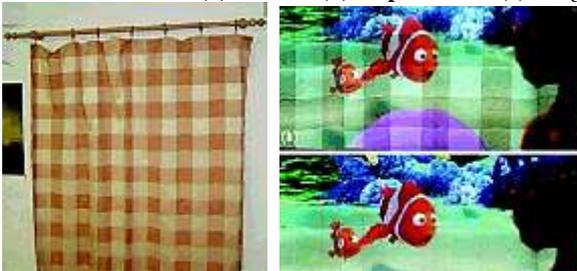
Figura 22: RFIG.

Fonte: Raskar et al. (2004).

Video Mapping em 2005-2006

Bimber (2005) explorou o entretenimento incorporado com projetores inteligentes, convertendo cortinas ou qualquer superfície em telas de projeção. Segundo o autor, projetores inteligentes, permitem uma projeção correta em muitas superfícies existentes arbitrárias, como paredes de papel ou janelas cortadas, como apresenta a Figura 23.

Figura 23: Oliver Bimber. (a)Cortina (b)Mapeamento (c)Imagem final.



Fonte: Bimber (2005).

Video Mapping em 2014

Em 2014, a Architecture Foundation em Chicago, realizou uma exibição chamada de *City of Big Data*, fazendo uso das projeções sobre uma maquete física da área central de Chicago, o Loop. A exibição esteve exposta no hall de acesso do prédio da Fundação, como se pode ver na Figura 24.

Figura 24: ANO 2014 | The Chicago Model. Evento: City of Big Data.



Fonte: Chicago Architecture Foundation. Disponível em:
<http://www.architecture.org/experience-caf/exhibitions/exhibit/chicago-model/>.

Video Mapping em 2018

Em Lille na França, o *Video Mapping Festival* ocorreu em um percurso de 5 quilômetros que englobou 15 monumentos históricos com aplicações nas fachadas, interações em ambientes internos das edificações, objetos, vegetações, etc. Tratou-se de uma forma artística de expressão e de exaltação da cultura da cidade através de um festival que contou com uma agenda em várias cidades francesas com intervenções digitais sobre os prédios históricos como estímulo a ações culturais, como ilustrado nas Figuras 25 e 26.

Figura 25: Video Mapping Festival, Lille, França. 2018.



Fonte: videomappingfestival. Disponível em:
<http://www.videomappingfestival.com/video-mapping-tour/?lang=em>.

Figura 26: Mapa percurso Video Mapping Festival, Lille, França. 2018.



Fonte: videomappingfestival. Disponível em:
<http://www.videomappingfestival.com/video-mapping-tour/?lang=em>

A técnica de *Video Mapping*, dentro do contexto da pesquisa, serviu como ferramenta de projeto possibilitando aos alunos alternativas de interação entre o objeto do mundo Real (maquete) com os objetos de projeto (ambiente virtual). A sobreposição de informações como elemento de apresentação visa estimular a representação gráfica e tornar o modelo de projeto mais interativo e didático, facilitando assim a leitura, a compreensão e a comunicação das diversas intenções que caracterizam o processo de desenvolvimento de projetos.

2.2.4 Aplicação e Usos

A partir das informações coletadas a cerca da Realidade Aumentada utilizando o *Video Mapping* como recurso de aplicação digital, é possível vislumbrar à efeito de utilização em arquitetura como ferramenta de representação e visualização de conceitos de projeto.

A Figura 27 exemplifica a possibilidade da aplicação da Realidade Aumentada sobre a base física da maquete em composição volumétrica básica, cujas informações projetuais são realizadas por meio de projeção. O conteúdo de projeto pode ser elaborado pelos estudantes de maneira a enriquecer a proposta de trabalho, apresentando conceitos, evoluções e definições projetuais.

A pesquisa se embasará a estes conceitos de aplicabilidade junto aos Estudos de Caso propostos pela mesma. Como um método

simplificado e fácil de ser executado pelos alunos em sala de aula, visando somar ao conteúdo de projeto.

Figura 27: Exemplo de vídeo Mapping em ambiente de projeto.



Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ag1gPnDw8qw>

2.3 REALIDADE VIRTUAL

Na medida em que a Realidade Virtual se apropria de representações digitais tridimensionais mais próximas da realidade do usuário, rompe-se com a barreira da tela, possibilitando interações mais naturais. O'Connell (2016), cita que o universo da Realidade Virtual está aumentando as possibilidades de visualização, dando a arquitetos e clientes novas maneiras de experimentar e entender um edifício ou um espaço antes de sua construção. Com a técnica, os arquitetos podem transmitir não apenas como um edifício será, mas também como ele será vivenciado, como ilustra a Figura 28.

A popularização do tema e a criação do termo são atribuídas ao escritor, filósofo da computação e artista plástico Jaron Lanier. Após sair da Atari, junto ao colega Thomas G. Zimmerman fundaram a *VPL Research*. A missão foi desenvolver a



Figura 28: Data suit. VPL
Fonte: Wikipedia.

Realidade Virtual, possuindo várias patentes sobre a tecnologia, tais como, *The Data Glove*, *EyePhone* e *Data Suit*; tecnologias que incorporaram sensores ao corpo humano visando identificar e capturar os movimentos traduzindo-os ao computador com potências para as áreas de jogos, medicina e controles na computação.

As indústrias militares, de *VideoGames* e mesmo de Arquitetura, também são responsáveis pelos avanços da tecnologia, cuja rápida evolução também se atribui ao surgimento de computadores e de equipamentos mais potentes capazes de aproximar a Realidade Virtual do mundo real.

Com os avanços na tecnologia móvel, que colocaram imagens de alta resolução acessíveis a todos, a Realidade Virtual experimentou uma explosão nos últimos dois anos. Os *displays ópticos* amplamente disponíveis (HMDs) assim como os Óculos *Rift*, *Samsung Gear VR*, *HTC Vive*, *Microsoft HoloLens* e *Cardboard* trouxeram a Realidade Virtual para o foco, tornando-a mais acessível.

Tradicionalmente na arquitetura, você tem plantas e modelos em escala e a modelagem 3D tem assumido um grande protagonismo nos últimos 20 anos (MOTTLE, 2016).

Jeff Mottle⁷, em evento da AU⁸ (Autodesk University), afirmou que a Realidade Virtual assume métodos tradicionais porque os dois juntos funcionam melhor que aquilo que os fabricantes realmente percebem com ênfase ainda na utilização da RV para os jogos virtuais e não apenas como soluções empresariais, o que está mudando segundo Mottle.

2.3.1 História e Equipamentos

O interesse por equipamentos que permitissem simulações, imersões ao mundo virtual se iniciou em meados dos anos de 1930. Em busca por avanços em tecnologias afins permanece até aos dias atuais,

⁷ Jeff Mottle: presidente e *CEO* da *CGarchitect Digital Media Corporation* e editor da *CGarchitect*, uma revista digital voltada à comunidade de profissionais relacionados a representação arquitetônica. Citação realizada em sua palestra no evento da Autodesk University em Las Vegas em 2016.

⁸ Evento anual realizado pela Autodesk em várias cidades do mundo, com objetivo de aprender, conectar e explorar. Disponível em: au.autodesk.com.

desde os momentos mais iniciais da computação, passando pelo processamento das informações digitais, em um paralelo com a evolução da sociedade.

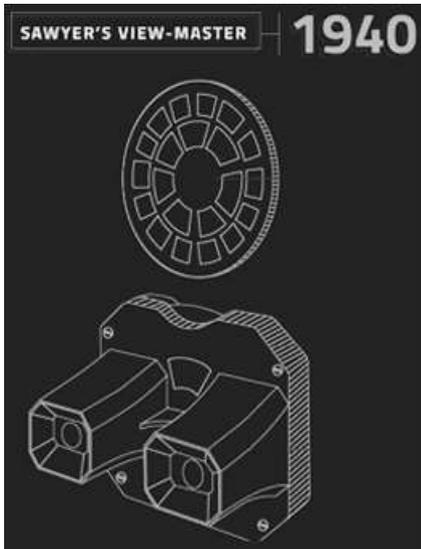
As figuras a seguir representam o processo evolutivo da indústria da Realidade Virtual. A linha do tempo foi traduzida e adaptada graficamente de Desjardins (2016). Cabe destacar a velocidade com que os diferentes dispositivos foram elaborados, patenteados e absorvidos pelo mercado em empresas envolvidas com o meio digital em contextos diferenciados. Algumas das aplicações para além do colocado nas imagens serão demonstradas na sequência. As figuras da sequência foram adaptadas pelo autor.

**Figura 29: Equipamentos dos anos
1930 e 1940**



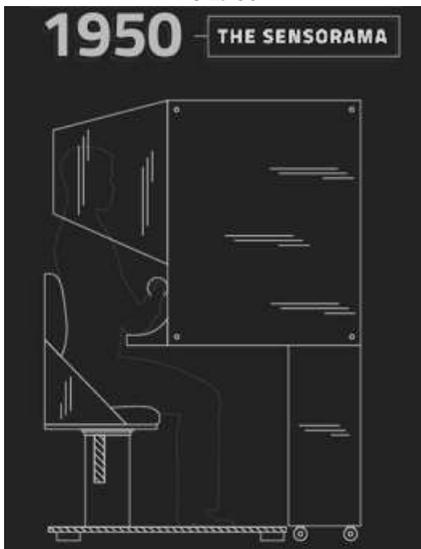
SAWYER'S VIEW MASTER

- Lançado em 1939-1940
- Criado para educação de adultos, se tornou brinquedo infantil.
- 100 mi: Aparelhos vendidos.
- 1.5 bi: Carretéis de imagens.



Fonte: Adaptada pelo autor.

Figura 30: Equipamentos dos anos 1950 e 1960



THE LINK TRAINER

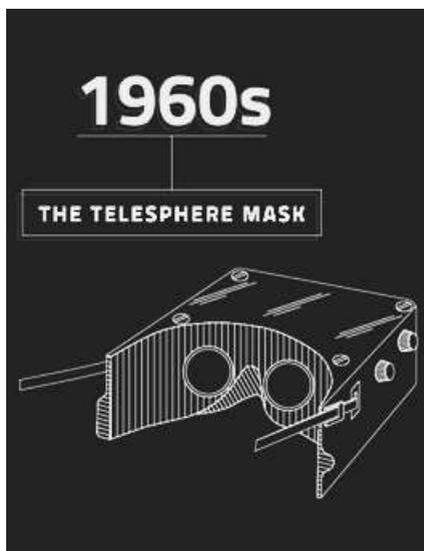
Simulador de voo comercial

- Patentado em 1931.
- Inteiramente eletromecânico
- Aquisição de 6 unidades pelo Exército Americano \$3,500.

Estimativa: \$50.000

THE SENSORAMA

- Patentado em 1962. Desenhado em meados de 1950.
- Cabine de teatro estilo *Arcade*
- Filme em imersão total
- Inclui: Autofalantes *estéreo*, *display* estereoscópio, ventilador, cheiros e cadeira vibratória.



Fonte: Adaptada pelo autor.

Figura 31: Equipamentos dos anos 1970 a 2016.



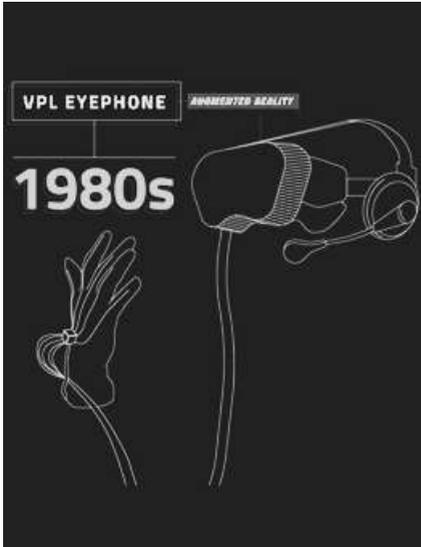
THE TELESPHERE MASK

- Patenteado em 1960.
- Primeiro display em formato de óculos.

Criado em 3D estereoscópico, visão wide, som estéreo, mas falta controle de movimento.

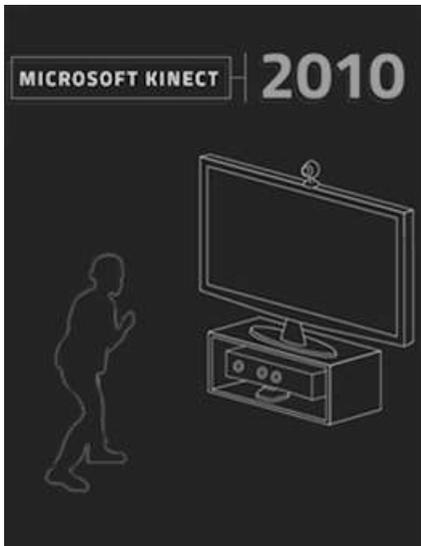
ASPEN MOVIE MAP

- Passeio virtual interativo por Aspen, Colorado, USA.
- Precursor Google StreetView
- Criado com câmeras montadas no teto dos carros.
- Funciona em touchscreen com botões de navegação que possibilitam movimento ao usuário.



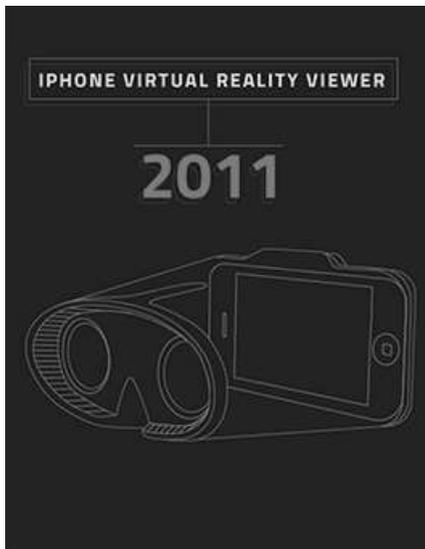
VPL EYEPHONE

- Headset e luvas imersivas
- Lançado em 1989
- Custo de \$9.400
- Utiliza rastreamento de mão e cabeça para imersão nos programas de simulação.



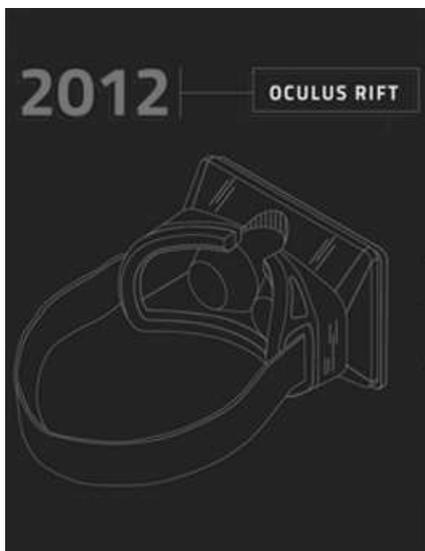
MICROSOFT KINECT

- Jogos com sensores de movimento.
- Lançado em 2010.
- Versão digital do usuário para interagir com o Mundo Virtual na TV.



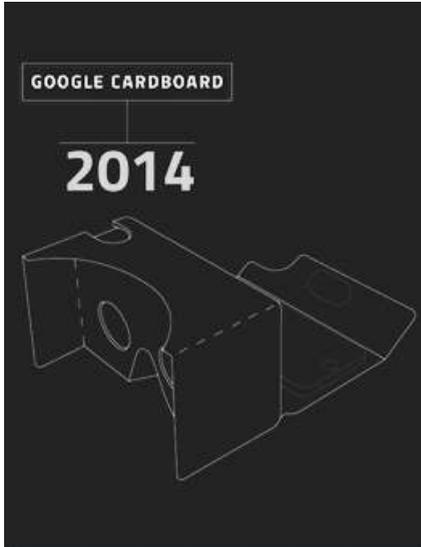
IPHONE VIRTUAL REALITY VIEWER

- Óculos Iphone 3D.
- Imersão em 3D.
- Movimento 360 graus.
- Utiliza os smartphones existentes.



OCULUS RIFT

- Headset para entretenimento digital.
- O lançamento rendeu \$ 1 milhão em 3 dias.
- Comprado pelo Facebook em 2014 por \$2 bilhões.



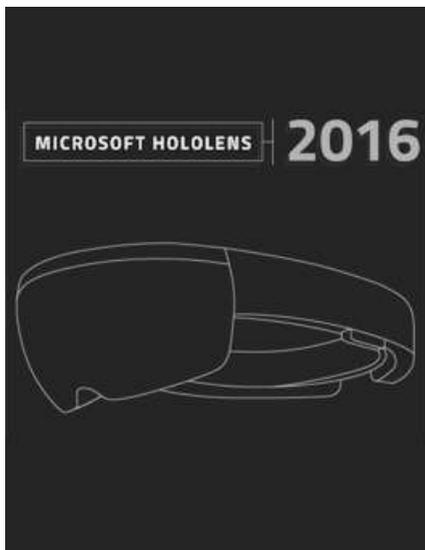
GOOGLE CARDBOARD

- Caixa dobrável de papelão.
- Preço \$15.
- Foram vendidos 5 milhões em 19 meses.
- Funciona com Iphone e Android.



SAMSUNG GEAR VR

- Preço \$99.
- Usuário fica totalmente imerso.
- Utiliza acelerômetro e giroscópio para experiência imersiva.
- Funciona somente com *smartphone Samsung*.



MICROSOFT HOLOLENS

- Headset holográfico.
- Aparelho único, não necessita smartphone.
- Preço de \$3.000 na versão de desenvolvedores.

Fonte: Adaptada pelo autor.

2.3.2 Possibilidades na Arquitetura

Em 2010, a Realidade Virtual 3D começava a ser usada para projetos regenerativos, planejamento urbano e transportes. Em 2007, o desenvolvimento começou em um *software* de Realidade Virtual que utilizou a geometria das coordenadas de projeto usada por agrimensores, engenheiros civis e incorporadores com as informações criadas automaticamente pelas curvas tipicamente mostradas em *layers* de subdivisão e topografia. Essas áreas são precisamente referenciadas em listas com cores e texturas. A lista de itens continha um conjunto de controles para renderização em 3D, como a reflexão da altura da superfície da água ou da construção. O *software* constroi uma superfície com as características do terreno real (Digital Terrain Model - DTM). Em 2010, o protótipo de *software* foi desenvolvido para o núcleo de tecnologia para automatizar o processo que leva do projeto para a virtualização, conforme a Figura 32.

Figura 32: Autodesk Urban Canvas. Portal informed infrastructure.



Fonte: Ball (2015).

Os primeiros usuários teste em 2011 foram capazes de executar uma única função e cortar automaticamente o projeto ou dados de pesquisa sobre o terreno digital para criar estruturas de dados que são passados para um mecanismo de videogames para criar um mundo virtual interativo que mostra as massas de edifícios em relação às melhorias feitas pelo homem.

Um dos benefícios da Realidade Virtual na arquitetura é que ela pode ser trabalhada com diferentes níveis de detalhes (LOD), onde no estudo de projeto o arquiteto pode utilizar o recurso de imersão não realístico, a fim de compreender volumetrias e relações espaciais. Ou usar a experiência ultrarrealista onde a imersão é capaz de produzir um cenário quase perfeito de realidade com materiais, luzes, sombras em alta qualidade, próximo à visualização real.

2.3.3 Aplicações e Usos

A indústria militar foi uma das precursoras das tecnologias imersivas em Realidade Virtual, fosse à simulação de batalha ou em treinamentos de equipamentos bélicos. O alto custo das operações e os

perigos reais nas manobras foram o gatilho pela busca dessas alternativas.

O primeiro sistema de treinamento de simulação virtual totalmente imersivo para soldados, lançado em Fort Bragg, permitem aos líderes do esquadrão manter a proficiência de seu time em suas tarefas atribuídas de forma oportuna e segura, mesmo quando novos soldados chegam à unidade. Segundo John Matthews, diretor de projeto da *Close Combat Tactical Trainers*, "Este sistema dá o poder da simulação ao esquadrão, a fim de fechar a lacuna do treinamento individual do soldado e do treinamento coletivo. (...) Este sistema aumenta o treinamento, não o substitui" (ZAMORA, 2013).

A Realidade Virtual também é utilizada em simulação de voo pela a Força Aérea Americana para treinamentos e desenvolvimento de habilidades. Um *cockpit* é instalado sobre um sistema de elevação hidráulica que reage aos movimentos e às ações executadas pelo usuário. Quando o piloto aciona os controles, o módulo gira e se inclina para fornecer *opinião* hábil. O simulador de voo, ilustrado pela figura 33, pode variar de um módulo totalmente fechado para uma série de monitores de computador fornecendo o ponto de vista do piloto (AIR FORCE INDUSTRY, 2012).

As razões mais importantes sobre a utilização de simuladores ao longo da aprendizagem com um avião real são a redução do tempo de transferência entre a terra e o voo real, a segurança, a economia e a ausência de poluição.

**Figura 33: Simulador de voo. Air Force Industry (2012).
Simulação virtual treinamento de batalha.**



Fonte: Zamora (2013).

A Realidade Virtual tem sido explorada também pela indústria dos Jogos de *VideoGames*. Na década de 90 várias empresas tentaram materializar esse sonho: a empresa Sega iniciou o projeto Sega VR,

óculos que trariam a Realidade Virtual para o console *MegaDrive* (SEGA). A Atari, em conjunto com a *Virtuallity*, empresa famosa na época com as máquinas “*árcade*” que utilizavam tecnologia de Realidade Virtual, iniciou o projeto Jaguar VR, para o seu console Atari Jaguar. Os dois projetos tinham como ponto em comum o cancelamento de seus protótipos, pois a tecnologia não era convincente por não passar a sensação de realidade ao jogador, premissa básica da Realidade Virtual (HOROWITZ, 2004).

O mesmo aconteceu quando a Nintendo lançou o console *Virtual Boy*, óculos que eram o próprio *videogame*, mas que apresentavam vários problemas: não eram totalmente portáteis, pois precisavam ser apoiados sobre uma superfície plana, seguro por um tripé. Além disso, o console utilizava apenas duas cores: preto e vermelho. Mesmo assim, o console não passava sensação de realidade necessária, razão do seu insucesso.

Várias outras tentativas foram realizadas, porém as tecnologias existentes na época não eram boas o suficiente para atingir o objetivo pretendido, além de caras.

Depois da década de 1990 a Realidade Virtual caiu no esquecimento no mundo dos *videogames*. Atualmente algumas empresas investem pesado para trazer o verdadeiro conceito para os jogadores.

A principal iniciativa é do Óculos *Rift*, da empresa *Oculus*. Inicialmente um projeto criado via financiamento coletivo, foi posteriormente adquirido pelo *Facebook*, o que possibilitou o aporte financeiro necessário para o projeto crescer substancialmente, se tornando uma referência na área de Realidade Virtual.

