

Uchoa Júnior, F. & Biotto, C.N. (2024). Diretrizes para o Uso de Realidade Virtual no Ensino de Instalações Prediais. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas de congreso del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y tecnología de la Construcción (IX ELAGEC2024)*.

# **DIRETRIZES PARA O USO DE REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS**

**Francisco Uchoa Júnior**<sup>1</sup> – [francisco.uchoa@arquitetura.ufc.br](mailto:francisco.uchoa@arquitetura.ufc.br)

**Clarissa Notariano Biotto**<sup>2</sup> - [clarissa.biotto@daud.ufc.br](mailto:clarissa.biotto@daud.ufc.br)

<sup>1</sup>*Discente de graduação do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Design, Universidade Federal do Ceará, Brasil*

<sup>2</sup>*Professora Adjunta do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Design, Universidade Federal do Ceará, Brasil*

## **RESUMO**

As metodologias ativas de ensino buscam colocar o aluno no centro do processo de aprendizagem, promovendo sua participação ativa em sala de aula. O professor atua como um facilitador ao criar um ambiente interativo e estimulante, que pode ser alcançado por meio de tecnologias inovadoras, como a Realidade Virtual (RV). Esta pesquisa apresenta a aplicação da RV na disciplina de instalações prediais no curso de arquitetura e urbanismo, e em seguida, propõe diretrizes para docentes aplicarem a tecnologia em salas de aulas no mesmo contexto de ensino, enfatizando os softwares, equipamentos e a dinâmica de aula necessários. Duas atividades de imersão dos discentes em RV foram realizadas em aula e suas impressões coletadas por meio de questionários que indicaram 93% de satisfação com a experiência, porém 50% dos alunos relataram desconforto ou vertigem. Das sugestões dos alunos, estão o maior detalhamento dos modelos e aprimoramentos nos *softwares* de RV. Concluiu-se com a pesquisa de que a RV pode ser uma eficaz ferramenta de ensino de instalações prediais, bem como sua aplicação no ambiente educacional de ensino superior.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Realidade Virtual; Instalações Prediais; Ensino; BIM; Arquitetura e Urbanismo.

## **INTRODUÇÃO**

A complexidade dos projetos arquitetônicos e de engenharia, marcada pela interconexão de suas múltiplas partes, exige uma compreensão profunda para a prática profissional eficaz. Esses projetos são considerados complexos devido à sua natureza multidisciplinar e à densidade de informações (Williams, 1999). Estratégias de ensino que promovem a integração de conhecimentos teóricos e práticos são essenciais na formação acadêmica, permitindo que os alunos se envolvam ativamente com o material de estudo, beneficiando sua futura prática profissional (Anastasiou, 2015; Ferreira & Morosini, 2019).

O uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) tem se mostrado vantajoso no ensino superior, especialmente em disciplinas complexas e multidisciplinares (Ferreira & Morosini, 2019; Masetto, 2010). Metodologias ativas, aliadas às TDICs, fomentam a aprendizagem ao colocar o aluno no centro do processo educativo, incentivando a exploração e personalização do estudo (Bacich & Morán, 2017; Morán, 2015). Tais abordagens não só beneficiam os alunos, mas também enriquecem a prática docente com novas técnicas e promovem o desenvolvimento profissional contínuo dos professores (Bacich & Morán, 2017).

Este artigo investiga o uso da Realidade Virtual (RV) como método de ensino para a disciplina de Instalações e Equipamentos da Edificação 1 (IEE1), no curso de Arquitetura e Urbanismo, propondo diretrizes para a implementação de experiências imersivas pelos docentes. Além disso, analisa os benefícios da RV, alinhando-se à pesquisa da Universidade Federal do Ceará (UFC) sobre Realidade Expandidas na educação de Arquitetura e Urbanismo e Design. A IEE1, tradicionalmente teórica e expositiva, é enriquecida com aulas práticas e interativas a partir do quinto semestre, integrando conhecimentos prévios dos alunos em Modelagem da Informação da Construção (BIM).