Outra grande marca que está impactando no desenvolvimento da VR nos jogos é a *Sony*, com o *Playstation VR* (antigo *Morpheus*), óculos de Realidade Virtual da marca, para uso com o *Playstation 4*. Utiliza uma tela de OLED de 5.7 polegadas, com taxa de atualização de quadros de 120hz, o dobro da versão anterior, o que melhora muito a velocidade com a qual as imagens são transmitidas e diminui as chances de ocorrer atrasos entre o movimento do jogador e a imagem transmitida. O *Playstation VR* utilizará um sensor de movimentos próprio e um *design* que torna bastante prática a sua utilização (figura 34).

Os *videogames* estão elevando os limites dos recursos de Realidade Virtual e a crescente demanda por *E-sports* faz aumentar a procura por estas tecnologias imersivas, com altos faturamentos e fortes investimentos em pesquisa visando melhorias nas tecnologias.

A venda de jogos eletrônicos é, hoje, um dos ramos mais dinâmicos da economia mundial. No Brasil, cresce a taxas de 25% a 30% ao ano. O país é o 11º maior mercado mundial em termos de faturamento e 4º em número de jogadores. Estima-se que a indústria tenha movimentado mais de US\$ 91 bilhões em 2015, no mundo inteiro. As informações são apontadas por Gelani (2016).

Figura 34: Videogame Playstation VR.



Fonte: Ungureanu (2016).

Um dos primeiros usos registrados da Realidade Virtual na arquitetura foi no final dos anos 1980, quando a Universidade da Carolina do Norte (UNC) modelou seu *Sitterman Hall*, local do seu computador do departamento de ciência, em um ambiente virtual. Várias empresas, incluindo *IrisVR* e *Floored Inc.*, forneceram *softwares* ou serviços que permitiram a empresas e vários clientes no setor imobiliário passeios virtuais em projetos de construção propostos. A *IrisVR* atualmente fornece *software* que permite aos usuários converterem arquivos de projeto criados em programas CAD, *SketchUp* e *Revit*. Segundo a empresa, os arquivos podem ser exibidos com um *Oculus Rift*, *HTC Vive*, ou um *smartphone*, sem a necessidade de um complexo fluxo de trabalho ou de conhecimento de mecanismos de jogos, tais como *Unity3D* (GELANI, 2016). Enquanto isso, os *Rift Oculus* permitem a visualização de projetos, em diferentes estágios de evolução, de imersão no ambiente construído ou de sobreposição de informações no projeto já executado (OCULOS VR, 2015).

Os produtos de *software VR*, como exemplificados, podem fornecer uma série de benefícios para arquitetos e seus clientes. Durante o processo de projeto, os próprios arquitetos podem usar o VR para

realmente experimentar o que está sendo projetado antes de serem construídos. O auxílio ainda pode vir indiretamente, impressionar positivamente o próprio projetista com um senso de escala e de proporção corretos. Ter um modelo VR interativo em mãos também diminui a necessidade de construir maquetes físicas muito detalhadas para demonstrar ou examinar um conceito de projeto para clientes ou para o público.

Mais tarde, após a construção do edifício, projetistas e proprietários podem criar um modelo VR de um espaço que permita o potencial aos futuros compradores ou inquilinos para percorrerem o espaço em Realidade Virtual, mesmo que as circunstâncias tornem o passeio físico inviável. Por exemplo, se o proprietário de um prédio possui um modelo VR do projeto enquanto o prédio ainda se encontra nas fundações, uma divulgação prévia pode ser iniciada estimulando vendas, aluguéis e negócios antes de sua conclusão. Este tipo de exibição pode ser conduzida a qualquer distância, desde que o potencial cliente tenha acesso a uma configuração VR, ou mesmo, com a ajuda do *Google Cardboard*, que produz a Realidade Virtual com o apoio de um *smartphone*.

2.4 EQUIPAMENTOS

2.4.1 Equipamentos de aplicação simples – custo baixo

Em 2014 a *Google* fez o lançamento do *Cardboard, Headset* como alternativa simples e barata, em torno de R\$ 15 Reais que podem ser encontrados facilmente em sites de compras online e permitem transformar o celular em um equipamento de Realidade Virtual, possibilitando que qualquer pessoa interaja com a tecnologia sem a necessidade de ferramentas adicionais. O aparelho, confeccionado em papelão, possui um botão com magnetismo para o toque na tela do *smartphone*, acionando funções no aparelho. É necessário apenas colocar o *smartphone* na caixa e utilizar os aplicativos de Realidade Virtual para vivenciar a imersão digital.

O desenvolvimento das tecnologias de *displays* óticos impulsionou a demanda por aplicativos criados para as plataformas dos *smartphones*, que fazem a interação entre estes *displays* e os usuários. Há uma grande variedade de aplicativos para diferentes propósitos, tais como, jogos, ciências, medicina, turismo, etc. Neste estudo foram elencados alguns aplicativos voltados à demanda de arquitetura. O dispositivo pode ser fabricado em papelão ou material similar, com o

gabarito de cortes e montagem disponível no site da empresa na internet, sendo uma tecnologia aberta, permitindo aos usuários customizarem seus próprios óculos. O processo de elaboração é simples, com a montagem do corpo principal em formato de caixa (figura 35), que serve de apoio para receber o aparelho *smartphone* e a instalação de duas lentes óticas permitem com aplicativos de VR estar imerso a tecnologia de forma simples e rápida.

Monte seu visor e olhe dentro dele para conhecer o mundo do Google Cardboard. É uma experiência de realidade virtual que começa com um simples visor que qualquer pessoa pode montar ou comprar. Com ele em mãos, você pode explorar diversos aplicativos que ampliam seus horizontes. E, com tantos tipos de visores disponíveis, com certeza você encontrará um que combine perfeitamente com você (GOOGLE VR, 2018).

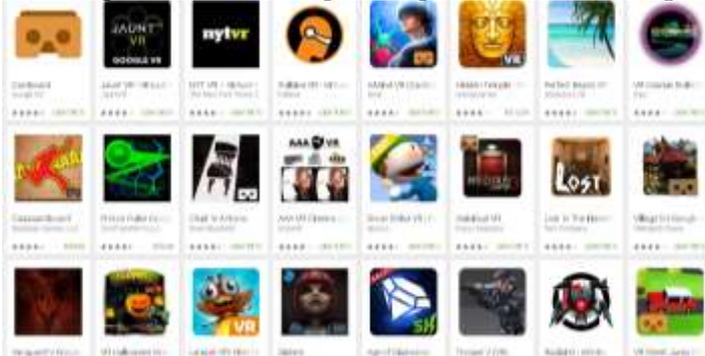
Figura 35: Óculos Cardboard.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Google possui modelo disponível para *download* gratuito uma enorme variedade de aplicativos para utilização do *Cardboard* em Realidade Virtual (figura 36), desde jogos, mídias para as famílias, simuladores e entretenimento, que são capazes de transformar com os óculos o *smartphone* em VR. Nessas mídias, a descrição da empresa já convida o usuário a possuir o dispositivo: “*Já tem o Google Cardboard? Visite novos lugares, participe de jogos imersivos, voe no espaço e muito mais.*” (GOOGLE VR, 2018).

Figura 36: Aplicativos em VR disponíveis para *download* na Google Play.



Fonte: Adaptado pelo autor.

A arquitetura se faz presente com aplicativos específicos para suas demandas no setor de AEC, com produtos que atendem demandas de visualização, imersão, realismo e passeios virtuais. Ampliando as possibilidades dos arquitetos e clientes interagirem com os projetos em uma demanda mais próxima da realidade a ser construída, como ilustra a figura 37.

Figura 37: Exemplos de aplicativos de VR para arquitetura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- *Kubity (kubity)*: O propósito é usar e compartilhar em todos os lugares. Visualizar, explorar e apresentar modelos 3D no desktop,

web e na palma da mão com dispositivos como *iPhone*, *iPad* e *Android*.

- Modelo (Modelo): Comunicar as visões e criar apresentações em 3D interativas e colaborar com projetos de CAD sem esforço.
- *Sketchfab (sketchfab)*: Entrar em uma nova dimensão: publicar, compartilhar e descobrir conteúdo 3D online ou em Realidade Virtual.
- *ARMedia (Inglobe Technologies)*: Realidade Aumentada (AR) refere-se à mistura de informações digitais e do mundo real em tempo real por meio de interfaces de computador adequadas.

2.4.2 Equipamentos de aplicação complexa – custo alto

Equipamentos que possibilitam a interação entre o virtual e o real através de óculos com capacidades holográficas, estes necessitam estar conectados a computadores, porém permitem a conexão entre projetistas em um mesmo modelo, sem a necessidade de estar no mesmo ambiente físico. Os óculos permitem complexos controles do elemento virtual, como ferramenta de criação e discussão sobre o objeto proposto. Na sequência será descrito os equipamentos mais relevantes com estas tecnologias, que são:

Óculos Rift

Produzido pela empresa Oculus, com lançamento em março de 2016 e com custo de \$399, o Oculus Rift, Figura 38, é um monitor montado na cabeça. Trata-se de um visor de realidade virtual especialmente projetado para fazer uso de sistemas de exibição de última geração, óticos e com taxas de atualização para fornecer um alto nível de fidelidade visual e um amplo campo de visão imersivo. O dispositivo possui uma avançada tecnologia de exibição combinada com um sistema de rastreamento de baixa latência objetivando uma experiência realista ao usuário.

Figura 38: Oculus Rift.



Fonte: Oculus. Disponível em: <https://www.oculus.com/rift/oculus-ready-pcs/>

Microsoft Hololens

Equipamento desenvolvido pela empresa Microsoft, com custo estimado em US\$ 5.000, como alternativa de imersão virtual holográfica, consta de óculos capazes de projetar em suas lentes imagens digitais sobre o ambiente real, como ilustrado na Figura 39. A descrição do fabricante quanto à aplicabilidade sugere as áreas de design, arquitetura, jogos, passeios virtuais, comunicação, etc. Permite o controle dos modelos através de gestos e reconhecimento do ponto focal do usuário como um cursor de computador, possui a capacidade de escanear o ambiente real a fim de possibilitar a interação com os objetos virtuais, há também possibilidade de outros membros da equipe participarem do desenvolvimento no mesmo objeto virtual. Alan Robles⁹, arquiteto do escritório Gensler¹⁰ cita a Hololens como a possibilidade de trazer o ambiente de projeto para a realidade, mudando a percepção sobre como eles trabalham. Possibilitando vivenciar seus projetos enquanto ainda estão projetando.

Figura 39: Greg Lynn Form. Pavilhão USA, Bienal em Veneza em 2016.



Fonte: Microsoft. Disponível em: <http://glform.com/greg-lynn-featured-in-microsoft-hololens-video/>

⁹ Alan Robles, arquiteto no escritório Gensler, onde trabalha em todas as áreas de trabalho dando suporte ao design e desenvolvimento de projetos, explorando a evolução das experiências pelos usuários.

¹⁰ Gensler – Escritório multinacional de arquitetura, com foco em vários setores da construção como design e planejamento, contam com 46 sedes e mais de 5.000 colaboradores locados na América, Ásia, Europa. Empresa fundada em 1965.

Meta

Equipamento de realidade virtual holográfica, com custo estimado em US\$ 1.495 em sua versão de desenvolvimento, que segue os mesmos conceitos do Hololens, possibilitando a interação do modelo 3D em ambiente virtual. A potente interface em alta-resolução dos óculos permitem organizar o contexto digital de maneira a aperfeiçoar o fluxo de trabalho, sobrepondo ao real às informações de trabalho. É possível trabalhar simultaneamente com outros usuários que possuem os óculos, ampliando as conexões e trocas de dados ao mesmo fluxo de trabalho, beneficiando o resultado final do projeto ou atividade, como se pode ver na Figura 40.

Figura 40: Apresentação na Consumer Electronics Show (CES), Las Vegas.



Fonte: Metavision. Disponível em: www.blog.metavision.com

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesta pesquisa se caracterizou pelo desenvolvimento de Estudos de Caso (YIN, 2001), compostos por alguns procedimentos principais, como: Aplicação de Questionários visando à coleta de dados, para os quais a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2002) serviu de base tanto na categorização das perguntas quanto das respostas. Para análise dos resultados, o método do Discurso do Sujeito Coletivo inspirou a organização das informações, com o devido enquadramento à pesquisa (SILVA; MENEZES, 2001).

A pesquisa caracteriza-se como sendo de natureza aplicada, abordagem qualitativa, com bases bibliográfica e exploratória. Do ponto de vista dos seus procedimentos técnicos, foi desenvolvida busca exploratória da literatura, observação assistemática, com uso de entrevistas semiestruturadas contendo perguntas abertas organizadas em blocos temáticos. Os dados foram analisados de maneira qualitativa, cujos procedimentos apresentam-se em item específico.

Conforme apontado na Introdução, o planejamento da pesquisa caracterizou-se pela estruturação de uma ‘Pergunta de Pesquisa’ que originou ‘Eixos de Estudo’ a partir dos quais se derivaram os elementos principais de investigação na etapa de Revisão da Literatura, destacados pelas letras **A**, **B** e **C** no esquema que segue. Já os ‘Eixo de Análises’ tratam do universo imediato de aplicação da pesquisa. Dessa forma, Pergunta de Pesquisa, Eixos de Estudo e de Análise, combinados à Literatura, compuseram a estrutura necessária ao Embasamento Teórico do Trabalho.

Os ‘Estudos de Caso’ foram estruturados em um Estudo Piloto (**EP-00**) e em dois Estudos de Caso (**EC-01** e **EC-02**) aplicados com diretrizes de mudanças previstas e possibilitadas pelas alterações realizadas na sequência do Estudo Piloto. O esquema inserido a seguir na figura 41 demonstra a evolução presente no início do trabalho (ver introdução, **fig. 2**) que expande a Etapa dos Estudos de Caso, apresentada adiante, através do qual se abordará inicialmente, o Estudo Piloto e os direcionamentos que deste decorreram em sequência às atividades realizadas, compondo ciclos evolutivos após o término de cada etapa.

Figura 41: Planejamento da pesquisa, foco estrutura Estudos de Caso.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 ESTUDOS DE CASO

Segundo Yin (2001), Estudos de Caso são o "delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de

seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos." O autor destaca a intenção de se "preservar o caráter unitário do objeto estudado" (YIN, 2001). O autor esclarece a técnica de Estudo de Caso Exploratório, quando algum fundamento lógico é citado e assumido posicionando a posse de algum direcionamento inicial, mesmo que as suposições possam estar equivocadas futuramente. Esta pesquisa se enquadra neste esclarecimento do autor e entende ser esse o elemento que fortalece a abordagem qualitativa indispensável à temática proposta. O fundamento lógico é justamente a crença de que tecnologias digitais são capazes de otimizar o desenvolvimento de Projeto de Arquitetura e Urbanismo pelos acadêmicos ao ser explorada a mescla entre real e digital através da experiência de imersão.

3.1.1 Ementa das disciplinas

As disciplinas oferecidas ao quinto semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo na Faculdade Federal de Santa Catarina possuem um caráter exploratório onde os alunos são incentivados a reflexão e organização em Arquitetura. Abaixo seguem as ementas das disciplinas que integraram a pesquisa.

▪ ARQ5636 – PROJETO ARQUITETÔNICO IV

Estudo da habitação em série como elemento gerador do espaço urbano. Relações internas da edificação e desta com os espaços abertos de uso coletivo. Relações de vizinhança. Resolução físico-espacial da habitação, tendo em vista as variáveis sócias econômicas, físico ambientais, técnicas e funcionais do edifício.

▪ ARQ 5603 URBANISMO E PAISAGISMO II

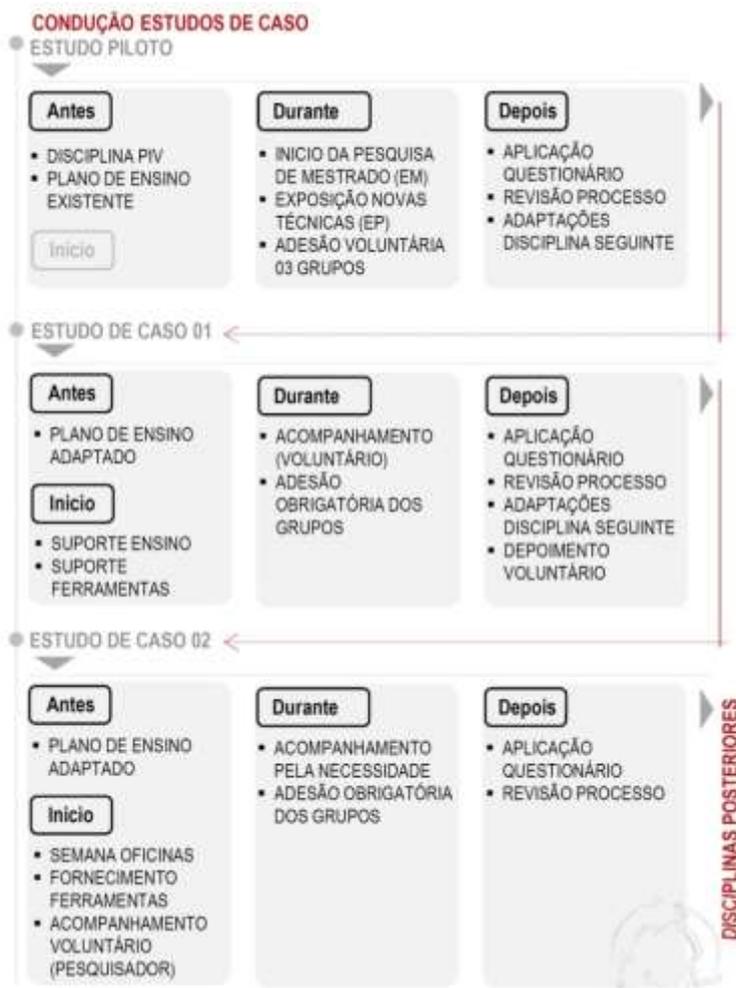
O homem e o ambiente. Condicionantes econômicos, históricos e sociais. Valorização e preservação dos recursos naturais. Assentamentos humanos. Processo de ocupação do espaço construído. Habitat. Políticas de preservação ambiental. Análise e projeto paisagístico. Projeto de organização espacial.

3.1.2 Forma de Estruturação e Desenvolvimento

O esquema ilustrativo da condução dos Estudos foi elaborado e inserido na sequência (figura 42), apresentando a maneira como foram conduzidos os Estudos. Inicialmente, um Piloto serviu de base para se colocarem em campo as primeiras iniciativas da metodologia proposta na condução da pesquisa.

As fases, categorizadas como **‘antes’**, **‘durante’** e **‘depois’**, podem ser descritas como os momentos que antecedem o início das disciplinas, caracterizado pela preparação destas pelos professores ao início do semestre. Após o início, foi dado o devido acompanhamento ao longo do semestre letivo, e concentradas as técnicas e os procedimentos de análise de dados, compondo os resultados de cada estudo. O piloto já deixa claro um ponto que se mostrou bastante importante nos posteriores, ou seja, no primeiro momento, a pesquisa foi iniciada sem qualquer interferência na elaboração do Plano de Ensino ou no planejamento anterior. Somente nos Estudos subsequentes é que os resultados já serviram de diretrizes incorporadas desde o planejamento das disciplinas. Uma das primeiras adaptações já realizadas no Estudo de Caso (**EC-01**) foi essa mudança desde o Plano de Ensino.

Figura 42: Esquema de Condução dos Estudos de Caso Piloto e dois estudos posteriores.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Entrevistas e Questionários: As entrevistas do tipo semiestruturadas foram conduzidas por meio da aplicação de questionários pré-formatados organizados dentro de uma ordem lógica que sofreu variações do Estudo Piloto para os Estudos de Caso subsequentes. Além disso, foram coletados alguns depoimentos pessoais

também considerados nos resultados da pesquisa e de cada Estudo de Caso de maneira individual.

As diferenças ficarão mais claras quando da leitura específica de cada estudo em separado, na sequência da pesquisa.

A modalidade de entrevista semiestruturada ao mesmo tempo em que valoriza a presença do investigador, oferece todas as perspectivas possíveis para que o informante alcance a liberdade e a espontaneidade necessárias, enriquecendo a investigação (LEFÈVRE; TEIXEIRA, apud SILVA e MENEZES, 2001).

As perguntas que foram aplicadas em entrevistas com os alunos se diferem em cada Estudo de Caso, pois respondem ao processo percorrido pela pesquisa em cada semestre específico. Outro ponto relevante é que, a partir do Estudo de Caso 01, houve a interação com o corpo docente das disciplinas na elaboração dos questionários seguintes. As perguntas, assim como as respostas coletadas foram expostas aos docentes para análise destes dados e como poderiam auxiliar no progresso da pesquisa e da disciplina de forma conjunta.

A estruturação das perguntas seguiu uma lógica prévia de categorias relacionadas com a pergunta de pesquisa e com os objetivos gerais e específicos, a fim de que fossem essas as mesmas categorias a serem resgatadas e apropriadas quando da análise dos dados, conforme explicado na sequência.

3.1.3 Forma de Análise de Dados

Silva e Menezes (2001) contribuem essencialmente com a parte de organização dos dados em pesquisas qualitativas. São aplicadas nessa pesquisa as figuras de Ideia Central, Expressões-Chave e, por fim, formulado o resultado final. Inspirado em técnicas de do Discurso do Sujeito Coletivo que visa compilar as informações em uma unidade decorrente das figuras anteriores. Ainda que a técnica seja sugerida para entrevistas presenciais (por isso análise de discursos), a forma como se sugere a estruturação do processo desde as perguntas, a elaboração de categorias e, posteriormente a absorção dessas categorias na forma de se analisar os dados, se mostrou bastante útil e pertinente nesta pesquisa, somada ao procedimento de análise de conteúdo baseado em Bardin (2002). Sustenta-se, portanto, dessa maneira um procedimento misto de

análise dos resultados que contempla a diversidade representada pelo processo de desenvolvimento da pesquisa qualitativa. O Quadro 2 ilustra a relação entre os procedimentos aplicados na coleta dos dados e os adotados na análise final.

Quadro 2: Categorização do processo de análise de dados.

| CATEGORIZAÇÃO PRÉVIA | PROCEDIMENTO DE COLETA | | PROCEDIMENTO DE ANÁLISE | | |
|-------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------------|--|------------------------|
| | Questionários Eletrônicos | (RE) CATEGORIZAÇÃO | Perguntas abertas | Respostas curtas | Análise de Conteúdo |
| | Depoimento | | Perguntas Fechadas | Respostas Longas | Bardin (2002) |
| | | | Depoimentos Textos | Discurso do Sujeito Coletivo Silva e Menezes (2001) | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 3 na sequência apresenta as perguntas aplicadas nos Estudos. De forma objetiva, a resposta de cada entrevistado será relacionada a um **objetivo específico**. Dessa resposta era retirada a **Ideia Central**, contendo de forma sucinta os **Elementos Chave**, que deram base ao relatório final de cada análise. Os Quadros 4 e 5 complementaram as informações levantadas pelas perguntas, a modo de organizar e sequenciar os dados coletados.

Quadro 3: Questões aplicadas nos diferentes estudos.

| ESTUDO PILOTO | ESTUDO DE CASO 01 | ESTUDO DE CASO 02 |
|--|--|---|
| - Descreva sua percepção no desenvolvimento das disciplinas anteriores de projeto cursadas no decorrer do curso? - Descreva suas experiências nesta | - O que você acha do uso da Realidade Virtual no desenvolvimento de projeto de Arquitetura e Urbanismo? - Descreva o processo da construção dos óculos Cardboard, | - O que você acha do uso da Realidade Virtual no desenvolvimento de projeto de Arquitetura e Urbanismo? - Como foi o processo de imersão virtual no ambiente de projeto? |

| | | |
|--|--|---|
| <p>disciplina de projeto?</p> <p>- Quais seriam suas sugestões para novas disciplinas de projeto para continuidade da metodologia desenvolvida nesta disciplina?</p> | <p>relatando ações que considerou difíceis, fáceis ou normais.</p> <p>- Como foi o processo de imersão virtual no ambiente de projeto?</p> <p>- Esta pesquisa teve como objetivo auxiliar a compreensão da relação espacial e percepção de escala e proporção do ambiente construído e natural. Relate sua experiência por este ponto de vista.</p> <p>- Cite pontos positivos e/ou negativos na aplicação de Realidade Virtual no contexto de Projeto.</p> <p>- Em que Etapa do processo projetual foi utilizada a Realidade Virtual?</p> <p>- Você utilizaria novamente a Realidade Virtual nas próximas disciplinas de projeto?</p> <p>- Houve dificuldades na elaboração do modelo?</p> <p>Descreva sobre o processo de imersão virtual.</p> <p>- Descreva sobre o domínio junto aos softwares de Realidade Virtual.</p> | <p>- Esta pesquisa teve como objetivo auxiliar a compreensão da relação espacial e percepção de escala e proporção do ambiente construído e natural. Relate sua experiência por este ponto de vista.</p> <p>- Cite pontos positivos e/ou negativos na aplicação de Realidade Virtual no contexto de Projeto.</p> <p>- Descreva sobre os pontos positivos e negativos do uso do Video Mapping (Datashow sobre a maquete) na apresentação de projeto.</p> <p>- Você utilizaria novamente a Realidade Virtual nas próximas disciplinas de projeto?</p> <p>- Houve dificuldades na elaboração do modelo? Caso houve dificuldades na elaboração do modelo, cite-as.</p> <p>- Descreva sobre o processo de imersão virtual.</p> <p>- Descreva sobre o domínio junto aos softwares de Realidade Virtual.</p> |
|--|--|---|

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.4 Organização dos Resultados

Para efeito de organização do produto final desta pesquisa, as conclusões serão apresentadas de forma a se relacionarem diretamente com os relatórios finais, dispostos de acordo com as categorias através das quais as perguntas foram estruturadas no formulário.

Todas as perguntas foram reorganizadas de acordo com a informação principal que continham, resultando em tópicos organizados em categorias, havendo a seguinte diferenciação entre o Estudo Piloto e os outros dois Estudos de Caso, pois, conforme mencionado anteriormente, o Estudo Piloto direcionou mudanças nas perguntas dos Estudos posteriores.

- **Categorias EP-00**

Percepções; Experiências e Aplicação. (quadro 4).

- **Categorias EC-01 e EC-02**

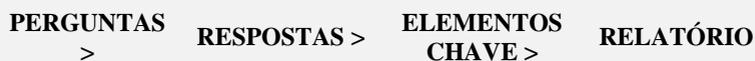
Técnicas e Ferramentas; Processo de Desenvolvimento de Projeto; Processo de Ensino e Aprendizagem e, Experiência e Aplicação (quadro 5).

Conforme já mencionado, as categorias se relacionam principalmente aos objetivos pretendidos destacados no início desta pesquisa (Capítulo 1).

Os Quadros 4 e 5 explicitam essas relações. Na primeira coluna estão dispostas as categorias imediatamente ao lado das perguntas agrupadas. Na sequência aparecem as informações obtidas das perguntas ao lado dos objetivos da pesquisa relacionados às mesmas perguntas. Nas colunas mais à direita, estão sinalizados a **Ideia Central (IC)**, os **Elementos Chave (EC)** e, por fim, o **Relatório Final (REL)**, de cada categoria.

Na categorização, o agrupamento dos discursos, condição necessária para produzir conhecimento ou entendimento através da eliminação da variabilidade individual não pertinente ao fenômeno pesquisado, é, pois, classificatório (SILVA; MENEZES, 2001).

Figura 43: Sequência de análise.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A figura 43 é apenas uma representação da análise das perguntas dos questionários, estabelecendo as relações em função dos **elementos chave**, onde ficam possíveis os cruzamentos destas informações, a fim de organiza-los e ordena-los facilitando a leitura geral e organizando para os passos futuros.

A maneira da organização destes dados (Quadros 4 e 5) visou combinar as informações coletadas pelos questionários, permitindo a evolução do processo, onde foram captadas as informações pré-categorizadas em função dos objetivos propostos a esta etapa da pesquisa.

Quadro 4: Organização dos Resultados. Exemplo EP-00.

| CATEGORIAS | PERG. | INFO. | OBJ. | I C | E C | REL |
|---|------------------|--------------|----------------------------|----------------------|----------------------|------------|
| PERCEPÇÕES | 1 ANTES | | OG OE 1 OE 2 OE 3 | | | DSC 1 |
| EXPERIÊNCIAS | 2 DURANTE | | OG OE 1 OE 2 OE 3 | | | DSC 2 |
| APLICAÇÃO | 3 DEPOIS | | OG OE 1 | | | DSC 4 |
| (*) Perguntas que sofreram alteração de um Estudo para o outro devido às mudanças na condução da disciplina ou da pesquisa. IC: Ideia Central EC: Elemento Chave REL: Relatórios | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 5: Organização dos Resultados EC-01 e EC-02

| CATEGORIAS | PER G. | INFO. | OBJ . | I C | E C | RE L |
|-------------------------------|-------------------------|---|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| TÉCNICAS E FERRAMENTAS | 1 (1A*) 4 | - Manipulação das ferramentas - Perspectivas | OG OE 1 OE | | | DS C 1 |

| | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|--------------|
| | 5 6 7 8 | de uso futuro - Informação acerca das técnicas - Dificuldades e facilidades | 2 OE 3 | | | |
| PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS | 1A* 4 (4A*) 5 7 8 | - Novas possibilidades no processo - Pontos favoráveis e desfavoráveis em prol do projeto - Perspectivas de uso futuro | OG OE 1 OE 2 OE 3 | | | DS C 2 |
| PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM | 1A* 2 4 (4A*) 5 7 8 | - Relação entre aluno e professor - Estímulo anterior, atual e futuro - Conhecimento de novas técnicas e ferramentas digitais e manuais | OG OE 1 OE 2 OE 3 | | | DS C 3 |
| EXPERIÊNCIA E APLICAÇÃO | 1 2 3 4 5 6 7 8 | - Identificação da experiência - Percepção do uso - Perspectiva de Aplicação futura | OG OE 1 | | | DS C 4 |
| (*) Perguntas que sofreram alteração de um Estudo para o outro devido às mudanças na condução da disciplina ou da pesquisa. | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 ESTUDO PILOTO

O Estudo Piloto foi desenvolvido com a intenção de inserir os conceitos e as ferramentas digitais de Realidade Virtual em disciplinas de ARQ5636 - Projeto Arquitetônico IV e ARQ 5603 - Urbanismo e Paisagismo II. Aplicados com estudantes do quinto período da graduação em Arquitetura e Urbanismo.

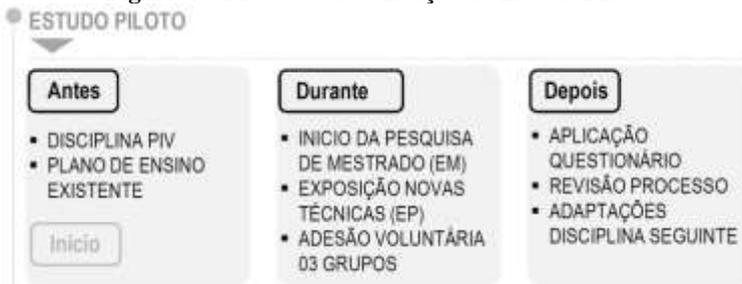
Foi elaborada uma **Teoria Inicial**, fruto do embasamento teórico, que sustentou o desenvolvimento de um método elaborado no início da condução das disciplinas, objetos de aplicação da pesquisa (ver figura 41).

3.2.1 Condicionantes

O método incorporou uma série de iniciativas preliminares à etapa de Campo, ao se seguir condicionantes das disciplinas pré-determinadas pelos professores responsáveis, com destaque para o Plano de Ensino como documentação inicial tradicionalmente usada, juntamente com temática de projeto (Habitação Social), mas que foram sofrendo constantes adaptações no andamento do semestre.

O esquema da sequência (figura 44) demonstra que **durante** o semestre, as atividades propostas foram incorporadas às etapas de projeto já aplicadas anteriormente nas disciplinas, possibilitando que fosse enfatizado o processo projetual tradicional. O momento **depois** verifica o processo realizado e projeta as alterações para a próxima etapa.

Figura 44: Processo de condução do Estudo Piloto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No esquema fica claro que não houve nenhuma interferência na dinâmica da disciplina no início do semestre, razão pela qual o texto “**início**” aparece em cinza. As intervenções foram acontecendo com o decorrer do semestre, até como forma de estímulo à adesão voluntária dos primeiros grupos à pesquisa.

Antes de serem inseridas aqui todas as descrições de como aconteceu este Estudo Piloto, torna-se pertinente elucidar toda a estruturação deste, de forma correlacionada com a Introdução da Pesquisa. O esquema na sequência esclarece, portanto, que a etapa de **Planejamento** (disposta na parte superior do gráfico, fig. 45) foi fundamental para a elaboração da **Pergunta de Pesquisa**, que direcionou os **Eixos de Estudo** a serem buscados no referencial teórico e da elucidação mais objetiva do **Eixo de Análise**, disciplinas de projeto. Essa categorização surgiu com base na teoria de Análise de Conteúdo, baseada em Bardin (2002).

O gráfico demonstra ainda que posteriormente a este embasamento teórico, procedeu-se ao Estudo Piloto, analisado ao fim por um questionário que possibilitou o desenvolvimento de relatórios individuais dos grupos participantes. A informação final foi responsável por dar base às alterações necessárias para desenvolvimento dos Estudos Futuros.

Figura 45: Planejamento da pesquisa, foco estrutura Estudos Piloto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.2 Campo

Os estudantes foram divididos em grupos de 3 a 4 integrantes sustentando a premissa de trabalhar projeto de Habitações de Interesse Social por meio da integração de duas disciplinas: Projeto de Arquitetura, Urbano e Paisagismo, possibilitando ainda que a carga horária destinada ao desenvolvimento da atividade projetual, fosse aumentada.

Durante o processo de testes foram desenvolvidas diferentes experiências com a Realidade Virtual envolvendo tanto a utilização de modelos físicos quanto digitais. Os próprios processos foram se desenvolvendo ao longo do semestre conforme a evolução das aplicações.

Na sequência serão abordadas as técnicas mais relevantes que direcionaram a criação de oficinas e workshops de treinamento durante condução do processo. As técnicas expostas compuseram a Exposição de Novas Técnicas (Estágio de Docência – ED).

As fotos dispostas na sequência demonstram a interação dos alunos com os modelos físicos esquemáticos durante os ateliês projetuais no momento das bancas iniciais, bem como a exposição das ferramentas e das técnicas de pesquisa que foram ensinadas aos alunos através do acompanhamento contínuo do pesquisador nas aulas, ocorrido durante o Estágio de Docência. Todo o novo conteúdo bem como as novas dinâmicas foram incorporadas às etapas e introduzidas aos alunos pela primeira vez dentro de uma nova forma de uso, materializando melhor as interferências sugeridas. Por fim, se destaca que a adesão dos alunos à nova metodologia foi voluntária, sendo que 3 grupos aceitaram participar da pesquisa neste Piloto.

▪ **Maquetes Volumétricas e *Video Mapping***

A primeira fase do processo visou destacar a manipulação de modelos físicos, comuns em disciplinas de Projeto de Arquitetura, mas que aos poucos foi perdendo força frente à facilidade de acesso aos recursos de modelagem computacional. Sustenta-se essa percepção com o fato de que os alunos não apresentam maquetes físicas em bancas finais de trabalhos de conclusão de curso (TCC) na UFSC, ainda que as razões de se chegarem a determinados formatos de apresentação de trabalhos de TCC não sejam o foco da pesquisa, não se pode negar que isso é um indício para uma percepção de que os modelos físicos podem estar perdendo força frente às ferramentas de modelagens digitais.

Os estudantes começaram a busca por repertório e fizeram análises de condicionantes pertinentes ao tema. Foi proposto o uso de maquetes de isopor com volumetrias livres e simples, para a compreensão da forma e estímulo das relações compositivas com escala, domínio de área de terreno e setorizações (figura 46).

Figura 46: Modelo físico esquemático Estudo Preliminar.



Fonte: Registro fotográfico do autor.

Nesta fase, para a apresentação do projeto, um grupo utilizou a ferramenta de *Video Mapping* sobre sua maquete preliminar, como um plano de volumes que envolveram a massa edificada e os planos de vegetação, aplicando conceitos básicos da gramática da forma e regras compositivas. Atividade esta, realizada para que os estudantes compreendessem as relações volumétricas, cheios e vazios, conformação de pátios, áreas de transições, relação de escalas e gabaritos, como forma de representação didática visual e foco em se melhorar o entendimento e a interpretação das soluções iniciais propostas.

▪ **Processo para a Elaboração do *Video Mapping***

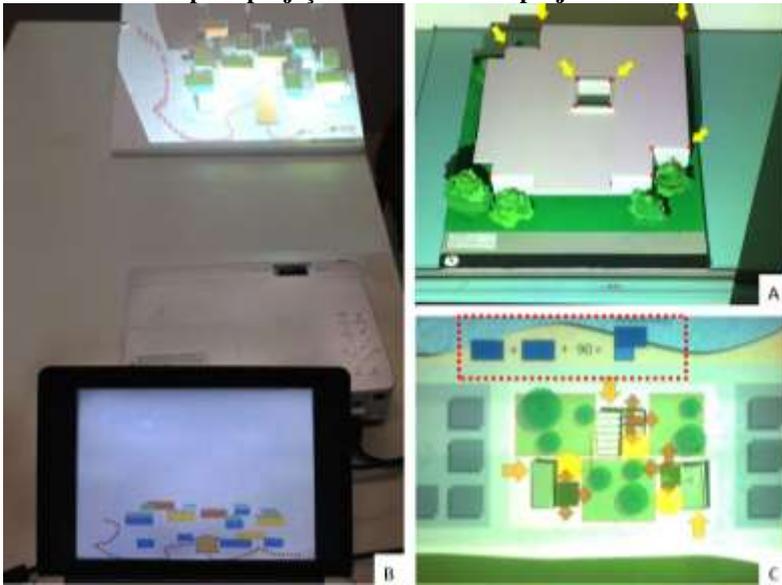
Para aplicação do *Vídeo Mapping*, os estudantes receberam um pequeno treinamento que partiu das maquetes físicas desenvolvidas por eles mesmos. O treinamento seguiu a seguinte sequência lógica:

- a) **Posicionamento da maquete física:** Na mesa de apresentação, sendo que, nesta fase o estudante foi estimulado a usar blocos simples de isopor e não maquetes detalhadas.

- b) **Localização e posicionamento do projetor:** Para mapeamento da maquete em função do campo visual do equipamento.
- c) **Software e apresentação:** Exposição de como manipular o *software* de apresentação que, neste caso, foi utilizado o *PowerPoint* da *Microsoft Office*, por sua possibilidade de formatação simplificada e facilidade de domínio dos acadêmicos, além de possibilitar animações em slides, gerando maior interatividade na apresentação.
- d) **Calibragem:** Depois de mapeado o objeto e conectado o *software*, foi feita a marcação dos vértices com a opção da caneta marca texto, do próprio *software* (*Power Point*), em *slide show* para gerar o gabarito.
- e) **Gabarito:** Com os pontos marcados na tela, foi possível desenhar as formas conforme as intenções do projeto, através de um gabarito para o Vídeo Mapping, que possibilitava ao grupo a criação de slides conforme suas intenções de apresentação.
- f) **Animações em slide show:** Os estudantes passaram a organizar a maneira como montar a apresentação do projeto, de como os conceitos foi aplicados, as ideias e programas estabelecidos ao trabalho. A ferramenta em slides permite organizar o processo evolutivo de projeto, as aplicações de animações facilitam o entendimento das propostas.
- g) **Possibilidades de aplicações da maquete como base física:** Servem como fundo para as projeções, ou seja, permite aos acadêmicos a utilização desta área para contemplos o uso de outras informações de projeto coletadas previamente, como, imagens de referências, tabelas, programa de necessidades, dentre outros.
- h) **Montagem final:** Apresentação aos colegas e professores, com os slides evolutivos das intenções de projeto, podendo ser visualizado as condicionantes e respostas dos conceitos aplicados.

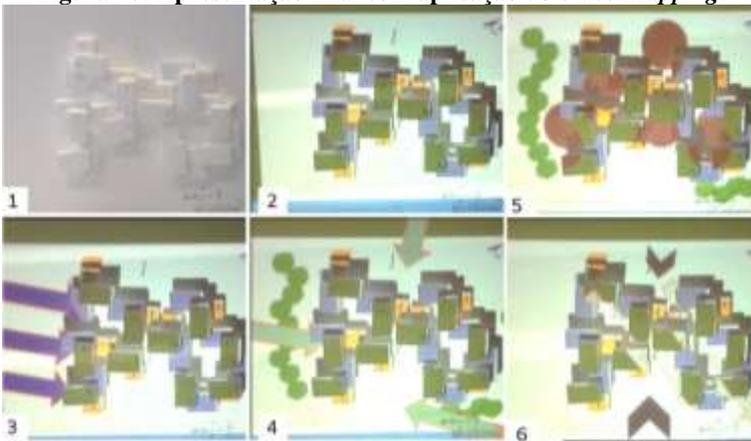
As figuras da sequência (fig. 47) destacam as etapas de **(A) Calibragem dos vértices; (B) Aplicação gabarito** sobre a maquete e **(C) Aproveitamento da base da maquete** como área de trabalho para projeção de diretrizes de projeto, respectivamente. Posteriormente, aparece a apresentação final dos alunos com aplicação da técnica de *Video Mapping* (figura 48) e o ciclo de atividades geradas pela ferramenta. (figura 49).

Figura 47: A) Calibragem dos vértices. B) Aplicação gabarito sobre a maquete. C) Aproveitamento da base da maquete como área de trabalho para projeção de diretrizes de projeto.



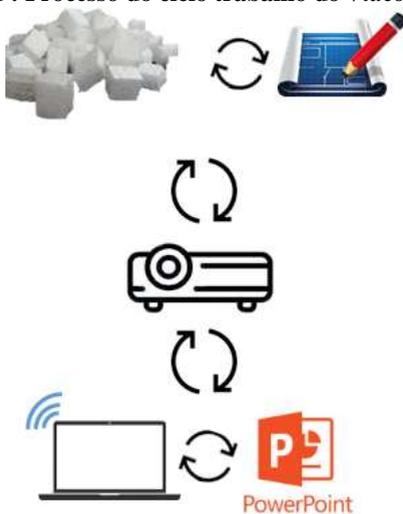
Fonte: Do autor.

Figura 48: Apresentação final com aplicação do *Video Mapping*.



Fonte: Do autor.

Figura 49: Processo do ciclo trabalho do *Video Mapping*.



Fonte: Do autor.

▪ **Etapa de Anteprojeto e Realidade Virtual (Fase 2)**

Concluídas as etapas de análise e de problematização dos processos de criação e de concepção volumétrica, as composições já possuíam um caráter definido, seguindo o processo evolutivo de projeto. Foi então apresentada à ferramenta de Realidade Virtual, com ênfase na imersão ao projeto, com o uso dos óculos *Cardboard* dentro dos quais eram inseridos os smartphones dos próprios estudantes.

Este processo permitiu a visualização do projeto de um ponto de vista diferente aos acadêmicos, que puderam interagir, revisando conceitos e questionando suas próprias propostas. Cabe ressaltar ainda que a aplicação destes procedimentos, baseados em ferramentas simples, estimulou a curiosidade de todos os estudantes e reforçou a integração da turma em geral. Na sequência são demonstradas as etapas dessa fase.

▪ **Processo Elaboração da Realidade Virtual**

Consistiu na fase de busca por repertório de aplicativos de realidade virtual que pudessem atender as demandas dos estudantes, para visualização e movimento no projeto.

- a) **Inserção dos seguintes aplicativos selecionados na etapa anterior:** *Kubity* (*Kubity*), *AR Media* (*Inglobe technologies*) e *Modelo* (*Modelo*). Todos são válidos tanto para plataformas *IOS* quanto *Android*, havendo como único requisito adicional, a necessidade de *smartphones* 64 bits, o que não foi um problema para o grupo em questão. Além do mencionado, foi usado também o site *Sketchfab* (www.sketchfab.com) no qual o modelo é processado diretamente gerando um link para acesso via *smartphone*. Todos os aplicativos possuem interface de simples navegação e diagramação intuitiva, facilitando a aplicação e a repetição passo-a-passo em sala de aula pelo grupo (figura 50).

Figura 50: Ciclo do processo de Realidade Virtual.



Fonte: Do autor.

- b) **Aplicação de softwares de modelagem de projeto:** Sketchup (Trimble) e AutoCAD (Autodesk). Por se tratar de arquivos com alta demanda por memória de processamento, alguns cuidados no processo de modelagem foram identificados e sugeridos que os estudantes aplicassem a exemplo do uso de comandos (*purge*) para limpeza de elementos duplicados que sobrecarregam o sistema e o

uso simplificado de texturas e blocos pré-formatados (3D *warehouse*).

- c) **Uso do modelo de óculos *Cardboard*:** com montagem feita em papelão, cujos moldes estão disponíveis na página de Internet da empresa idealizadora (Google), com todo o passo-a-passo ilustrando a montagem dos óculos. O aparelho conta com o botão magnético que permite tocar a tela do *smartphone*, simulando o toque do usuário, possibilitando passeios pelo modelo digital pela Realidade Virtual.