O artigo reflete sobre a necessidade de métodos de ensino que atendam diversos perfis de alunos, superando as limitações do modelo tradicional. Portanto, este estudo explora a integração de TDICs, com foco no uso conjunto de BIM e *softwares* de RV, para o ensino de instalações prediais. Avaliou-se como essas tecnologias facilitam a visualização e a compreensão interativa de instalações de variadas complexidades. A pesquisa destacou as percepções dos alunos sobre a realidade virtual em sala de aula, permitindo a criação de diretrizes para aplicar RV na educação técnica e superior em arquitetura, engenharia civil e áreas relacionadas.

## **REALIDADES EXPANDIDAS E BIM NO ENSINO DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO**

A presente revisão sistemática da literatura explora o impacto das realidades expandidas no ensino de arquitetura, engenharia e construção (AEC), com foco em sistemas prediais. A crítica ao ensino tradicional de AEC ressalta a utilização de métodos didáticos considerados obsoletos, que resultam em aprendizado limitado, treinamentos práticos insuficientes e a necessidade de aprimoramento dos docentes (Espinoza et al., 2021; Zhang & Mo, 2022).

Em contrapartida, inovações como ferramentas paramétricas, a metodologia BIM e as realidades expandidas, que incluem realidade virtual (RV), aumentada e mista, têm revolucionado os processos de projeto, oferecendo alternativas promissoras para o

aprimoramento do aprendizado prático dos estudantes (Diao & Shih, 2019; Espinoza et al., 2021; Guo et al., 2024; Hernández-Chávez et al., 2021; Kassim & Md Zubir, 2019; Li, 2022; Yeomans-Galli et al., 2023; Zhang & Mo, 2022).

Especificamente, a RV mostra-se como uma tecnologia de grande potencial para aprimorar a visualização e análise de projetos de construção, sobretudo sistemas mecânicos, elétricos e de esgoto prediais. A integração da RV com as tecnologias BIM (BIM+RV) no contexto educacional apresenta uma oportunidade inovadora para o desenvolvimento do ensino profissional, possibilitando que as instituições de ensino superior promovam uma reforma educacional significativa e contribuam para a formação de profissionais mais qualificados (Zhang & Mo, 2022).

A integração de Realidade Virtual (RV) e Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem demonstrado ser uma ferramenta promissora no aprimoramento do ensino de Engenharia Sanitária, conforme revelado por Espinoza et al. (2021). A aplicação desta metodologia em um contexto experimental mostrou uma melhoria significativa na experiência de aprendizagem dos estudantes de arquitetura, em comparação com métodos tradicionais.

Por outro lado, Guo et al. (2024) expandiram a aplicação da RV para o ensino de arquitetura histórica, utilizando não só a RV imersiva, mas também a RV em *desktop* e visualização panorâmica em 360 graus. Seus achados indicam que enquanto a RV imersiva se destaca no desempenho acadêmico e na autonomia do aprendizado, a visualização panorâmica é superior na percepção das características arquitetônicas, e a RV em *desktop* é mais eficaz para aprendizagem acelerada.

Hernández-Chávez et al. (2021) demonstraram a eficácia da Realidade Virtual (RV) desenvolvida com Unity3D em simular um laboratório de engenharia automotiva, onde *scripts* em C# facilitaram a interação com componentes do motor. A avaliação positiva por parte dos estudantes destaca a RV como uma ferramenta promissora para o aprendizado imersivo. Paralelamente, Diao and Shih (2019) exploraram o impacto da Realidade Aumentada (RA) no ensino de Arquitetura e Engenharia Civil, identificando benefícios como o aumento da motivação e da aprendizagem. No entanto, desafios como a criação de conteúdo e a estabilidade do sistema ainda persistem. A integração da RA com a Modelagem de Informação de Construção (BIM) e a colaboração interdisciplinar são apontadas como tendências futuras.