As modelagens 3D foram carregadas aos programas de Realidade Virtual e utilizadas no refinamento dos conceitos de projeto e na apresentação final do trabalho. As figuras da sequência ilustram o ciclo do processo em Realidade Virtual e a possibilidade de interação entre as ideias conceituais e os resultados das decisões obtidas.

▪ **Apresentação banca final em Realidade Virtual**

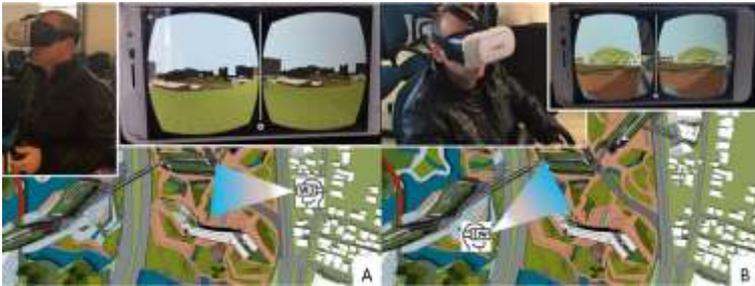
Ao fim do semestre os alunos utilizaram os modelos de Realidade Virtual como ferramenta de projeto, possibilitando à banca examinadora e aos colegas, novos pontos de vista dos seus trabalhos (figura 51e 52). Sendo assim, este fluxo de trabalho permitiu aos alunos uma apropriação de seus projetos e uma maneira imersiva de expô-las aos avaliadores, contribuindo para a leitura e visualização de projeto (figura 53).

Figura 51: (A) Projeto sendo visualizado pelo aplicativo Kubity. B) Estudantes visualizando o projeto dos colegas.



Fonte: Registros fotográficos do autor.

Figura 52: Diagramas comparativos entre modelo 3D x Realidade Virtual x Observador.



Fonte: Elaborados pelo autor.

Figura 53: Conceituação dos trabalhos a nível de estudo de massas. Banca externa de avaliação.

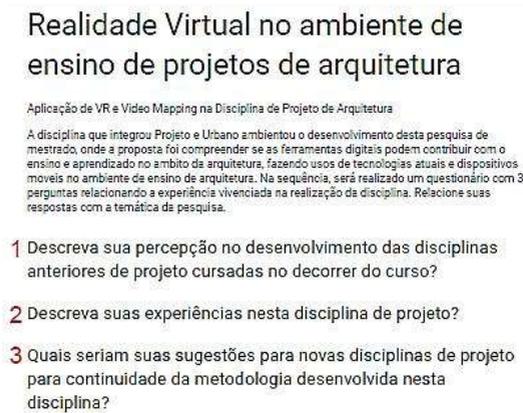


Fonte: Registros fotográficos do autor.

3.2.3 Resultados

Foi direcionado aos entrevistados um texto introdutório explicando brevemente do que se tratava o trabalho e o contexto de inserção na disciplina, elucidando as intenções e objetivos da pesquisa. Nas Figuras 54 e 55 estão ilustrados os documentos usados nesse processo.

Figura 54: Tela inicial do questionário submetido aos alunos.



The image shows a questionnaire interface with the following content:

Realidade Virtual no ambiente de ensino de projetos de arquitetura

Aplicação de VR e Video Mapping na Disciplina de Projeto de Arquitetura

A disciplina que integrou Projeto e Urbano ambientou o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado, onde a proposta foi compreender se as ferramentas digitais podem contribuir com o ensino e aprendizado no âmbito da arquitetura, fazendo usos de tecnologias atuais e dispositivos móveis no ambiente de ensino de arquitetura. Na sequência, será realizado um questionário com 3 perguntas relacionando a experiência vivenciada na realização da disciplina. Relacione suas respostas com a temática da pesquisa.

- 1 Descreva sua percepção no desenvolvimento das disciplinas anteriores de projeto cursadas no decorrer do curso?
- 2 Descreva suas experiências nesta disciplina de projeto?
- 3 Quais seriam suas sugestões para novas disciplinas de projeto para continuidade da metodologia desenvolvida nesta disciplina?

Fonte: Do autor.

Junto ao texto, os questionários possibilitaram que se materializassem melhor os resultados, destacando a percepção dos alunos às atividades desenvolvidas. Naquele momento do Estudo Piloto, a forma de análise dos dados coletados se deu de forma diferente da maneira definida para os demais Estudos de Caso, ou seja, seguiram uma linha empírica de coleta de informação, mas organizada em categorias pré-definidas. Na sequência, estão dispostos os conteúdos dos textos.

Figura 55: Tela representativa das respostas do questionário submetido aos alunos.



Fonte: Do autor.

1) Texto explicativo

Aplicação de Realidade Virtual e Video Mapping na Disciplina de Projeto de Arquitetura: Que integrou Projeto, Paisagismo e Urbano. Ambientou o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado, cuja proposta foi compreender se as ferramentas digitais podem contribuir com o ensino e aprendizado no âmbito da arquitetura, fazendo usos de tecnologias atuais e dispositivos móveis no ambiente de ensino de arquitetura.

Na sequência, será realizado um questionário com três perguntas relacionando a experiência vivenciada na realização da disciplina.

2) Questionário

As perguntas foram estruturadas com dois focos: **rapidez** e **objetividade**. Acredita-se que isso facilitou a obtenção de respostas dos alunos. Desta forma, foram imaginadas perguntas do tipo “**antes, durante e depois**”, mantendo-se a relação aplicada pelo pesquisador na estratégia de elaboração dos Estudos de Caso (antes, durante e depois). De alguma forma, as comparações se mostraram o modo mais intuitivo de mensurar as mudanças em uma abordagem qualitativa.

As perguntas organizadas, portanto, comparativamente com as disciplinas projetuais anteriores (**antes**) fortaleceriam o foco nas

experiências vividas no processo de trabalho da pesquisa (**durante**) e, por fim, possibilitariam levantar quais foram os resultados do processo com sugestões para novas aplicações (**depois**). Como estrutura, as perguntas foram abertas visando permitir que o aluno fosse além do elemento perguntado, aumentando as possibilidades de informações obtidas. Ao mesmo tempo em que a simplicidade e objetividade do questionário “antes-durante-depois” seria favorável à adesão dos alunos. Essa objetividade seria desfavorável se fossem apresentadas perguntas fechadas que restringissem o surgimento de informações não imaginadas na etapa piloto, outro fator forte em abordagens qualitativas.

Apresenta-se, portanto na sequência os resultados desta etapa:

Percepções

As disciplinas de projeto tendem a seguir as linhas do corpo de docentes, seguindo um padrão conforme a bagagem de cada professor, respeitando uma ordem em grandeza espacial que vai aumentando conforme andamento no curso. Estes diferentes padrões resultam em uma falta de clareza do aluno ao processo metodológico e ferramental de base. As metodologias dos professores geravam compreensões subjetivas pelos alunos, onde na maioria das vezes o entendimento das atividades se dava somente ao fim da disciplina. A falta de incentivo por novas tecnologias se faz presente como fator chave, somando a baixa procura dos alunos por meios que agregassem aos seus processos de projeto.

No discurso pautado sobre as percepções é plausível um relato sobre o repertório do corpo docente acerca das informações a serem passadas aos alunos, a maneira como o professor se porta diante de novas tecnologias e fatores atuais pertinentes à arquitetura. Os acadêmicos demonstraram uma quebra na forma de compreender arquitetura, sobre o ponto de vista do que estão produzindo e como estão executando esta produção.

Sobre os pontos de vista da diversidade de projetos e de formas de apresentação aos alunos, diferentes abordagens sempre contribuem, estimulando novas leituras e quebrando regras de receitas prontas.

Os pontos a serem destacados seriam, portanto:

- Professores com repertório em contínua atualização às técnicas e dispositivos, abertos a oferecer novos contextos de aplicação de arquitetura;
- Objetividade nas proposições das temáticas projetuais;

- Estímulo e interação no processo criativo em ambiente de atelier de projeto;

Experiências

A temática da disciplina de Projeto IV permitiu aos alunos uma nova abordagem aos quesitos de escala e de ocupação urbana, gerando dificuldade e desconforto no início da disciplina, pois a troca de escala de projeto ficou evidente não apenas entre os professores, mas muito entre os alunos. As dificuldades de apropriação espacial, assim como deslocamentos e proporções foram sendo trabalhadas ao longo da disciplina. Novas ferramentas de projeto foram apresentadas aos alunos de modo a estimulá-los a quebrarem barreiras na criação de arquitetura, já que é um processo evolutivo, seguindo a linha das disciplinas anteriores.

Surge aqui um elemento que potencializou o objetivo desta pesquisa, a desorientação espacial devido à troca de escala de projeto expôs algumas dificuldades nas compreensões dos acadêmicos, dando valor a implementação das ferramentas digitais possibilitando a imersão virtualmente no ambiente construído de projeto, vivenciando as proporções e percursos elaborados por eles mesmos “in loco” digital. A utilização da Realidade Virtual como ferramenta de projeto, no momento da criação do partido arquitetônico até o resultado final do Anteprojeto.

Estes questionamentos se ancoram ainda no depoimento de um dos alunos, que relatou que a partir das ferramentas digitais foi possível uma visão diferente do projeto utilizando a Realidade Virtual, até então não utilizado no curso esse recurso de tecnologia com este propósito de aprendizagem. A Realidade Virtual permitiu apurar ainda mais as tomadas de decisões, assim como um mecanismo de qualidade de representação visual para apresentação. Deste discurso emergem alguns tópicos:

- Ferramentas de realidade virtual podem colaborar no ambiente de ensino de projeto de arquitetura;
- A imersão permite um novo ponto de vista aos acadêmicos, vivenciando seus projetos no nível do observador;
- A possibilidade de troca de informações entre colegas e discussões a partir de novas percepções, mais claras sobre as intenções dos partidos arquitetônicos.

Aplicação

A necessidade de oficinas seria fundamental no processo de aplicação às novas tecnologias. A exposição das possibilidades de apropriação para o desenvolvimento e criação nas etapas de projeto. Estimulando os alunos a buscarem por novos interesses, a fim de contribuir para a compreensão espacial e senso crítico de projeto.

Um dos elementos de grande importância levantado foi à necessidade de oficinas técnicas sobre as tecnologias de Realidade Virtual. Os alunos possuem diferentes níveis de domínio das ferramentas de representação projeto, sejam estas o desenho a mão livre ou a modelagem 3D.

Positivamente, o acesso a novas ferramentas de projeto é mais fácil, porém algumas necessidades mínimas não foram atendidas por todos, como *notebooks* e aparelhos *smartphones*, gerando uma lacuna entre os colegas. Questionamentos poderiam ser destacados a partir destas informações, portanto:

- Laboratório de informática junto ao atelier de projeto, disponibilizando computadores que atendam as demandas de arquitetura, agilizando o processo e transmissão das informações;
- Universidade fornecer os óculos de realidade virtual, estimulando os alunos às diversas possibilidades de aplicação em favor da arquitetura;

3.2.4 Conclusões EP-00

Após análises das respostas foi possível reconstruir o processo para a aplicação do Estudo de Caso, ao se identificar alguns passos realizados antes da aplicação das novas ferramentas projetuais, tais como, *workshops* sobre *softwares* de modelagem 3D, aplicativos disponíveis à tecnologia de VR, **disponibilizar** óculos *Cardboard* aos grupos. O fortalecimento dos treinamentos já foi percebido como necessidade mesmo antes dos resultados dos questionários.

As respostas foram interpretadas individualmente, bem como a criação dos relatórios, sendo desenvolvidos separadamente. No entanto, as conclusões foram cruzadas visando estabelecer possíveis relações entre cada caso. A **figura 54** apresenta o formulário eletrônico do questionário, enviado em formato digital com as respostas dos três grupos.

O **Estudo Piloto (EP-00)** embasou a reestruturação necessária para o **Estudo de Caso 01 (EC-01)**, em fase de desenvolvimento junto às disciplinas de Projeto de Arquitetura IV, Urbano e Paisagismo (**item 3.1.1.**). A turma vem sendo acompanhada desde o início do segundo semestre de 2017, com evolução da proposta inicial da temática do trabalho. Com relação especificamente a este assunto, destaca-se a característica principal que é o caráter cíclico e contínuo de uma metodologia de trabalho que evolui a cada disciplina aplicada, não havendo, portanto um fim determinado.

Pelas informações coletadas no desenvolvimento deste trabalho, como, entendimento de escala, proporções e espacialidade são dificuldades encontradas face ao nível que a disciplina propõe. A imersão digital pela Realidade Virtual pode auxiliar na obtenção dessas percepções através de uma nova forma de estímulo aos alunos, ao possibilitar um ponto de vista mais direto com relação ao observador criador e o projeto.

Entendeu-se naquele momento, ser pertinente a antecipação de algumas percepções advindas do processo de condução prático junto aos estudantes. Tais informações foram organizadas em relação a alguns itens principais:

1. Manipulação de instrumental pré-determinado;
2. Postura dos estudantes ao receber as técnicas definidas e, por fim;
3. Aplicabilidade real em projeto;

(1) No que diz respeito ao **instrumental**, foi notada dificuldade por parte de alguns na elaboração dos óculos *Cardboard*, mesmo com a facilidade possibilitada com a disponibilização dos kits. Era esperado que os estudantes aplicassem técnicas simples de corte, dobradura e colagem. De posse do manual de execução. Dado o fato de que se trata de uma turma de quinta fase, foi esperado por parte dos pesquisadores que tais técnicas eram de fácil domínio dos estudantes. Portanto, considerou-se a verificação desse manejo para o início do processo posterior. Os óculos foram montados normalmente, porém eventuais problemas na execução poderiam comprometer a qualidade do instrumento no momento de utilizar junto ao *smartphone*. Além disso, o tempo direcionado a este estágio acabou sendo maior que o previsto inicialmente, devido ao tempo ou até mesmo interesse por parte dos alunos.

Ainda com relação a este instrumental, há que se atentar aos modelos de *smartphones* dos estudantes. Na etapa piloto, por ter sido

aplicado em um número reduzido de estudantes, este item não se mostrou problemático. Ao se ampliar para a turma toda e colocando-se a obrigatoriedade de participação de todos, o universo se amplia, e o contato com essas questões ocorre com mais frequência. Previamente, conclui-se que seria necessária a definição prévia de requisitos mínimos para aplicação do processo sugerido pela pesquisa.

(2) No que tange a **postura dos estudantes**, foi percebida certa frustração por parte do corpo docente no que se refere ao envolvimento e à dedicação dos estudantes em tarefas consideradas simples. A expectativa dos professores se altera na medida em que a tecnologia é inserida no contexto como um elemento potencial de melhoria do processo de projeto, em termos gerais, que vão desde a possibilidade de se testar maior número de alternativas, mais formas de concepção, até a proposição de soluções projetuais mais aprofundadas em termos técnicos. Entende-se, pois, que essa pode ser uma consideração que se posiciona em questões maiores do processo de ensino e aprendizagem. Ainda assim, é pertinente este destaque tendo em vista ser este um movimento que visa romper a inércia no estudante nesse contexto.

(3) Em termos de **aplicabilidade real no projeto**, destaca-se a importância do entendimento concreto por parte dos estudantes sobre o real auxílio ao projeto. O que se antecipa em termos de conclusão com relação a isso é que os acadêmicos possuem certa resistência, tanto a novos padrões de trabalho quanto a métodos de ensino tradicionais que incentivam a expressão gráfica manual. Algo que, por vezes, pode reforçar certo comodismo por busca de conhecimentos que extrapolem o ministrado pelos docentes e que se foquem nas soluções projetuais propostas, para além do ferramental. Os professores possuem papel importante na exposição de conteúdos voltados às tecnologias digitais e imersivas focadas ao desenvolvimento de projeto, porém a busca por esta informação não se restringe ao corpo docente, cabe aos estudantes procurarem manter-se atualizados as tecnologias.

Através das respostas do questionário foi possível estabelecer alguns pontos importantes para a sequência da pesquisa. O cruzamento das informações permitiu identificar interesses dos acadêmicos pelas técnicas e como motivá-los a continuar utilizando as ferramentas expostas pela pesquisa. O Quadro 6 apresenta um resumo das análises dos alunos visando a aplicação para o próximo estudo de caso, seguindo a lógica cíclica do trabalho.

Quadro 6: Informações colocadas para futuras aplicações.

| INFORMAÇÃO COLETADA NOS QUESTIONÁRIOS | APLICAÇÃO FUTURA |
|--|---|
| Incentivo dos professores | Participar da Estruturação da disciplina seguinte junto aos professores |
| Conhecimento ausente das ferramentas | Oficinas de modelagem 3D e Realidade Virtual |
| Disponibilidade de equipamentos | Oficinas montagem dos <i>Cardboards</i> . |

Fonte: Do autor.

Com a formulação deste quadro resumo foi possível identificar lacunas na implantação das ferramentas, ressaltando também a importância do corpo docente da disciplina sobre o incentivo e liberdade de aplicação destas técnicas de trabalho.

Outros pontos foram passíveis de análise, com relação a utilização das ferramentas digitais e sua aplicabilidade. Como o **Projeto Piloto** foi sendo desenvolvido conforme o andamento da disciplina e evolução dos projetos dos alunos, as técnicas de Realidade Virtual e Aumentada também foram sofrendo modificações e melhorias ao decorrer da etapa.

Fatores que contribuíram e atrapalharam para o aperfeiçoamento da temática para aplicação das ferramentas digitais de Realidade Virtual e Aumentada foram:

Pontos positivos

- Definição do aplicativo **Kubity**, a ser utilizado no ambiente de Realidade Virtual, que disponibiliza versão no computador e *smartphone* compatíveis com os *softwares* **Sketchup** e **Revit**;
- Definição do modelo de *Datashow* com a melhor qualidade de projeção sobre superfícies irregulares;
- Possibilidade de utilização da Realidade Virtual nas bancas de avaliação de projeto;

Pontos negativos

- A maioria da turma não possuía aparelhos *smartphones* com os sensores mínimos para a utilização das ferramentas;
- Apenas uma unidade dos Óculos *Cardboard* para utilização da ferramenta;
- Falta de domínio das ferramentas de modelagem 3D pela turma;

- Infraestrutura física da sala de aula com dificuldade de acesso a pontos de conexão elétrica e internet;

Considerações observadas durante o acompanhamento da disciplina analisando os quesitos alunos, ferramentas e professores.

- **Alunos** – No início das atividades, a organização do **Estudo Piloto** não estava clara em relação às possibilidades de aplicação das ferramentas digitais e como utilizá-las junto ao processo de criação de projeto. Ao passo que, foi definido o aplicativo (*kubity*) a ser utilizado na imersão em Realidade Virtual, o processo tornou-se mais eficaz e alguns grupos demonstraram interesse pelas ferramentas. Nesta fase de aplicação, conforme os resultados foram surgindo, despertaram aos outros colegas a vontade de utilizar estes recursos. Estas trocas de informação entre colegas permitiu a difusão dos conceitos de imersão em ambiente virtual.
- **Ferramentas** – Houve necessidades mínimas necessárias à utilização das técnicas, como, os aparelhos *smartphones*, instalações em sala de aula e numero adequado de óculos.
- **Professores** – O corpo docente pode perceber uma nova maneira de análise de projeto, em fase de assessoramentos e também nas apresentações finais, onde foram disponibilizados aos professores os óculos para o passeio virtual, possibilitando uma visualização mais critica dos projetos. A visualização imersiva permite retratar informações que não constam em pranchas ou em outros materiais de representação disponibilizados pelos alunos em seus trabalhos.

4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Após coletadas as informações sobre a aplicabilidade das técnicas digitais com o **Estudo Piloto**, a sequência das atividades se voltou ao **Estudo de Caso 01 (EC-01)**, onde a principal técnica utilizada foi a Realidade Virtual. E, na continuidade o **Estudo de Caso 02 (EC-02)**, que percorreu o caminho da Realidade Aumentada, utilizando a técnica de *Video Mapping* e incorporou também a utilização da Realidade Virtual.

4.1 ESTUDO DE CASO 01 – REALIDADE VIRTUAL

A possibilidade de se elaborarem os condicionantes iniciais para estruturação da turma seguinte ao Estudo Piloto (**EP-00**), no qual se iniciou o primeiro Estudo de Caso (**EC-01**) foi considerado o resultado mais representativo deste piloto. Para efeito de organização deste trabalho, tais condicionantes apresentam-se inseridas nesta parte introdutória do primeiro Estudo de Caso, e não nas conclusões do Piloto.

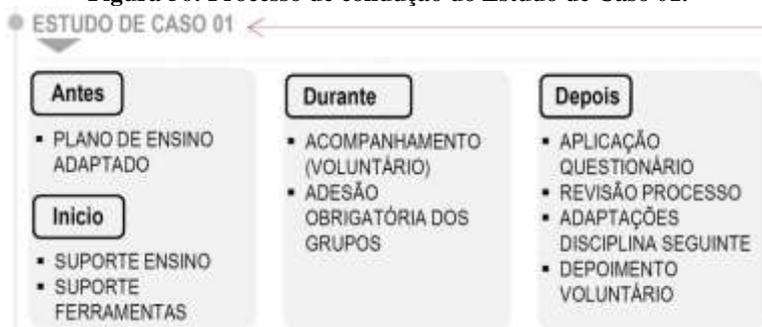
Similarmente ao anterior, o esquema na sequência (resgatado **figura 56**), esclarece que antes de se iniciar o semestre letivo, foram feitas adaptações no Plano de Ensino e, no momento inicial do semestre já foram ofertados os suportes de ensino das técnicas, através de **oficinas**, e acompanhamentos a serem manipulados ao decorrer da elaboração dos trabalhos.

Foi definido também em fase anterior, que o acompanhamento do pesquisador se daria de maneira voluntária, no âmbito do regimento do estágio docência. Isso direcionaria a autonomia do processo aos docentes e possibilitaria novas abordagens e conhecimento de outras informações ainda não previstas pelo pesquisador.

Neste momento é que foi definido sobre a adesão dos alunos tivesse caráter obrigatório. Por fim, a forma de análise dos dados coletados e dos resultados foi mantida, com aplicação dos questionários direcionando as mesmas revisões nos processos e adaptações para as disciplinas subsequentes. Neste estudo foi obtido um depoimento voluntário de um dos alunos, que também foi incorporado na forma de análise dos resultados, descritos mais a frente.

O esquema disposto na Figura 56 esclarece tais apontamentos.

Figura 56: Processo de condução do Estudo de Caso 01.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 Condicionantes

▪ **Planejamento**

A disciplina permite que os estudantes utilizem diferentes ferramentas digitais durante o processo de projeto. O semestre de estudo foi 2017.2 e contou com a disponibilidade de conteúdo organizado através de um *Blog*, produzido com os materiais desenvolvidos pelas equipes de trabalho. Ao final, os códigos *QRCode* de Realidade Virtual foram disponibilizados para acesso a qualquer pessoa interessada. Sendo assim, com os códigos disponíveis para a turma do Semestre de 2018. Os trabalhos dos colegas ficaram acessíveis para consultas e visualizações.

▪ **Contexto da Disciplina**

O contexto da disciplina tem como pressuposto a multidisciplinaridade, ao serem contempladas de maneira conjunta as disciplinas de Projeto de Arquitetura, Urbanismo, Paisagismo e de Tecnologias Construtivas. O objetivo é relacionar os conteúdos e proporcionar a conexão entre os assuntos programados pelos docentes das disciplinas, ampliando as informações dos estudantes com a temática do projeto. Esta multidisciplinaridade permite aos estudantes se apropriarem dos conceitos, discussões e vislumbrarem o projeto com diferentes linhas que buscam o resultado de um processo de projeto integrado.

As diferentes escalas tratadas na disciplina reforçam a importância desta pesquisa no sentido de permitir a imersão e análises compositivas por um novo ponto de vista proporcionado pelas ferramentas digitais de Realidade Virtual.

- **Temática da Disciplina**

A temática do projeto é o Habitat, uma reflexão sobre o conceito de morar, interpretar os conceitos de moradia, a fim de discutir os elementos que compõe esta ação. Trata-se de uma proposta livre, onde os estudantes têm liberdade de escolher seus objetivos e fluxos de trabalho, contemplando desde o significado de Habitat até as limitações técnicas e espaciais que compreendem o campo do projeto.

- **Contextualização**

Disciplina oferecida no quinto período no curso de Arquitetura e Urbanismo, na qual os estudantes já apresentam a metade da grade curricular do curso concluída. Por isso possuem conhecimentos necessários para desenvolver a temática proposta pela disciplina e eventuais alterações impulsionadas pela pesquisa.

A Ementa da disciplina fomenta:

Desenvolver projetos de aprendizagem que estimulem as habilidades cognitivas do estudante, capacitando-o ao exercício do projeto habitacional e da paisagem, como elementos configuradores do tecido e da morfologia da cidade. Ênfase na experimentação, através de modelos, desenhos, parametrização, direcionadas à inovação, sustentabilidade, inter-relação sócio espacial da arquitetura da habitação e do ambiente natural na inserção urbana em escalas variadas. Explorar formas de expressão e comunicação do arquiteto, especialmente nas análises de projetos relevantes para o tema, de aspectos de diferentes regiões, ecossistemas, tecnologias e de técnicas construtivas, tanto das soluções urbanas como arquitetônicas.

(Proposta de Ateliê Integrado Experimental)

- **Ferramentas**

Para a execução das atividades foram necessárias algumas ferramentas específicas, como a montagem do óculos *Cardboard* e o aparelho celular *smartphone* com os sensores de movimento giroscópio¹¹ e acelerômetro¹².

¹¹ “Giroscópio é um dispositivo que consiste de um rotor suspenso por um suporte formado por dois círculos articulados, com juntas tipo eixo cardam”. Seu funcionamento baseia-se no princípio da inércia. O eixo em rotação tem um

4.1.2 Campo

Conforme mencionado no esquema anterior, no início do semestre foi oferecido suporte de ensino de conteúdo que anteriormente se mostrou ausente no domínio dos alunos. A este momento foi denominado **suporte ensino**, composto basicamente pela condução de mini oficinas temáticas para **nivelamento e exposição** das ferramentas digitais.

A fim de investigar a aplicação das ferramentas digitais no processo de projeto, foram realizadas apresentações dos trabalhos desenvolvidos no semestre anterior como forma de estímulo aos novos alunos participarem dos projetos dos colegas, interagindo e buscando referências de projeto.

- 1) **Oficina Croquis:** Foi proposta aos acadêmicos uma saída de campo para visualização e análise do terreno do projeto. Com o objetivo de estimular as percepções sensoriais “*in loco*” através de croquis. Ao analisar os primeiros desenhos, foram ministrados treinamentos rápidos visando aprimorar a ferramenta de desenho a mão livre, tendo em vista a percepção

efeito de memória que guarda direção fixa em relação ao círculo máximo, dispensando as coordenadas geográficas. O giroscópio veio a substituir a bússola (agulha magnética) na navegação marítima. O giroscópio consiste essencialmente em uma roda livre, ou várias rodas, para girar em qualquer direção e com uma propriedade: opõe-se a qualquer tentativa de mudar sua direção original. O giroscópio serve como referência de direção, mas não de posição. Mesmo que você gire o aparelho em diversas posições, ele sempre apontará para um mesmo lugar, como se fosse uma bússola sempre apontando para o norte.

¹² Acelerômetro, de acordo com a primeira lei de Newton “Todo corpo permanece em repouso até que alguma força externa aja sobre ele”. Já a segunda lei define a força aplicada como o produto da massa do corpo pela sua aceleração. Em outras palavras, ao medir a aceleração aplicada sobre um corpo, descobrimos qual é a força aplicada sobre ele. Um acelerômetro nada mais é do que um instrumento capaz de medir a intensidade e, conseqüentemente, repassar a informação para o programa. A partir desse momento uma ação é executada. E não é só nos controles dos videogames que o acelerômetro é uma das atrações. Em celulares como o iPhone, por exemplo, o acelerômetro é capaz de identificar a movimentação do usuário em jogos ou mesmo no direcionamento do sentido da tela.

de imaturidade dos alunos com os desenhos manuais (figura 57).

- 2) **Oficina modelagem 3D:** Modelagem básica visando nivelar a turma no uso do software *Sketchup*.
 - Apresentação do software e seus princípios de organização e funcionamento;
 - Ferramentas de modelagem, comandos e atalhos;
 - Diretrizes de modelagem, criação de grupos, componentes, camadas (*layers*), bibliotecas;
 - Aplicações às circunstâncias dentro do processo de projeto de arquitetura (figura 58).

- 3) **Oficina Integração modelagem 3D + Realidade Virtual:** Apresentação dos *softwares* que integram a modelagem 3D (*Sketchup*) com a Realidade Virtual. Nesta fase também se realizou *Workshop* sobre o como organizar o processo de modelagem, exportação e utilização dos *softwares*.
 - Diretrizes das modelagens realizadas no *Sketchup*;
 - Importação e manuseio do modelo 3D;
 - Exportação para o modo de visualização em Realidade Virtual;
 - Exemplificação de possíveis problemáticas no momento da aplicação ao modo Realidade Virtual.

- 4) **Oficina Cardboard:** Conexão entre o modelo digital e os estudantes. A premissa é que cada grupo possa ter seu próprio *Cardboard*, otimizando o processo de trabalho do grupo.
 - Contextualização dos óculos *Cardboard*;
 - Como funcionam os óculos *Cardboard*;
 - Maneiras de utilização e aplicação do aparelho;
 - Entrega de kit para confecção dos óculos, contendo um par de lentes e papelão;
 - Demonstração do processo de montagem e gabaritos via site do fabricante do *Cardboard*;
 - Explicação da tecnologia dos sensores necessários ao *smartphone* para a utilização de Realidade Virtual. (Giroscópio e Acelerômetro).

Figura 57: Desenhos de observação da turma. Montagem óculos *cardboard*.



Fonte: Registros fotográficos do autor.

Figura 58: Oficina de modelagem 3D e VR.



Fonte: Registros fotográficos do autor.

4.1.3 Resultados

A turma foi exposta aos projetos dos colegas, a fim de estimular a discussão e aplicação da Realidade Virtual. Outra característica é o estímulo à apresentação e defesa do próprio projeto. Nesta etapa foram desenvolvidas algumas atividades que complementam a busca desta pesquisa. Seguindo o ciclo de aprendizagem de Kolb (1984), **agir, refletir, conceitualizar e aplicar**. Tendo em vista a lógica deste

conceito, foram relacionadas às ações em função das atividades desenvolvidas.

- - Imersão e compreensão dos trabalhos apresentados;
- - Compreensão espacial, volumétrica;
- - Desenho a mão livre relacionando espacialidade e escala de projeto;
- - Aplicação da Realidade Virtual sobre a atividade anterior;
- - Criação de um objeto que interaja ao modelo fornecido pelos colegas;
- - Questionário sobre a experiência das atividades.

▪ **Questionários com os estudantes da disciplina**

A turma foi submetida ao final do semestre a um questionário, cuja intenção foi registrar o posicionamento dos alunos quanto à técnica sugerida como ferramenta de projeto. Seguindo a mesma lógica estabelecida no Estudo Piloto (**EP-00**) realizada anteriormente (figura 59).

O questionário apresentou um breve texto explicativo sobre o tema abordado sobre Realidade Virtual e a fase projetual que a turma se encontrava. Com perguntas de respostas curtas, nas quais as análises foram realizadas em tópicos **técnica, processo e aplicação** (conforme descrito no capítulo 3, item 3.1.3), seguindo a sinalização da **Ideia Central (IC)**, os **Elementos Chave (EC)** e, por fim, o **Relatório Final (REL)**, de cada categoria.

Figura 59: Imagem referencial do questionário do Estudo de Caso 01 (EC-01), com análise do elemento chave grifados em vermelho.

| O que você acha do uso da Realidade Virtual no desenvolvimento de projeto de Arquitetura e Urbanismo? | Descreva o processo de construção dos óculos cardboard, relatando ações que considerou difíceis, físicas ou normais. | Como foi o processo de imersão virtual no ambiente de projeto? | Esta pesquisa teve como objetivo auxiliar a compreensão da relação espacial e percepção de escala e proporção do ambiente construído e natural. Relate sua experiência por este ponto de vista. | Cite pontos positivos e/ou negativos na aplicação de Realidade Virtual no contexto de Projeto. | Em que Etapa do processo projetual foi utilizada a Realidade Virtual? | Você utilizaria novamente a Realidade Virtual nas próximas disciplinas de projeto? | Houve dificuldades na elaboração do modelo? | Sobre o processo de imersão virtual... | Sobre o domínio dos softwares de Realidade Virtual... |
|---|---|--|---|---|---|---|---|---|--|
| Interessante para se ter maior noção de escala e de como os volumes serão vistos pelo observador. | Difícil de cortar os detalhes com estilete/tesoura | Importante na visualização de como estava ficando durante as etapas de construção, porém gerava problemas na tentativa de pôr o projeto no óculos, precisando sempre voltar as vistas | Gostaria de poder ter utilizado mais vezes. Mas das vezes que usei deu para sentir melhor a escala do projeto. | Positivo: noção da visualização do observador, negativo: a visão dos óculos não se prende ao solo, a câmera está sempre "voando". | Somente nas apresentações. Por que? | Dependendo se a tecnologia fosse mais prática no sentido de não ter problemas técnicos ao mandar o modelo 3D pro óculos. Pois isso diminui o tempo de produção. | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o programa de RV. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou, porém muito trabalhosos | Não há necessidade de oficinas |
| Acho que o uso da Realidade Virtual pode ajudar muito porque possibilita observar o projeto e partir do observador (algo muito interessante foi o uso do projetor junto com a Realidade Virtual) Contudo, a falta de smartphones capazes de utilizar a R.V. foi um problema que impediu o melhor aproveitamento da ferramenta. | Difícil cortar os óculos com o estilete Normal: entender a montagem | Foi muito útil, embora não houve utilização devido as dificuldades citadas acima, mas foi bem importante para chegarmos na "escala do pedestre". | Pela experiência que tive, aprendi que além de proporções antigas do ambiente construído, os equipamentos e a vegetação são muito importantes para o desenvolvimento de espaços de qualidade. | Imersão no projeto como um usuário + análise das distâncias entre as edificações = | Outra. Descreva. | Porque é bastante útil, além de ser muito legal ver a sensação caminhando pelo projeto que as pessoas têm. | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o programa de RV. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Possibilitou um passeio imersivo diferente do padrão de representação 3D | É preciso acompanhamento do monitor em todo o processo |
| Acho que é uma ferramenta que ajuda bastante ao projeto, como nova tecnologia que permite explorar seu projeto e poder se capacitar ao em vez de imaginar apenas com desenhos técnicos. A visualização é mais clara do todo e isso foi essencial para nós, e que permitiu a criação bem representada. | O óculos em si não teve muitas dificuldades, mas o manual de construção não foi o suficiente para terminar o tamanho | foi inovador, trouxe praticidade para leitura do nosso projeto e sentir como se já estivesse naquele espaço. | Sim, pude me relacionar com o espaço , tendo mais noção se estava muito grande ou pequeno, foi o que ajudou no estudo de arborização. | Melhora a noção de espaço, escala humana e visualização do volume de variadas perspectivas. | Somente nas apresentações. Por que? | Sim. Por que? | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o programa de RV. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou na compreensão de escala e proporções | Há necessidade de oficinas para os softwares de modelagem 3D |
| Muito boa para a visualização na escala humana | Achei um pouco complicado, o resso deu errado. | Muito interessante , algo novo que nunca tinha experimentado | Sim, a percepção do ambiente muito quando estamos na realidade virtual. Podemos responder dúvidas sobre o projeto apenas se colocando no lugar do pedestre ou usuário | Sim, a percepção do ambiente muito quando estamos na realidade virtual. Podemos responder dúvidas sobre o projeto apenas se colocando no lugar do pedestre ou usuário | Em todo o processo. Por que? | Sim. Por que? | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou na compreensão de escala e proporções | É preciso acompanhamento de monitor em todo o processo |
| Acho que é uma ferramenta que pode agregar muito na experiência e percepção do projeto principalmente quando considerada a escala humana , o que é essencial para a criação de projetos de qualidade. | Meu grupo teve dificuldades. Acredito que por causa do material e do papelão. Os buracos eram pequenos demais e o corte no material não era tão preciso. | Foi uma experiência interessante. Pela primeira vez tive a noção de como seria caminhar por algo que ajude a conhecer. Tivemos noções do altura, do que estava bloqueando a visão e a passagem. | Foi bom conseguirmos corrigir e adequar partes do projeto, graças a nova percepção que obtemos pelos óculos. | Pontos positivos - noção da escala humana, ferramenta pode ser usada para explicar o projeto para outras pessoas, noção dos espaços formados. | Somente nas apresentações. Por que? | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou na compreensão de escala e proporções | Há necessidade de oficinas para os softwares de modelagem 3D | |
| Muito interessante, ajuda na criação do espaço e nos permite entrar no projeto de forma imersiva mesmo antes de ele ser finalizado. | De modo geral, a construção do óculos foi fácil, porém o corte foi um pouco trabalhoso, deixando o processo mais demorado e o resultado final sem muito acabamento. | Foi muito interessante se colocar no lugar do observador e ver como aquele espaço se caracteriza na escala no usuário. Poder fazer esse passeio virtual foi multo rico , e essa nova experiência agregou muito no processo de projeto. | Foi uma experiência muito válida . Percorrer o nosso projeto nos ambientamos muito mais, já que não estávamos habituados a projetar em uma escala tão grande, nos ajudando a melhorar a nossa percepção sobre aquilo que estávamos projetando. | POSITIVOS Imersão no projeto Melhorar noção de escala NEGATIVOS Compatibilidade com o celular Ter o modelo 3d quando ainda temos um processo de projeto mais manual | Somente nas apresentações. Por que? | Sim. Por que? | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Possibilitou um passeio imersivo diferente do padrão de representação 3D | Há necessidade de oficinas para os softwares de modelagem 3D |
| A princípio eu senti um estranhamento por nunca ter pensado na possibilidade do uso da realidade virtual em projeto, porque até o momento eu só havia feito modelos de projeto onde se utilizávamos programas como o AutoCAD . Logo eu percebi que seria uma ferramenta, que apesar da dificuldade de entendimento, podia ajudar bastante . | Construir o óculos em teoria é bem simples, mas durante o processo nós estragamos a lenha ao color elas e prejudicou o desempenho do óculos. Talvez fosse interessante fazer uma arrecadação para comprar alguns kits prontos . Não são muito caros e podem ser usados por vários semestres. | Nosso grupo demorou pra começar a usar o óculos, mas quando usamos pela primeira vez percebemos que as nossas intuições estavam funcionando bem e que a escala deveria sofrer alterações para melhorar a percepção na escala do pedestre. | O óculos ajudou muito pois antes estávamos nos baseando em hipóteses sobre a escala, percepção e se caberia o projeto na RV das conferências ou não elas. Foi bom ter o óculos para isso. | Os pontos negativos é que a tecnologia é estranha a quase todos os alunos que vêm fazendo projeto, uma vez que não é muito influenciada pela escala . Também temos uma limitação de problemas de infraestrutura que nos impede de ir além. O ponto positivo é justamente mostrar que existem várias maneiras de projetar e vários meios que nos auxiliam no processo, basta ir além do que melhor o grupo se adapta. | Somente nas apresentações. Por que? | Sim. Por que? | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou na compreensão de escala e proporções | Há necessidade de oficinas para os softwares de modelagem 3D |
| Ajudou muito na percepção do espaço | Achei muito ruim cortar o papelão e colar cartolina, além de a focou com uma quantidade péssima | Foi uma experiência multo rica para o processo do projeto | com certeza essa experiência foi válida , principalmente no final do trabalho, onde pudemos ver os detalhes e a escala real do que criamos | Não funciona em todos os celulares | Em todo o processo. Por que? | Talvez. Por que? | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou na compreensão de escala e proporções | Há necessidade de oficinas para os softwares de RV |
| eu acho que facilita na visualização do projeto e melhora na compreensão de escala | particularmente eu não gostei muito de construir o cardboard, porém gostar em um óculos VR , pois pretendo utilizá-lo durante a graduação | foi interessante, foi um primeiro contato com a ferramenta, e que se foi melhor explorando o aparelho muito o aprendizado e a elaboração do projeto | com certeza essa experiência foi válida , principalmente no final do trabalho, onde pudemos ver os detalhes e a escala real do que criamos | positivos: auxilia na criação, melhora a visualização do projeto, ajuda a compreender erros de escala, deixa o projeto mais realista, faz com que o projeto saia mais divertido de construir , incentiva a utilização e exploração de novos softwares, abre novas possibilidades de criação negativos: depende de mais tempo para a criação do projeto, a os gráficos ainda não são tão realistas, poderia ser melhor integrado com o computador ou televisão | Em todo o processo. Por que? | Sim. Por que? | Nenhuma | Possibilitou um passeio imersivo diferente do padrão de representação 3D | É preciso acompanhamento de monitor em todo o processo |
| Acredito que o uso da realidade virtual durante o processo de projeto enriquece o desenvolvimento e o produto final pois possibilita uma visão muito mais abrangente e precisa do ponto de vista do observador. É como experimentar o que o projeto será antes mesmo de ser construído. | A construção dos óculos foi relativamente simples, uma vez que contamos com manuais de passo a passo ilustrados. Tivemos fácil acesso aos materiais necessários e quão de recente para a montagem. | Foi de estranhamento e entusiasmo no começo e depois passou a ser um passo importante ao processo. | A experiência foi multo rica nesse sentido pois ofereceu uma compreensão concreta de dimensões que não temos com os métodos tradicionais de projeto. Ficamos sempre no que "achamos" que está bom, sem experimentarmos de verdade. | - permitiu que o projeto acontecesse de verdade na escala do observador - seria mais interessante se a visão obtida pudesse ser comparada com os colegas, como foi quando conseguimos visualizar no projetor o que a pessoa estava vendo | Em todo o processo. Por que? | Sim. Por que? | Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou na compreensão de escala e proporções | É preciso acompanhamento de monitor em todo o processo |
| Muito importante, pois nos permite compreender e explorar o projeto desde as primeiras propostas compostivas. | É legal já existir um modelo pronto, porém o material disponível não possibilitou um resultado tão bom quanto poderia caso fosse possível utilizar uma máquina de corte. O passo a passo disponibilizado pelo site também não é muito explicativo, então a ajuda do professor foi bastante importante. | Muito interessante , com a realidade virtual pudemos perceber nosso trabalho na escala do usuário , situação que normalmente não conseguimos alcançar facilmente com as metodologias convencionais de projeto. | Em muitos casos, quando projetamos para um local muito externo, perdemos a noção de escala e de quanto equipamentos e espaços desproporcionais. Ao imergi no projeto, através da realidade virtual, pudemos perceber essas erros de escala e proporção e corrigi-los enquanto projetamos. Dessa forma temos maior domínio do nosso trabalho durante todo o processo de criação. | Pontos positivos: -Visualização do projeto na escala do usuário logo no início da concepção projetual. -Noção de escalas e proporções. -Noção de cheios e vazios. Pontos negativos: -Poucos celulares são compatíveis com o aplicativo utilizado. -Dificuldade de fazer o upload de arquivos pesados no programa. | Outra. Descreva. | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o programa de RV. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou, porém muito trabalhosos | Há necessidade de oficinas para os softwares de modelagem 3D | |
| Acredito ter sido uma experiência interessante por possibilitar um maior entendimento e percepção do espaço na escala do pedestre . | É legal já existir um modelo pronto, porém o material disponível não possibilitou um resultado tão bom quanto poderia caso fosse possível utilizar uma máquina de corte. O passo a passo disponibilizado pelo site também não é muito explicativo, então a ajuda do professor foi bastante importante. | Foi importante para percebermos com maior facilidade as alterações que deviam ser feitas no projeto, pois estamos acostumados a visualizar problemas com vista aérea , nos tornando incapazes de perceber as alterações que devemos fazer, e essa tecnologia nos fez ter maior noção sobre alturas e distâncias. | Foi importante para percebermos com maior facilidade as alterações que deviam ser feitas no projeto, pois estamos acostumados a visualizar problemas com vista aérea , nos tornando incapazes de perceber as alterações que devemos fazer, e essa tecnologia nos fez ter maior noção sobre alturas e distâncias. | É muito praticável e importante aplicar tecnologia ao projeto, foi uma experiência muito interessante, porém nem todos os alunos tinham o aparelho necessário para utilizar do aplicativo e as instalações da sala de aula dificultavam para carregar o arquivo. Para tornar as experiências mais dinâmicas também seria legal transferir no projetor as coisas existindo no cardboard , como febo uma vez em sala de aula. | Outra. Descreva. | Sim. Por que? | Com o acesso a internet, instalações elétricas | Possibilitou um passeio imersivo diferente do padrão de representação 3D | É preciso acompanhamento de monitor em todo o processo |
| Foi uma experiência incrível , agregando de forma significativas no desenvolvimento da arquitetura e do urbanismo. | O processo é simples e fácil de forma geral, tivemos mais dificuldade com o software . | Gratificante , com a experiência foi possível ter uma melhor noção de escala e de distâncias. Além de um melhor do projeto como um todo. | A experiência funcionou como uma nova ferramenta, que junto aos desenhos, imagens físicas e virtuais , possibilitou uma melhor compreensão de escala e das proporções . O processo de validar , entre o modelo virtual e o VR , possibilitou uma constante percepção em escala real até estarmos a projetar. | A possibilidade de se ter uma noção/percepção que simula a realidade e logo consegue trazer uma melhor noção de escala e proporções, ajudando constantemente no desenvolvimento do projeto. | Em todo o processo. Por que? | Sim. Por que? | Com a compatibilidade do aparelho celular. Com o acesso a internet, instalações elétricas | Ajudou na compreensão de escala e | Não há necessidade de oficinas |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Técnica

A Realidade Virtual foi uma novidade no cenário de projeto para a turma submetida ao **Estudo de Caso 01**, e como tal, despertou curiosidade entre os alunos, pois houve uma diferenciação nas ferramentas de trabalho na disciplina, permitindo um novo ponto de vista no ambiente de projeto.

No discurso pautado com relação à técnica foi importante observar a curiosidade despertada na turma, cuja tecnologia oportunizou uma nova possibilidade de visão de projeto, aonde a maioria dos alunos vinham trabalhando no processo manual de desenho no desenvolvimento do projeto. Foram fornecidos a turma os materiais para a montagem dos óculos *Cardboard* em sala de aula, com intenção de apropriação e entendimento da ferramenta pelos alunos. Os pontos a serem destacados seriam, portanto:

- Professores com repertório constantemente atualizado, abertos a oferecer novos pontos de aplicação de arquitetura;
- Interesse por novidades (ferramentas e aplicativos afins de projeto) em sala de aula;
- Dificuldades na construção dos óculos.

Processo

Após realizadas as oficinas de modelagem 3D e Realidade Virtual, o entendimento das ferramentas se demonstrou um fator de importância nas relações espaciais e volumétrica que a turma estava sendo submetida. A imersão possibilitou à turma novos pontos de vista, até então inexplorados, auxiliando no entendimento de projeto.

Foram atingidos neste processo, o entendimento da ferramenta Realidade Virtual como elemento de projeto, onde a utilização dos óculos funciona como complemento das ideias de projeto. O fator visão em nível do pedestre foi o ponto citado de maior repercussão nas respostas, ou seja, a imersão permitindo o entendimento espacial do objeto projetado. Com relação a este aspecto pode-se extrair as seguintes informações:

- Entendimento do projeto através da escala do usuário;
- Imersão no ambiente de projeto;

- Mudança de metodologia de trabalho, a Realidade Virtual está presente neste processo, como validador e observador de conceitos de projeto;
- Compartilhamento da visão imersiva com os colegas. A visão dos óculos pode ser observada pela turma, possibilitando novas apropriações da ferramenta.

Aplicação

A aplicação da Realidade Virtual, apesar de ser uma ferramenta simples, sem necessidades de equipamentos especiais e caros, apresentou algumas observações na ordem da aplicação da ferramenta. Consolidou o fator oficina e acompanhamento como elemento importante no desenvolvimento da tarefa além das instalações fornecerem subsídios a aplicação da técnica.

Houve facilidade na compreensão da técnica aplicada, como a teoria e a prática foram aplicadas em sequência, funcionando com sucesso na turma. Porém, observada a falta de domínio com *softwares* de modelagem 3D, foi notado certo desconforto na elaboração dos modelos, ponto passível de correção com monitoria ou acompanhamento dos professores da disciplina. O processo de imersão teve total aceitação dos acadêmicos, e o pedido de melhoria das instalações (internet) também foi unânime. Este aspecto permitiu reflexões, como:

- Possibilitou um passeio imersivo diferente do padrão de representação 3D;
- Mesmo sendo processo simples, carece de acompanhamento e oficinas;
- Alguns aparelhos *smartphones* não possuem compatibilidade com a tecnologia, porém a turma e dividida em grupos o que não impede a utilização da ferramenta;
- Dificuldades com o acesso à internet foram importantes no desenvolvimento das atividades. Carregamento e processamento dos arquivos.

4.1.4 Conclusões EC-01

Após a realização do **Estudo de Caso 01**, alguns apontamentos importantes foram possíveis a partir do processo de evolução da pesquisa, ou seja, as informações coletadas na etapa anterior permitiram

avanços a esta etapa no critério de organização e aplicabilidade. Logo na primeira semana foram propostas oficinas que balizaram o conhecimento acerca das ferramentas digitais de modelagens 3D e virtuais. As informações desta coleta de dados se passaram na seguinte ordem, constando análises positivas e que merecem atenção à etapa seguinte, como:

Positivos

- Nivelamento na técnica de modelagem 3D, utilizando o *software Sketchup*;
- Utilização da Realidade Virtual no processo de projeto;
- Elemento que teve fundamental importância no desenvolvimento do trabalho foi a utilização do aplicativo (***Lonely Screen***) que permite transmitir a tela do *smartphone* à tela do computador, ou seja, o usuário que está imerso utilizando o *Cardboard* é capaz de transmitir seu ponto de vista com os demais colegas pela projeção do *Datashow* (figura 60). Esta importância é dada pela capacidade de interação entre todos os personagens com o projeto, assim, o projetista pode encaminhar o usuário que está imerso (utilizando o *Cardboard*) aonde ir e o que observar sobre o projeto. Tais recursos aumentaram as possibilidades de utilização da ferramenta, abrindo um leque de ações aos acadêmicos explorarem suas propriedades projetuais.

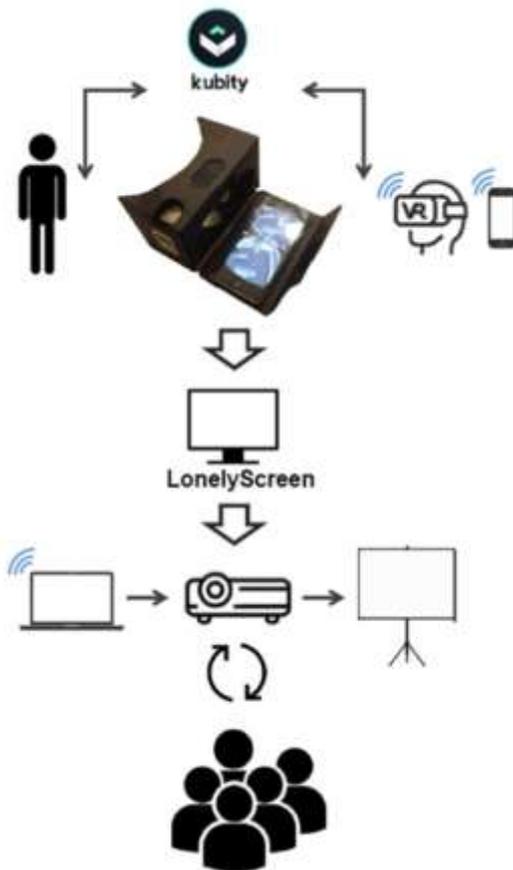
Figura 60: Utilização da Realidade Virtual transmitida ao *datashow* possibilitando a visualização com todos os alunos da turma.



Fonte: Registros fotográficos do autor.

A figura na sequência abaixo representa as conexões estabelecidas entre o usuário em modo imersivo e solitário utilizando a Realidade Virtual, com as conexões de tecnologias capazes de transmitir os dados (tela do *smartphone*) aos demais colegas através da sequência de equipamentos, nesta ordem: *Cardboard* com o *smartphone*, este, que está com sua tela transmitida ao notebook através do aplicativo *LonelyScreen*, permitindo a conexão da imagem ao *Datashow*, que por sua vez, transmite as imagens na tela de projeção, onde a percepção de imersão do usuário do óculos e repassada a todos no ambiente de sala de aula (figura 61).

Figura 61: Processo da utilização da Realidade Virtual com a participação e interação dos colegas.



Fonte: Do autor.

Negativos

- Dificuldade enfrentada pelos acadêmicos na tarefa de montagem dos óculos *Cardboard*, onde foram oferecidos a eles os gabaritos de montagem, lentes e material para confecção dos óculos. Algumas dificuldades foram apontadas com relação aos cortes e acabamentos manuais para o desenvolvimento do equipamento (figura 62).

Figura 62: Confecção dos óculos *Cardboard*.



Fonte: Registros fotográficos do autor.

- Instalações físicas da Sala de Aula, com dificuldades de acesso aos pontos elétricos para os notebooks devido à demanda atual de praticamente uma máquina por aluno e dificuldades de conexão de internet, já que há uma demanda alta por dados pelos *smartphones*.

As atividades realizadas neste **Estudo de Caso 01 (EC-01)** foram importantes, pois apontaram dificuldades na execução e elaboração das tarefas vislumbradas no início do semestre. Na maneira que permitiram o refinamento do ciclo das técnicas de Realidade Virtual, ou seja, no processo de projeto, nas ferramentas de modelagem 3D, na utilização de um número maior de óculos disponíveis aos grupos de trabalho e o processo de transmissão da Realidade Virtual à tela do *Datashow* possibilitando a participação de todos no ambiente de projeto.

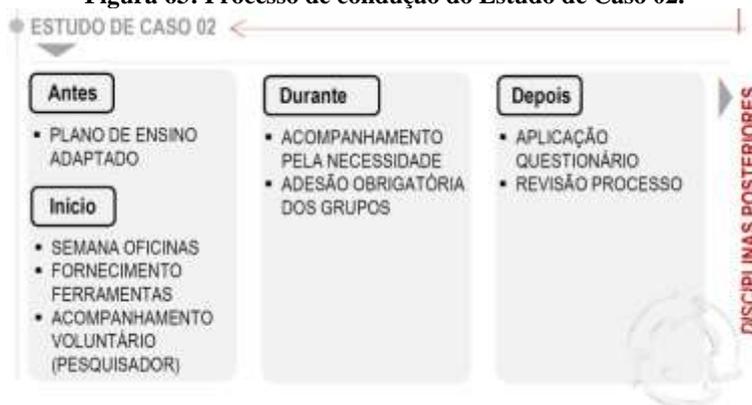
Este ciclo não possui restrições técnicas, pois as ferramentas necessárias são de fácil acesso e podem ser repetidos conforme as demandas de cada aluno (projetista).

4.2 ESTUDO DE CASO 02 – REALIDADE AUMENTADA + REALIDADE VIRTUAL

A aplicação do segundo **Estudo de Caso (EC-02)** seguiu o mesmo processo dos anteriores, mantendo a lógica de evoluir a partir das atividades realizadas. Neste estudo foi possível investigar novas alternativas na aplicação das ferramentas digitais em ambiente de projeto.

Similarmente ao anterior, o esquema na sequência, figura 63, esclarece que antes de se iniciar o semestre letivo, foram feitas adaptações no Plano de Ensino e, no momento inicial do semestre já foram ofertados os Suportes de Ensino, através de oficinas, também revisadas e com a participação de mestrandos com outras linhas de pesquisa, mas que serviram de apoio. Foi possível combinar os elementos apresentados aos alunos em diferentes técnicas de trabalho (pesquisas) combinando experiências de novas possibilidades.

Figura 63: Processo de condução do Estudo de Caso 02.



Fonte: Do autor.

4.2.1 Condicionantes

Manteve-se o acompanhamento junto à disciplina de Projeto Arquitetônico IV, do quinto semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal de Santa Catarina.

Os itens referentes a planejamento, contexto, temática, contextualização e ferramentas da disciplina se mantem conforme o semestre anterior e aos elementos vinculados ao **Estudo de Caso 01 (EC-01)**. Item 4.1.1. Seguindo a lógica da ementa da disciplina.

4.2.2 Campo

Conforme mencionado no esquema anterior, no início do semestre foi oferecido suporte de ensino de conteúdo que anteriormente se mostrou ausente no domínio dos alunos. A este momento foi denominado Suporte Ensino, composto basicamente pela condução de

mini oficinas temáticas para Nivelamento e Exposição das Ferramentas Digitais.

A fim de fomentar o uso das ferramentas digitais no processo de projeto, foram realizadas apresentações dos trabalhos desenvolvidos no semestre anterior como forma de estímulo aos novos alunos interagirem com os projetos dos colegas, em busca por repertório e referências de projeto (figura 64).

Figura 64: Workshop apresentação trabalhos semestre anterior.



Fonte: Registro fotográfico do autor.

Como este planejamento da disciplina envolveu novas pesquisas de mestrado que analisavam em sua essência prototipagem e animação, foi possível a interação das técnicas de trabalho.

- 1) **Oficina Prototipagem:** Conduzida por outro eixo de pesquisa de mestrado sendo desenvolvida pela autora Carla Secchi, os alunos desenvolveram uma composição volumétrica possível de ser prototipada fisicamente por máquinas de corte a Laser.
- 2) **Oficina de Animação:** Conduzida por outro eixo de pesquisa de mestrado sendo desenvolvida pela autora Patrícia Turazzi, os alunos desenvolveram animações com sequência de desenhos estáticos que passados em conjunto criam a sensação de movimento.
- 3) **Oficina de Realidade Virtual e Aumentada:** Nesta oficina ministrada pelo próprio pesquisador, foram apresentadas as técnicas de Realidade Virtual aos alunos, com a utilização dos óculos *Cardboard* e aplicativos pertinentes à aplicação da técnica e Realidade Aumentada com suas funcionalidades no ambiente de

projeto. As oficinas anteriores foram apropriadas no desenvolvimento de dinâmicas específicas ilustradas na sequência.

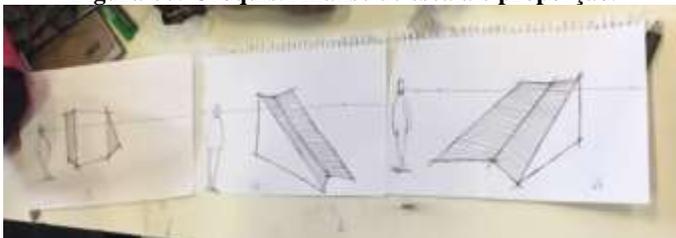
As Figuras 65 e 66, cujas intenções foram de estabelecer as relações de escalas e proporções com croquis utilizando os volumes criados nas oficinas anteriores. Ao passo de estimular as habilidades de desenho e observações volumétricas.

Figura 65: Croquis de estudo com maquetes. Análise de escala e proporção à mão livre.



Fonte: Registro fotográfico do autor.

Figura 66: Croquis. Análise de escala e proporção.



Fonte: Registro fotográfico do autor.

A Figura 67 representa o procedimento de imersão virtual com a composição volumétrica para análises de escala, pontos de fuga, proporções. Com o propósito de estimular o entendimento das linhas que compõem as arestas dos croquis.

Figura 67: Análise do modelo 3D com o óculos Cardboard. Imersão com objetivo de verificar pontos de fuga e escala.



Fonte: Registro do autor.

A fase de Campo caracterizou-se finalmente pela aplicação da Realidade Aumentada com a técnica de *Video Mapping* sobre as maquetes volumétricas desenvolvidas pelos alunos.

Foi criado um cenário para a instalação do projetor sobre a maquete utilizando uma escada como tripé e base para a fixação do *Datashow*, em ângulo vertical onde foi possível projetar as informações dos projetos sobre a maquete física, conforme a Figura 68. O pesquisador forneceu aos alunos o arquivo gabarito (já em *slide* no *Power Point*) com a imagem do mapa referenciada, permitindo aos alunos trabalharem livremente sobre esta base, onde na sequência utilizariam a projeção de *Vídeo Mapping*.

Figura 68: Montagem para aplicação do Vídeo Mapping.



Fonte: Registro do autor.

As apresentações foram realizadas em torno das maquetes, com a utilização da Realidade Aumentada como ferramenta visual de aplicação das intenções de projeto, conforme a Figura 69, alguns trabalhos tiraram partido da técnica e aplicaram o *QRCode*, possibilitando a transferência do projeto para a Realidade Virtual, Figura 70, havendo a combinação das duas ferramentas digitais, integrando a Realidade Virtual à Realidade Aumentada, Figura 71.

Figura 69: Apresentação das intenções de projeto com *Video Mapping*.



Fonte: Registro do autor.

Figura 70: Utilização do código *QRCode* para Realidade Virtual.



Fonte: Registro do autor.

Figura 71: Combinação das ferramentas digitais. Realidade Virtual e Aumentada.



Fonte: Registro do autor.

4.2.3 Resultados

Os grupos elaboraram suas intenções e análises preliminares de projeto e apresentaram utilizando a Realidade Aumentada com a técnica do *Video Mapping*. A apresentação para o grande grupo com o suporte digital é um estímulo para a defesa do projeto. Nesta etapa foram desenvolvidas algumas atividades que complementam a busca desta pesquisa. Seguindo o ciclo de aprendizagem de Kolb (1984), **agir, refletir, conceitualizar e aplicar**.

- Utilização da maquete física como base para intervenções digitais;

- Compreensão didática e esquemática das intenções de projeto, através das projeções sobre a volumetria física;
- Aplicação R.V sobre R.A, combinando as técnicas e aumentando as possibilidades de interações entre aluno, colegas, professores;
- Criação de um objeto que interaja ao modelo fornecido pelos colegas;
- Imersão e compreensão dos trabalhos apresentados;
- Questionário sobre a experiência das atividades.

▪ **Questionários com os estudantes da disciplina**

A turma foi submetida ao final da atividade a um questionário em formato digital, cuja intenção foi registrar o posicionamento dos alunos quanto à técnica sugerida e suas aplicabilidades como ferramenta de projeto. Este com o mesmo enfoque realizado no EC-01, buscando as relações entre **técnica, processo e aplicação** (conforme descrito no capítulo 3, item 3.1.3).

Técnica

A Realidade Virtual e Realidade Aumentada com a técnica de *Video Mapping*, foram apresentadas à turma participante do **Estudo de Caso 02**, novamente as técnicas despertaram curiosidade entre os alunos, pois houve uma diferenciação nas ferramentas de trabalho na disciplina, permitindo novas interações no ambiente de projeto.

No discurso pautado com relação à técnica foi importante observar a curiosidade despertada junto à turma, cujas tecnologias oportunizaram uma nova possibilidade de interação com o projeto. Foram realizadas oficinas no início do semestre a fim de demonstrar novos caminhos e possibilidades de trabalho. Os pontos a serem destacados seriam, portanto:

- Semana de oficinas com foco em contribuir no processo de trabalho dentro de sala de aula.
- Interesse por novidades (ferramentas de projeto) em sala de aula.
- Técnicas simples com equipamentos existentes em sala de aula. Utilização do *Datashow* para desenvolvimento do *Video Mapping*.

Processo

Depois de realizadas as oficinas de Realidade Virtual e Aumentada, o entendimento das técnicas demonstrou novas possibilidades no modo de apresentar e visualizar os elementos de

projeto. A maquete física também pode ser apropriada como elemento que permite trocas digitais somadas às ferramentas de Realidade Virtual e Aumentada.

O ponto atingido neste processo foi o entendimento da ferramenta Realidade Aumentada como elemento de apresentação e conceituação de projeto, uma tecnologia (*Datashow*) simples a fornecer interatividade com o ambiente projetado, ao passo que os alunos integram estas ferramentas no conceito de projeto o ciclo de possibilidades permite aplicações projetuais diversificada.

Aplicação

O processo de Realidade Aumentada, apesar de ser uma ferramenta simples, sem necessidades de equipamentos especiais, pois são utilizados os projetores presentes nas salas de aula (baseado nas instalações da UFSC) necessita apenas de cuidados na montagem e configuração dos equipamentos. Os resultados podem ser bem aproveitados pelos acadêmicos.

Mesmo sendo uma técnica de simples manuseio, o *Video Mapping* necessita de configurações e regulagens precisas para as projeções transmitirem as ideias propostas. Como é uma ferramenta de pouca difusão, o corpo docente assim como discente precisa de interesse em aplica-la, a característica visual da técnica amplia o cenário projetual.

▪ Aplicação da Realidade Virtual nos trabalhos finais

Como ferramenta de trabalho a Realidade Virtual acompanhou os alunos no decorrer do semestre, como complementação no desenvolvimento e análises dos projetos. A resolução final de cada projeto foi arquivada através da construção de um Blog, onde cada grupo decorreu o processo evolutivo de seu projeto. As imagens na sequência são as atribuições da Realidade Virtual de cada grupo, disponibilizando o código *QRCode* para visualização do projeto em modo imersivo (figuras 72 e 73).

Figura 72: Apresentação Final com o código QRCode do trabalho disponível no Blog do grupo para acesso da Realidade Virtual.

REALIDADE VIRTUAL:

Acesse a maquete virtual do projeto usando esse QRcode no aplicativo Kubity no seu celular.



CLIQUE AQUI PARA BAIXAR O ARQUIVO DO PROJETO NO SKETCH UP



**Fonte: Organicidade. Disponível em:
<https://purb20181.wixsite.com/organicidade/projeto>.**

Figura 73: Apresentação Final com o código QRCode do trabalho disponível no Blog do grupo para acesso da Realidade Virtual.



The image shows a screenshot of a blog post. At the top, there is a header for 'PERTENCER P U R B 2018.1' with the names 'Caroline Venâncio', 'Larissa Koerich Decber', and 'Natalia Bruhl'. Below the header, the word 'BLOG' is displayed. The post itself is titled 'USO DA REALIDADE VIRTUAL NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO' and is dated 'Mai 21' with a reading time of '1 minutos para ler'. The text of the post describes the use of virtual reality during a project presentation, mentioning the use of a personal VR headset and the Kubby application on a mobile phone to view SketchUp files in a virtual environment. Below the text is a photograph of a hand holding a simple, handmade cardboard VR viewer with two circular lenses.

Fonte: Pertencer. Disponível em:

<https://pertencerpurb.wixsite.com/pertencer/blog/uso-da-realidade-virtual-no-desenvolvimento-do-projeto>.

4.2.4 Conclusão

Após a realização do Estudo de Caso 02 (EC-02), alguns apontamentos importantes foram possíveis a partir do processo de

evolução da pesquisa, ou seja, as informações coletadas na etapa anterior permitiram avanços a esta etapa no critério de organização e aplicabilidade. Logo na primeira semana foram propostas as oficinas que balizaram o conhecimento acerca das ferramentas digitais de modelagens e ferramentas digitais virtuais. As informações desta coleta de dados se passaram na seguinte ordem, constando análises positivas e que merecem novas atenções a futuros estudos, como:

Positivos

- Exposição das ferramentas digitais de forma a complementar o ambiente de projeto.
- Utilização da Realidade Virtual no processo de projeto.
- Elemento que teve fundamental importância no desenvolvimento da atividade foi à aplicação do *QRCode* junto às projeções do *Video Mapping*, permitindo a variação das ferramentas como um acréscimo de recursos em fase de projeto. Ou seja, a quebra da rotina nas apresentações expositivas dos trabalhos com a sobreposição de elementos digitais sobre maquete.
- Novo ambiente físico com troca de sala de aula, para um espaço mais amplo, com maior número de pontos elétricos e uma relativa melhora à conexão de internet.
- Facilidade para montar e gerar o gabarito para apresentação do *Video Mapping*.

Negativos

- Mesmo com a troca de sala de aula e melhora na conexão da internet, ainda é um ponto frágil para a aplicação das ferramentas, pois as conexões entre aparelhos (pareamento do *smartphone* com o notebook), por exemplo, ou até mesmo carregar os arquivos nos aplicativos necessitam desta conexão para aperfeiçoar as trocas de dados.
- Apesar de ser uma técnica de fácil manuseio, o experimento realizado foi um paliativo, com utilização de uma escada de madeira como suporte do projetor, ao invés da utilização de tripé ou suporte específico de teto.

5 RESULTADOS FINAIS

Da relação entre o contexto idealizado de pesquisa, o levantamento bibliográfico e a etapa de campo, esperava-se obter ao fim desta pesquisa, respostas acerca da contribuição das no processo de projeto de arquitetura, derivando alguns questionamentos complementares:

- Se as tecnologias digitais foram capazes de estimular sua aplicação pelos acadêmicos de arquitetura, a fim de auxiliá-los na percepção do espaço projetado.
- Como o corpo docente pode se apropriar destas técnicas digitais no processo de ensino de projeto de arquitetura.
- Se a tecnologia de imersão foi capaz de aprimorar a aptidão espacial dos acadêmicos.

Os estudos de campo foram importantes para as análises dos questionamentos da pesquisa, pois a abordagem cíclica possibilitou um processo evolutivo nas avaliações e elaboração dos passos seguintes, a maneira dos resultados serem analisados, reformulados e aplicados posteriormente. O Quadro 7 representa as etapas realizadas, Elemento Chave; que foram os pontos significativos das praticas e que por sua importância, proporcionaram a evolução das atividades.

Os resultados de cada etapa, oriundos de questionários com os envolvidos no processo, foram analisados e revistos, permitindo também a organização evolutiva da pesquisa.

Quadro 7: Resumo evolutivo através do elemento chave.

| | ELEMENTO CHAVE | RESULTADOS | REVISÕES |
|--------------|---|-------------------|-----------------|
| EP-00 | - APLICATIVOS | >> | >> |
| EC-01 | - OFICINAS - APLICATIVOS - CARDBOARD POR GRUPO | | |
| EC-02 | - OFICINAS - MULTIFERRAMENTAS - UTILIZAÇÃO CARDBOARD ANTIGOS | | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por se tratar de uma pesquisa de caráter exploratório, as atividades de campo recebem influências de seus agentes, sejam eles alunos, professores, membros de banca externa, pesquisador. Ainda assim, fatores como funcionamento de softwares (aplicativos), aparelhos

eletrônicos (Datashow, internet, smartphones), fizeram com que os resultados obtidos compusessem situações peculiares. Caso algumas das situações negativas não tivessem ocorrido, considerações mais aproximadas do esperado, poderiam ter ocorrido. Com relação aos aspectos mencionados, destaca-se o seguinte:

A Figura 74 ilustrará os elementos chave responsáveis pelas evoluções acompanhadas na pesquisa, ou seja, o desenvolvimento dos conceitos e aplicabilidades foram evoluindo conforme as coletas da informações, cuja descoberta permitiu o desenvolvimento das atividades e o apoio de conteúdo para a etapa seguinte.

Três momentos importantes avaliados na execução dos estudos de caso, seguindo uma cronologia em função das atividades realizadas, podem ser definidos:

- Estudo Piloto (EP-00): Início das atividades, onde foram testados alguns programas capazes de auxiliar nas execuções das tarefas estabelecidas. Foi o momento em que foram aplicadas as técnicas de Realidade Virtual e Aumentada, sem ainda uma formatação clara da aplicação das técnicas. Ao passo que a descoberta do aplicativo Kubity, responsável pela transmissão do conteúdo de projeto desenvolvido pelos alunos para a Realidade Virtual (Cardboard) apresentou características confiáveis quanto ao seu manuseio, operabilidade e representação das características de projeto. Sendo assim, a organização dos modelos digitais seria norteadada pela utilização deste programa, definindo assim já um eixo de organização quanto à aplicabilidade para o próximo estudo.

A realidade Aumentada neste momento foi elaborada de maneira empírica e exploratória, sendo testada e aplicada ao mesmo tempo, buscando atingir as demandas propostas a ela em caráter das representações visuais interativas. Onde foi possível analisar as possibilidades que a técnica poderia oferecer e como poderia contribuir dentro do contexto de projeto em sala de aula. Alguns pontos observados no âmbito do resultado da aplicação foram às possibilidades de visualização em nível do observador, cujas respostas de entendimentos espaciais auxiliaram nas evoluções dos partidos de projeto, assim como noções de distancias e percursos a serem percorridos possibilitaram reflexões acerca destes contextos.

Mesmo com modelos tridimensionais, onde a manipulação é livre, falta esta de visão do usuário, logo, esta troca de ponto de vista insere o projetista ao seu conteúdo projetado.

Figura 74: Elementos Chave Estudo Piloto.



Fonte: Do autor.

- No Estudo de Caso 01 (**EC-01**): A aplicação da técnica se resumiu à Realidade Virtual, que permaneceu durante todo o decorrer do semestre, ai sim já com um protocolo estabelecido de como aplicá-la e quais seriam as ferramentas necessárias para seu desenvolvimento (*Kubity* + *Cardboard*). O ponto chave desta aplicação foi à observação em torno do processo imersivo se restringir apenas ao usuário dos óculos, dispersando o conhecimento com os demais envolvidos no processo. Esta observação culminou na busca por transmitir este ponto de vista dos óculos para todos, e assim foi utilizado outro aplicativo denominado *Lonelyscreen*, cuja

função é transmitir a tela do celular para o computador, permitindo a projeção através do *Datashow* (figura 75).

A importância deste fator foi resolver o problema de vincular a imersão somente a uma pessoa, e abrir este modo de visualização para a turma permitiu ao grupo desenvolvedor do projeto se apropriar da ferramenta e explorá-la a fim de tirar maior benefício da técnica de Realidade Virtual. Logo, conseguiu-se estabelecer o ciclo das informações e aplicações no cenário da Realidade Virtual. Partindo do projeto, transmitindo aos óculos que estão conectados a tela de projeção, sendo de fácil reprodução e aplicação em sala de aula, podendo ser repetido quantas vezes necessárias pelo projetista conforme o desenvolvimento do trabalho, a técnica imersiva como ferramenta de auxílio de visualização e compreensão de características arquitetônicas.

No quesito aplicação em projeto, foi visível a busca pelo entendimento de escalas, cheios e vazios, sombras, percursos através da imersão virtual. Um fator importante observado foi o entendimento que o elemento construído possui cinco faces de interação com os personagens, todas as fachadas e coberturas compõem estes elementos, o fator passeio virtual, possibilitou estas avaliações, pois os óculos possuem a vantagem do ponto de atenção focal sobre a atividade desenvolvida, logo o projetista passa a observar criticamente suas tomadas de decisões, sejam elas positivas ou passíveis de melhorias.

Figura 75: Elementos Chave Estudo de Caso 01.



- Já no Estudo de Caso 02 (EC-02) foi realizada a aplicação das duas ferramentas digitais proposta pela pesquisa, onde já havia o domínio da técnica de Realidade Virtual, desenvolvida sua capacidade de aplicação no cenário de projeto de arquitetura.

A Realidade Aumentada nesta etapa foi reaplicada com base nos experimentos realizados no Estudo Piloto, momento em que foi observada a construção do cenário para a projeção, composto por uma base para o projetor perpendicular ao chão e a maquete física elaborada com máquina de corte a laser. Estabelecida à logística da organização do projetor e suas configurações de regulação, os

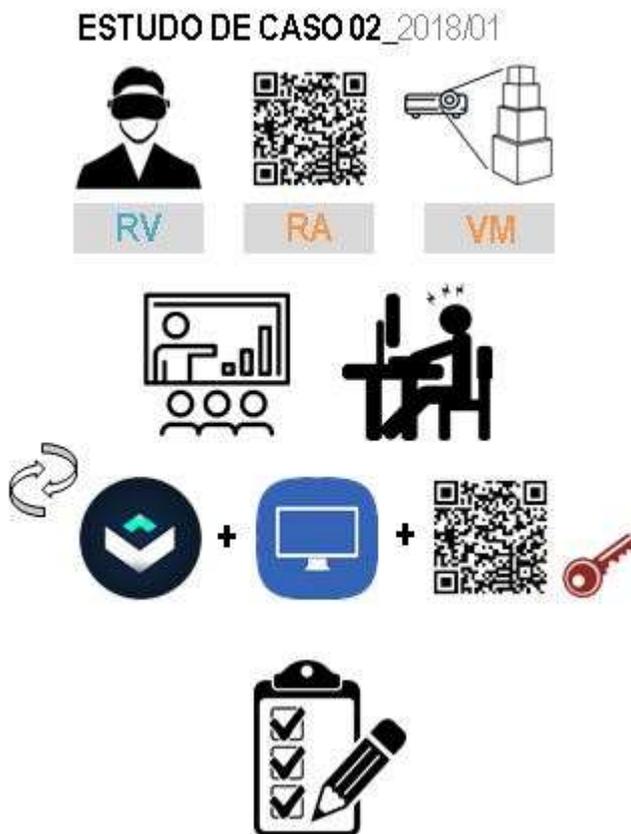
acadêmicos em posse do gabarito da projeção puderam manipular livremente seus modelos físicos interagindo com a técnica aplicada.

Neste momento, a compreensão dos alunos acerca da ferramenta acarretou no desenvolvimento de outro ciclo, pois foi possível **integrar** as informações de **Realidade Virtual** (sobreposição através da projeção do **QRCode** sobre a maquete física) e **Realidade Aumentada** com aplicações de animações e conceitos de projeto sobre a maquete (figura 76).

No quesito aplicação em projeto, foi visível a busca pela qualificação da informação visual, com a gráfica auxiliando a defesa dos projetos, a apropriação da técnica do *Video Mapping* permite extrapolar os limites de apresentação de intenções projetuais, na medida em que os alunos passam a entender mais sobre a técnica, as formas de representação tendem a ficar cada vez mais criativas e explicativas, onde reforçam as compreensões de análises dos projetistas (alunos), somando seus conhecimentos ao decorrer do percurso acadêmico.

O Quadro 8 representa o resumo destes Elementos Chaves e o que eles representaram como avanço nos métodos da aplicação das ferramentas digitais, estabelecendo a evolução das técnicas utilizadas em sala de aula para as disciplinas de Projeto de Arquitetura.

Figura 76: Elementos Chave Estudo Piloto.



Fonte: Do autor.

Quadro 8: Elemento chave significativo de cada etapa.

| EP-00 | EC-01 | EC-02 |
|---|--|---|
| APP KUBITY – responsável por transmitir o modelo 3D (Sketchup ou Revit) para a Realidade Virtual no óculos <i>Cardboard</i> . | APP LONELYSCREEN- Responsável por transmitir a tela do <i>smartphone</i> (onde está a visualização do R.V) para o notebook e na sequência para o <i>Datashow</i> . | Combinação das ferramentas de R.A (<i>Video Mapping</i>) com a R.A (<i>Cardboard</i>) através da projeção do <i>QRCode</i> na base de apresentação. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resumo dos ciclos das aplicações executadas em cada fase esta representado nas figuras abaixo. Que demonstra o caminho a ser percorrido para o desenvolvimento do processo, tendo em vista sempre a aplicação no contexto do desenvolvimento do estudo de projeto. A Figura 77 representa a fase de modelagem 3D e conexão aos óculos de Realidade Virtual. Na Figura 78, surge o aplicativo capaz de transmitir a imagem do aparelho celular ao *Datashow*, possibilitando a visualização do material pelo grande grupo. E por ultimo, a figura 79, representa a evolução das técnicas, culminando na aplicação de todas as ferramentas estudadas de forma simultânea e com inúmeras aplicabilidades nas disciplinas de Projeto de Arquitetura.

Diagrama Ciclo Estudo Piloto (EP-00)

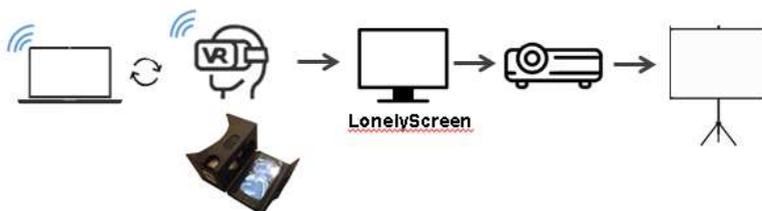
Figura 77: Ciclo técnica Realidade Virtual.



Fonte: Do autor.

Diagrama Ciclo Estudo de Caso (EC-01)

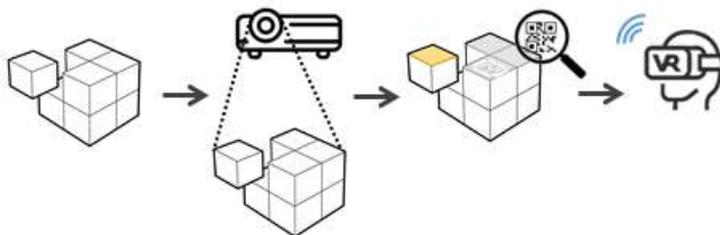
Figura 78: Ciclo técnica Realidade Virtual com projeção final.



Fonte: Do autor.

Diagrama Ciclo Estudo Caso 02 (EC-02)

Figura 79: Interação entre técnicas de Realidade Aumentada e Virtual.



Fonte: Do autor.

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa questionou quais possíveis alternativas para a aplicação de novas tecnologias no atelier de projeto, se mostram representativas de forma positiva ou negativa, repercutindo no desenvolvimento de projeto em disciplinas de arquitetura e urbanismo.

O objetivo foi investigar nas experiências dos acadêmicos, elementos que pudessem ser reforçados com a utilização de ferramentas imersivas no desenvolvimento de projeto. A ideia é que tais elementos fossem pontuados e sugerissem possíveis estratégias futuras a serem adotadas pelos docentes e alunos em disciplinas futuras de projeto, ou mesmo em outras áreas do ensino de arquitetura que também possam se aproveitar destas tecnologias.

Não apenas foi identificada como perfeitamente possível a utilização da Realidade Virtual, como também foi proposta uma forma de inserção nas disciplinas através da proposição de uma metodologia de simples aplicação, baixo custo e de aproximação intensa e dinâmica com novos aplicativos e dispositivos físicos relacionados a tecnologias digitais.

A proposição da nova metodologia foi, de certo modo, guiada por este objetivo, onde o entendimento dos conceitos relevantes que vinham desde o início da pesquisa se manifestaram nas relações entre escala e proporção, dada a sua relevância concreta no ato de projetar. Os avanços acerca disso foram imediatamente percebidos e manifestados pelos alunos. Além desses conceitos, a evolução também se manifestou em integrar elementos digitais ao ato de projetar arquitetura.

Tanto a bibliografia quanto as entrevistas direcionaram conclusões que reforçam a contraposição colocada como problema no âmbito deste trabalho. Ou seja, ao passo que as tecnologias avançam substancialmente, o acesso dos acadêmicos a estas tecnologias ainda é lento. Na medida em que se percebe um contexto de relativa facilidade do acesso as novas ferramentas, percebe-se um ciclo de desconfiança sobre estas tecnologias no ambiente de atelier de projeto, mas com possíveis direcionamentos que podem emergir estimulando a aplicação das ferramentas digitais como recurso de trabalho, no auxílio da compreensão de arquitetura.

O método adotado para a realização da pesquisa possibilitou um caminho progressivo da pesquisa a partir dos resultados das etapas anteriores, na medida em que o processo foi se estruturando e as aplicações tornaram-se mais eficientes, estabelecendo uma organização

na rotina de trabalho para aplicação das ferramentas digitais de imersão digital em sala de aula.

O trabalho percorreu três momentos distintos de aplicação, com três turmas diferentes em uma mesma disciplina de Projeto, onde as informações coletadas foram analisadas e interpretadas a fim de complementar a realização do ciclo seguinte.

As barreiras enfrentadas no início da apresentação das ferramentas de realidade virtual foram se extinguindo na medida em que o primeiro grupo passou a utilizar os recursos e a partir deste primeiro estímulo, os colegas passaram a observar e a buscar o novo recurso. Ao final do semestre a grande maioria dos grupos utilizou a realidade virtual como ferramenta de apresentação para a banca de avaliação. As apropriações das ferramentas tiveram como característica principal a visualização como possibilidade de percorrer o projeto no nível do observador.

Alguns casos foram especialmente marcantes: Um dos grupos utilizou o recurso virtual durante todo o processo como análise de suas propostas, o que resultou no fim do exercício em intenções e em características marcantes de conceitos de projeto. Ao mesmo tempo, a percepção do observador também se mostrou um fator de desequilíbrio apresentado, ou seja, o processo de imersão era restrito ao observador levando à imersão almejada na pesquisa, porém somente ele possuía a visualização em realidade virtual, o que gerou um desvio da atenção do grande grupo, pois não estavam participando diretamente do processo virtual. Sendo assim, a conclusão é que embora a imersão tenha sido praticamente uma hipótese na pesquisa como forma de incentivo a melhores soluções projetuais ao ser estimulada, o que se nota é o direcionamento para que seja trabalhada também uma interação com a turma a respeito dessa percepção.

Após a realização das atividades de imersão no projeto com as ferramentas digitais, foi possível observar que tecnologias simples podem atrair a atenção dos estudantes pela busca de novos métodos de trabalho. A discussão levantada neste estudo diz respeito a formas de se incentivar os estudantes a buscarem alternativas adicionais ao processo de trabalho, incentivá-los na busca por novos facilitadores para a transmissão dos conceitos desenvolvidos ao longo do período acadêmico. Despertar a curiosidade dos acadêmicos foi um fator chave para o aproveitamento das técnicas, bem como estimulá-los a utilizá-las torna-se um ponto chave para a aplicação destas ferramentas digitais.

Esta primeira abordagem, cuja aplicação possuiu um caráter de investigação e possibilidades acerca das ferramentas digitais, no qual o

andamento da atividade e a utilização da técnica de Realidade Virtual foram importantes balizadores para a utilização das ferramentas. As informações observadas foram reorganizadas na próxima seguinte, buscando a lógica dos ciclos propostos metodologicamente.

A partir do momento que foram analisadas as informações advindas da primeira aplicação, o processo seguinte transcorreu de maneira organizada e linear. Foi buscada e respeitada uma lógica de progressão de atividades através dos conteúdos ministrados em forma de oficinas de nivelamento com os programas de modelagem 3D e com as ferramentas necessárias para a utilização da Realidade Virtual. Isso permitiu que aos alunos fossem expostos às técnicas desde o começo e fossem acompanhados até o fim das atividades.

O elemento chave que culminou com o fechamento do ciclo desta etapa foi à possibilidade de interação entre o quem que estava no ambiente imersivo e os demais colegas de turma, solucionando o problema da dispersão do restante da turma e permitindo a participação no processo de imersão, através do *Cardboard*, mesmo não estando conectados com os mesmos óculos de Realidade Virtual.

O terceiro momento foi a soma das ferramentas digitais na mesma aplicação, também apresentadas à turma através de oficinas, demonstrando as possibilidades de utilização como ferramenta de projeto. O ponto chave neste momento foi que, através da utilização da Realidade Aumentada com a técnica do *Vídeo Mapping*, os alunos utilizaram a maquete física como base para interações digitais se apropriaram disso para realizar o *link* com a Realidade Virtual, o que possibilitou a visualização espacial da proposta com os óculos *Cardboard*. Assim conseguiu-se estabelecer uma ordenação produtiva para a de aplicação das ferramentas digitais em disciplinas de projeto.

Por fim, se percebe que as ferramentas puderam auxiliar os alunos no desenvolvimento do projeto, cumprindo o objetivo da pesquisa, porém considerações importantes foram passíveis de análises, como a necessidade de oficinas de nivelamento e apresentação das tecnologias de Realidade Virtual e Aumentada, a possibilidade de integração entre o agente no processo imerso com o restante do grupo, mantendo o interesse dos alunos nas aplicações das ferramentas digitais.

Com relação ao **corpo docente**, tem e terá importante papel na utilização destas ferramentas, pois o incentivo foi um ponto abordado com frequência pelos acadêmicos, e o sucesso da atividade depende destes incentivos, quer seja na utilização das técnicas, quer seja na disseminação das mesmas para com os alunos. É e sempre será também responsabilidade do professor a atualização constante visando evitar a

obsolescência e alienação frente às novas práticas que estarão sempre a influenciar e impactar as mais diversas profissões. Destaca-se assim, a grande relevância dos professores atuantes nesta pesquisa, ao abrirem espaço para ambientarem os estudos em três semestres letivos, fortalecendo ainda o caráter cíclico e sequencial da metodologia, com imensa liberdade de aplicação das técnicas e fomentando ao uso dos recursos aqui aplicados.

Acerca das **instalações físicas**, um fator crítico para o sucesso das técnicas diz respeito às condições em sala de aula, laboratórios e ateliers em geral. Houve dificuldades com acesso a internet e pontos elétricos para conexão dos computadores, elementos que podem prejudicar o andamento do trabalho ao passo que são pré-requisitos básicos em sala atualmente.

Sobre como as **técnicas** de Realidade Virtual e de Realidade Aumentada (*Video Mapping*) contribuíram no processo de projeto, com características visuais, se apropriando da maquete física, que em fases iniciais está sempre presente, tornando-a não apenas um elemento estático, mas sim uma base interativa que permite a criatividade e torna a compreensão das intenções de projeto mais interessantes do ponto de vista de estímulos formais.

Quanto à utilização da Realidade Virtual com a proposta de imersão, utilizando os óculos *Cardboard*, de fácil acesso e construção que permite o entendimento e compreensão espacial dos alunos, através de um novo ponto de vista, onde o projetista pode interagir como observador, estimulando o percurso de verificações, análises e ações projetuais a serem definidas ao longo do processo de projeto.

Na medida em que, se estimulados, os alunos desenvolverão meios de aplicá-las em prol de seus projetos na busca pela qualidade e clareza de suas intenções.

Conforme colocado no início desta dissertação, Bjarke Ingels afirma que arquitetura é sobre tornar o mundo um pouco mais próximo dos nossos sonhos. Porque não sonhar com coisas simples, mas que de fato funcionem, e que dentro de sua simplicidade, os impactos já sejam significativos nos avanços buscados ou sonhados.

REFERÊNCIAS

AIR FORCE INDUSTRY. **Simulation education – Latest developments in air force flight simulators** - Airforce Technology. 2012. Disponível em: <http://www.airforce-technology.com/features/featuresimulation-education-the-latest-developments-in-air-force-flight-simulators/>. Acesso em: Set. 2017

AFONSO, S. **Ideia, Método e Linguagem**. São Paulo: FAU/USP, 1985. Disponível em: <<http://soniaa.arq.prof.ufsc.br/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

ANDRADE, M. L. V. X. de. **Computação Gráfica Tridimensional e Ensino de Arquitetura: uma experiência pedagógica**. Curitiba: Graphica, 2007.

ARISONA, S. **Multi-Projector-Mapper (MPM): Open-Source 3D Projection Mapping Software Framework**. 2013. Disponível em: <<http://soniaa.arq.prof.ufsc.br/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. **Robotized**, 1997. Disponível em: <<https://robotized.arisona.ch/mpm/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

BALL, M. Autodesk Previews Urban Canvas at American Planning Association Conference. **Informed Infrastructure – The Construction engineer's source for projects, products and technology**, 22 abr. 2015. Disponível em: <<http://informedinfrastructure.com/14427/autodesk-previews-urban-canvas-at-american-planning-association-conference/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

BANDYOPADHYAY, D.; RASKAR, R.; FUCHS, H. **Dynamic Shader Lamps: Painting on Movable Objects**. Disponível em: <<http://web.media.mit.edu/~raskar/Shaderlamps/TrackedIllum/dsl.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2017.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2002.

BIMBER, O.; RASKAR, R. **Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds**. Massachusetts: AK Peters Wellesley Ltd., 2005.

Disponível em:

<<http://pages.cs.wisc.edu/~dyer/cs534/papers/SAR.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2017.

CELANI, G. **CAD criativo**. Campinas: Campus, 2003.

CELANI, M. G. C.; PUPO, R. T. Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no Brasil. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, v. 8, n 1, 2008. Disponível em:

<<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/cpgau/article/view/6018>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

CLARK, R. H.; PAUSE, M. **Arquitectura**: temas de composición. 2. ed. México: GG México. 1996.

CROWDER, N. A. Automatic tutoring by means of intrinsic programming. In: GALANTER, E. (Ed.). **Automatic teaching**: The state of the art. Wiley, 1959.

DESJARDINS, J. The Evolution of Virtual Reality. **Visual Capitalist**, 23 ago. 2016. Disponível em:

<<http://www.visualcapitalist.com/evolution-virtual-reality/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

DUARTE, F. **Arquitetura e Tecnologias de Informação**: da Revolução Industrial à Revolução Digital. São Paulo: Anablume, 1999. 2010.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. **Case Study Research: BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2th ed. 2014.

EKIM, B. A video projection mapping conceptual design and application: yekpare*. **The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication**, v. 1, p. 10-19, jul. 2011. Disponível em: <http://www.tojdac.org/tojdac/VOLUME1-ISSUE1_files/v01i102.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2018.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. Impactos da tecnologia da informação no conhecimento e métodos projetuais. In: SEMINÁRIO

DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, Curitiba. **ResearchGate**, Curitiba, p. 37-47, jun. 2002.

FLORIO, W. Análise do processo de projeto sob a teoria cognitiva: sete dificuldades no atelier. **Arquiteturarevista**, v. 7, n. 2, p. 161-171, jul./dez. 2011.

GELANI, F. **UFF é líder em pesquisas sobre desenvolvimento de jogos eletrônicos**. Universidade Federal Fluminense, 2016. Disponível em: <<http://www.uff.br/?q=noticias/07-03-2016/uff-e-lider-em-pesquisas-sobre-desenvolvimento-de-jogos-eletronicos>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

GOEL, V. **Sketches of Thought**. Cambridge: Bradford Book-The MIT Press, 1995. 279 p.

GODOY, E. O sonho da realidade virtual está finalmente chegando aos videogames. **Campo Grande News**, 27 out. 2015. Disponível em: <<https://www.campograndenews.com.br/lado-b/games/o-sonho-da-realidade-virtual-esta-finalmente-chegando-aos-videogames>>. Acesso em: 11 set. 2017.

GOOGLE VR. **Cardboard**. Disponível em: <<https://vr.google.com/cardboard/get-cardboard/>>. Acesso em: 2018.

GRAHAM, M. et al. **Projection of Images of Computer Models in Three Dimensional Space**. US. Pat. 5687305A. 1994.

HOROWITZ, K. **Sega VR: Great Idea or Wishful Thinking?** Sega-16. 2004. Acesso em: 11 set. 2017.

HUTCHISON, D. **Drawing For Landscape Architecture: Sketch to Screen to Site**. 2011. 240 p.

JONES, B. The Illustrated History of Projection Mapping. **Projection Mapping Central (PMC)**, 2014. Disponível em: <<http://projection-mapping.org/the-history-of-projection-mapping/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

KNOLL, W.; HECHINGER, M. **Maquetes arquitetônicas**. São Paulo: Martins Fontes, 2003. 141 p.

KOLB, D. **Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Development**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall. 1984.

KOO, D. J.; CHITWOODE, D. D.; SANCHEZ, J. Violent victimization and the routine activities/lifestyle of active drug users. **Journal of Drug Issues**, v. 38, p. 1105-1137, 2008. Disponível em: <<http://www2.criminology.fsu.edu/~jdi/>>. Acesso em:

KOWALTOVSKI, D. C. C. K. et al. Reflexão sobre Metodologias de Projeto Arquitetônico. **Ambiente Construído**, v. 6, p. 7-19, 2006.

LAWSON, B. **How Designers Think: The Design Process Demystified**. 4. ed. 2005. 321 p.

LIPMAN, M. **Pensamiento complejo y educación**. Espanha. 1991.

MER, L. M. Virtual reality used to train Soldiers in new training simulator. **U. S. Army**, 1º Aug. 2012. Disponível em: <<https://www.army.mil/article/84453>>. Acesso em: 11 set. 2017.

MONROE, M. et al. **Apparatus and Method for Projection Upon A Three-Dimensional Object**. US. Pat. 5325473. 28, jun. 1994.

O'CONNELL, K. **4 Tips to Get Started With Virtual Reality in Architecture**. Redshift Autodesk. 2016.

OCULOS VR. The Oculus Rift, Oculus Touch, and VR Games at E3. **Blog do Oculus**, 11 jun. 2015. Disponível em: <<https://www.oculus.com/blog/the-oculus-rift-oculus-touch-and-vr-games-at-e3/>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

OLIVEIRA, L. C. **Características e particularidades das ferramentas BIM: reflexos da implantação recente em escritórios de arquitetura**. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. 234 p.

OLIVER B.; ANDREAS E.; THOMAS K. Embedded Entertainment with Smart Projectors. **Computer**, v. 38, n. 2005.

ÖZENER, O. Ö. **Studio Education for Integrated Practice using Building Information Modelling**. Dissertação (Doutorado) – Office of Graduate Studies of Texas A&M University, Texas A&M University, College Station, 2009. 342 p.

PUPO, R. T. **Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte**. Campinas: PARC – Pesquisa em Arquitetura e Construção, 2008.

RASKAR, R. et al. High-precision RFID Location Sensing. **RFID and Projectors**, 2004. Disponível em: <<http://web.media.mit.edu/~raskar/Sig04/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

RASKAR, R. et al. RFIG Lamps: Interacting with a Self-Describing World via Photosensing Wireless Tags and Projectors. **Mitsubishi Electric Research Laboratories, Inc.**, Jul. 2006. Disponível em: <<http://www.merl.com/publications/docs/TR2006-108.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2017.

RASKAR, R. et al. The office of the future: a unified approach to image-based modeling and spatially immersive displays. In: ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES, 25., 1998. **Proceedings...** ACM, 1998.

RAMESH, R. et al. **The Illustrated History of Projection Mapping. Projection Mapping Central (PMC)**, 1998. Disponível em: <<http://projection-mapping.org/the-history-of-projection-mapping/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

ROCHA, I. A. M. **Programa e projeto na era digital: o ensino de projeto de arquitetura em ambientes virtuais interativos**. 2009.

ROCHA, P. M. **Maquetes de papel**. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

ROO, J. S.; HACHET, M. **Interacting with Spatial Augmented Reality to cite this version**. 2016.

RPBW, A. Concept Study for a new Auditorium. **RPBW All Projects**, Bologna, 2011. Disponível em: <<http://www.rpbw.com/project/concept-study-for-a-new-auditorium>>. Acesso em: 11 set. 2017.

SALMASO, J.; VIZIOLI, S. **O Uso de Modelos nos Processos Projetuais Contemporâneos**. Graphica Florianópolis, 2013.

SCHON, D. **Educando o Profissional Reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre, 2000.

SCHÖN, D. A. **The reflective practitioner**: how professionals think in action. London: Temple Smith, 1983.

SCHON, S.; LEE, H.; YOON, J. 3D Architectural projection, light wall. **The International Society for the Arts, Sciences and Technology**, v. 44, p. 172-173, 2011.

SCHUMACHER, L.; TAUFE, L.; OLIVEIRA, R. **Organicidade**. 2018. Disponível em: <<https://purb20181.wixsite.com/organicidade/projeto>>. Acesso em: jul. 2018.

SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação**. 2001. 3a. edição. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED.

SKINNER, M. **Audio and video drawings**: mapping temporality. Acadia: Synthetic Landscapes Digital Exchange, v. Digital pedagogy: Digital Physical Synthetic, 2006. p. 178-189.

STOKER, L. Simulation education – Latest developments in air force flight simulators. **Airforce Technology**, abr. 2012. Disponível em: <<http://www.airforce-technology.com/features/featuresimulation-education-the-latest-developments-in-air-force-flight-simulators/>>. Acesso em: set. 2017.

UNDERKOFFLER, J. Pointing to the future of UI. **TED Talks** – Ideas Worth Spreading, 2010. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/john_underkoffler_drive_3d_data_with_a_gesture>. Acesso em: 11 set. 2017.

UNGUREANU, H. PlayStation VR: How To Set Up And Why You Should Avoid Mirrors And Bright Lights. **Tech Times**, 2016.

Disponível em:

<<http://www.techtimes.com/articles/181859/20161011/playstation-vr-how-to-set-up-and-why-you-should-avoid-mirrors-and-bright-lights.htm>>. Acesso em: 11 set. 2017.

VENÂNCIO, C.; DECKER, L.; BRUHL, N. **Pertencer**. 2018.

Disponível em: <<https://pertencerpurb.wixsite.com/pertencer/blog/404>>. Acesso em: jul. 2018.

VIDIGAL, E. **A realidade virtual como ferramenta de projeto de sinalização na aprendizagem da arquitetura e do design**. 2010.

VIEIRA, B. N. S. et al. **Arhockey**: Um Jogo em Realidade Aumentada baseada em projetores. Centro Universitário Senac, Bacharelado em ciência da computação, São Paulo – SP, Brasil. [s.d].

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e métodos. 2011.

ZAMORA, P. Virtual training puts the “real” in realistic environment.

U.S. Army, 4 Mar. 2013. Disponível em:

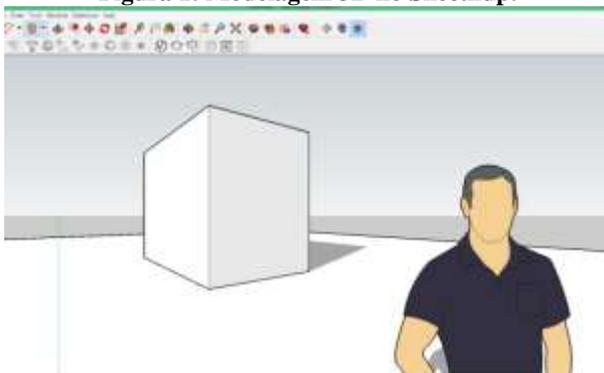
<http://www.army.mil/article/97582/Virtual_training_puts_the__real__in_realistic_environment/>. Acesso em: 11 set. 2017.

APÊNDICES

Passo a passo utilização da Realidade Virtual

1. **Passo.** - Modelagem 3D utilizando software Sketchup ou *Revit*. Cuidados necessários com tamanho dos arquivos, materiais e texturas.

Figura 1: Modelagem 3D no Sketchup.



Fonte: Do autor.

2. **Passo** - Inserir o arquivo .skp no aplicativo *Kubity*. Simplesmente arrastar e soltar o arquivo para o campo de trabalho do aplicativo.

Figura 2: Area de trabalho do aplicativo para inserir o modelo 3D.



Fonte: Do autor.

3. **Passo** - O modelo estará na plataforma do aplicativo *Kubity*, onde será possível enviá-lo para o modo de visualização virtual. O *QRCode* fara a transferência para o *smartphone*.

Figura 3: *QRCode* fara a transição para o *smartphone*.



Fonte: Do autor.

4. **Passo** - Leitura do código *QRCode* pelo *smartphone* para realizar a transferência para o celular e posteriormente a visualização.

Figura 4: Leitura do *QRCode* pelo *smartphone*.



Fonte: Do autor.

5. **Passo** - Visualização Realidade Virtual com os óculos *Cardboard*.

Figura 5: Visualização Realidade Virtual no *Cardboard*.



Fonte: Do autor.

Passo a passo configuração da Realidade Aumentada (*Video Mapping*)

1. **Passo** – Montagem da estrutura de fixação do Datashow buscando o alinhamento da projeção sobre a maquete. Há possibilidade também de utilizar o projetor na horizontal colocando a maquete perpendicularmente a ele.

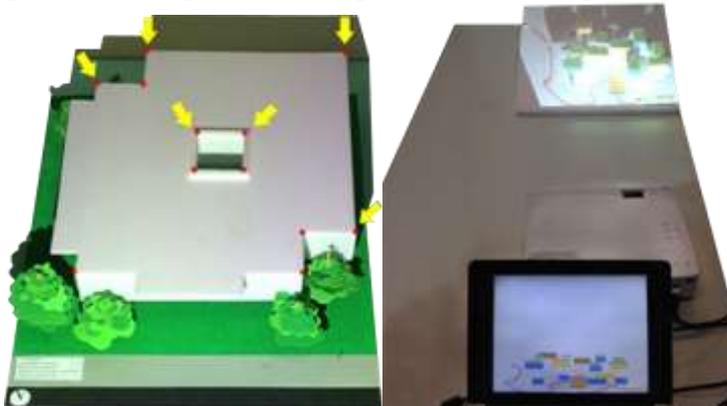
Figura 6: Montagem e configuração do datashow.



Fonte: Do autor.

- 2. Passo** – Localização dos vértices para gerar o gabarito. Utilizar o modo de visualização de *slides* do PowerPoint para a marcação dos vértices utilizando a ferramenta de anotação disponível no canto inferior esquerdo do *slide*.

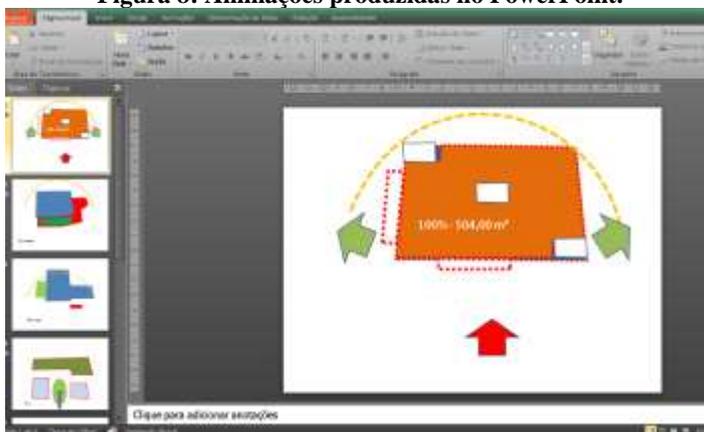
Figura 7: Vertices para marcar os pontos de referencia para o gabarito.



Fonte: Do autor

- 3. Passo** – Após realização do gabarito, demarcando os limites corretos da projeção sobre a maquete. Fica livre à criação das animações e intenções de projeto.

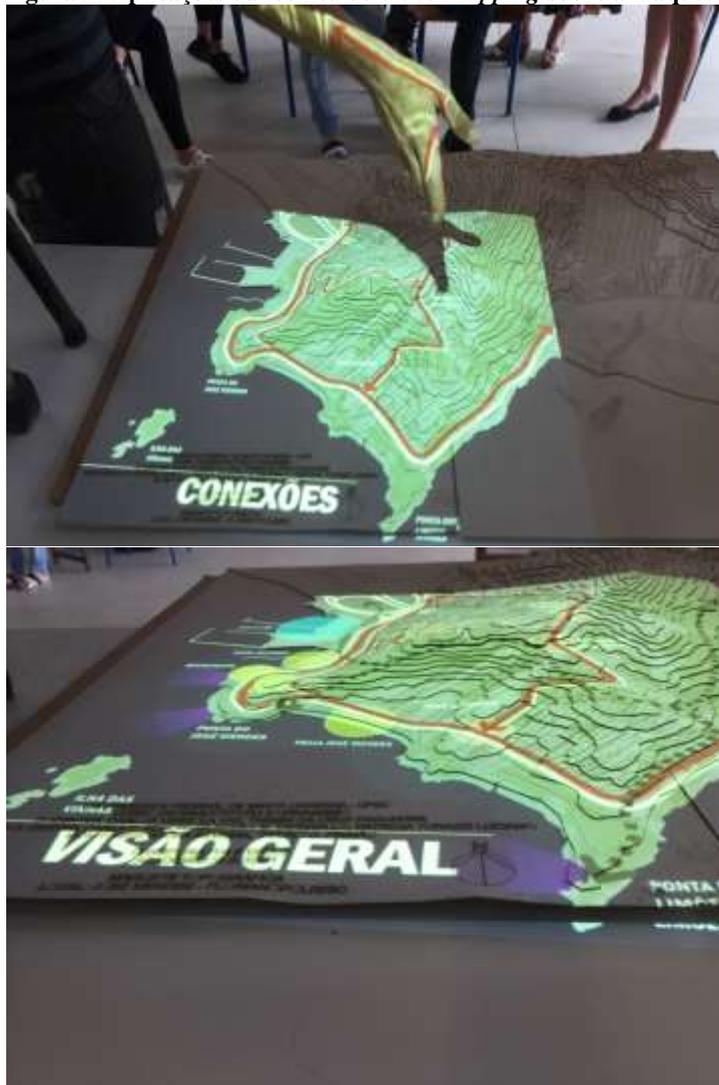
Figura 8: Animações produzidas no PowerPoint.



Fonte: Do autor.

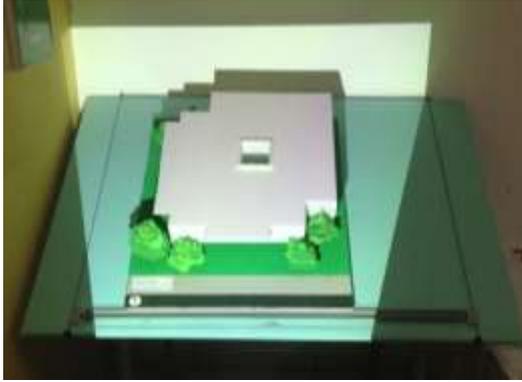
4. **Passo** – As possibilidades de utilização da ferramenta são inúmeras. Tornar a maquete física um elemento visual interativo para a aplicação dos conceitos de projeto.

Figura 9: Aplicações da técnica de *Video Mapping* sobre a maquete.

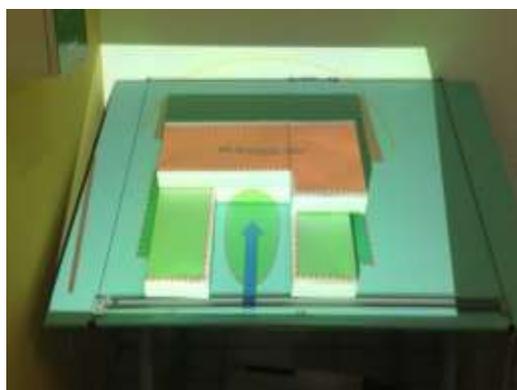
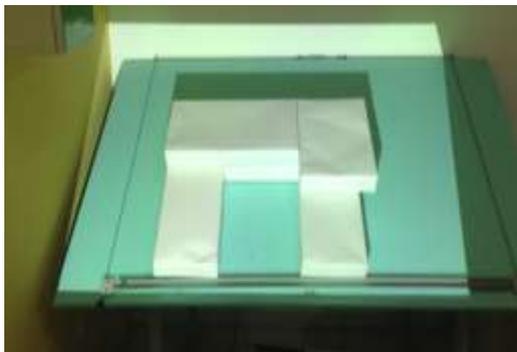


Fonte: Do autor.

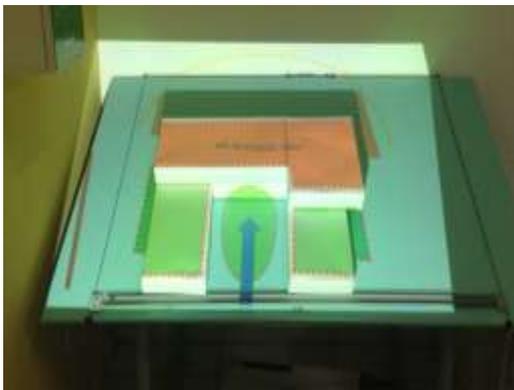
Aplicação do Video Mapping
Testes referenciais sobre a técnica.



Aplicação do Video Mapping
Testes referenciais sobre a técnica.



Aplicação do Video Mapping
Testes referenciais sobre a técnica.



Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Piloto
Banca externa.



Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Piloto
Banca externa.



Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Caso 01

Montagem dos óculos CardBoard.



Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Caso 01

Ensaios em Sala de Aula.



Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Caso 01
Ensaios em Sala de Aula com visualização pelo Datashow.

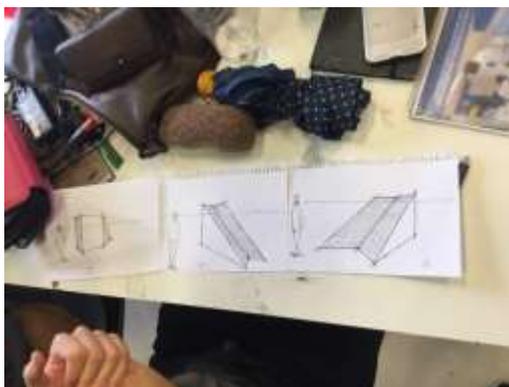


Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Caso 02

Apresentação trabalhos EC01 para a turma.



Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Caso 02
Oficinas – croquis, modelagem, Realidade Virtual e Aumentada.



Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Caso 02
Conceitos Estudo Preliminar – Realidade Virtual e Aumentada.



Aplicação da Realidade Virtual – Estudo Caso 02
Conceitos Estudo Preliminar - Realidade Virtual e Aumentada.