Esses estudos sugerem que diferentes modalidades de RV podem ser otimizadas para distintos aspectos do processo educacional em engenharia e arquitetura, e que, apesar dos desafios técnicos, as tecnologias imersivas têm um potencial transformador na educação técnica, oferecendo experiências de aprendizado mais ricas e envolventes.

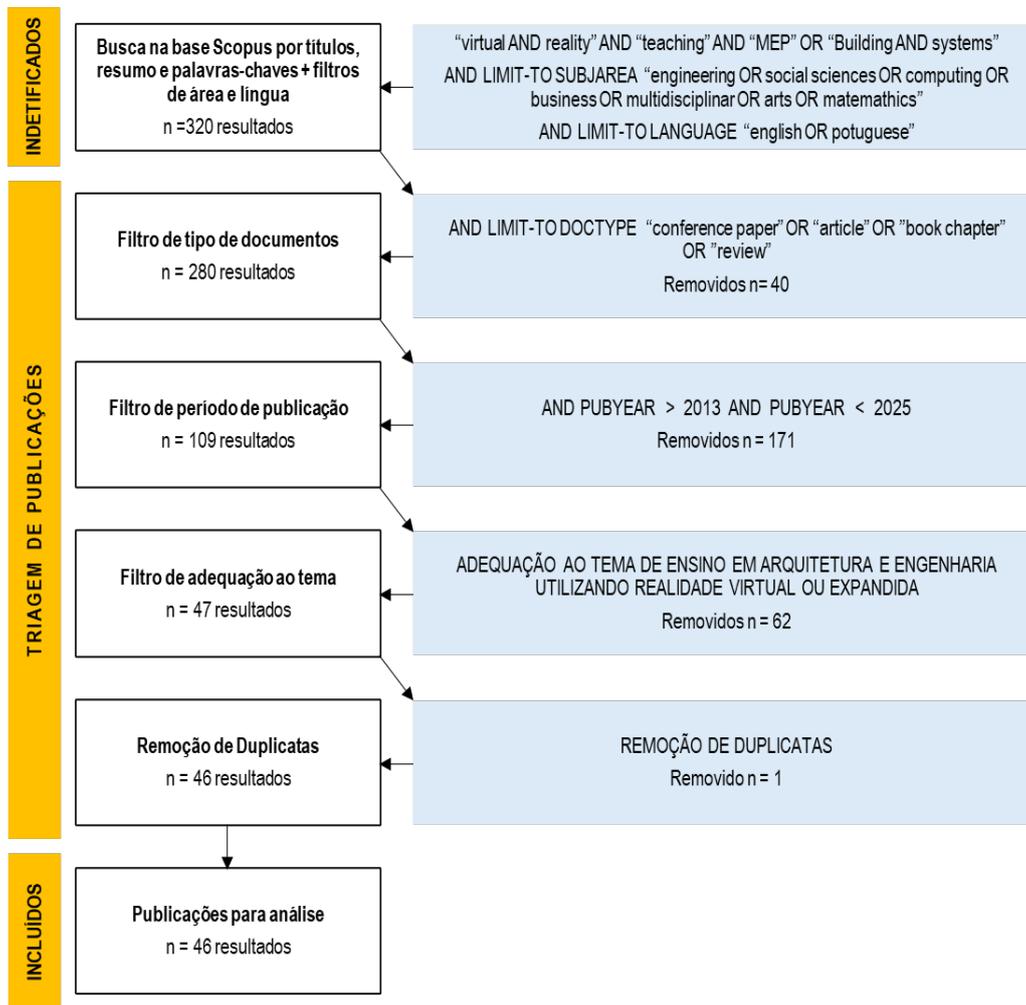
## **MÉTODOS DE PESQUISA**

A pesquisa ocorreu em três macros etapas: 1) Revisão Bibliográfica; 2) Estudo de Caso; e 3) Diretrizes de aplicação de RV no ensino de instalações prediais.

## REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Neste artigo foi adotada a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre o ensino de arquitetura e engenharia utilizando realidade virtual ou expandida, cujos resultados também passaram por análise bibliométrica.

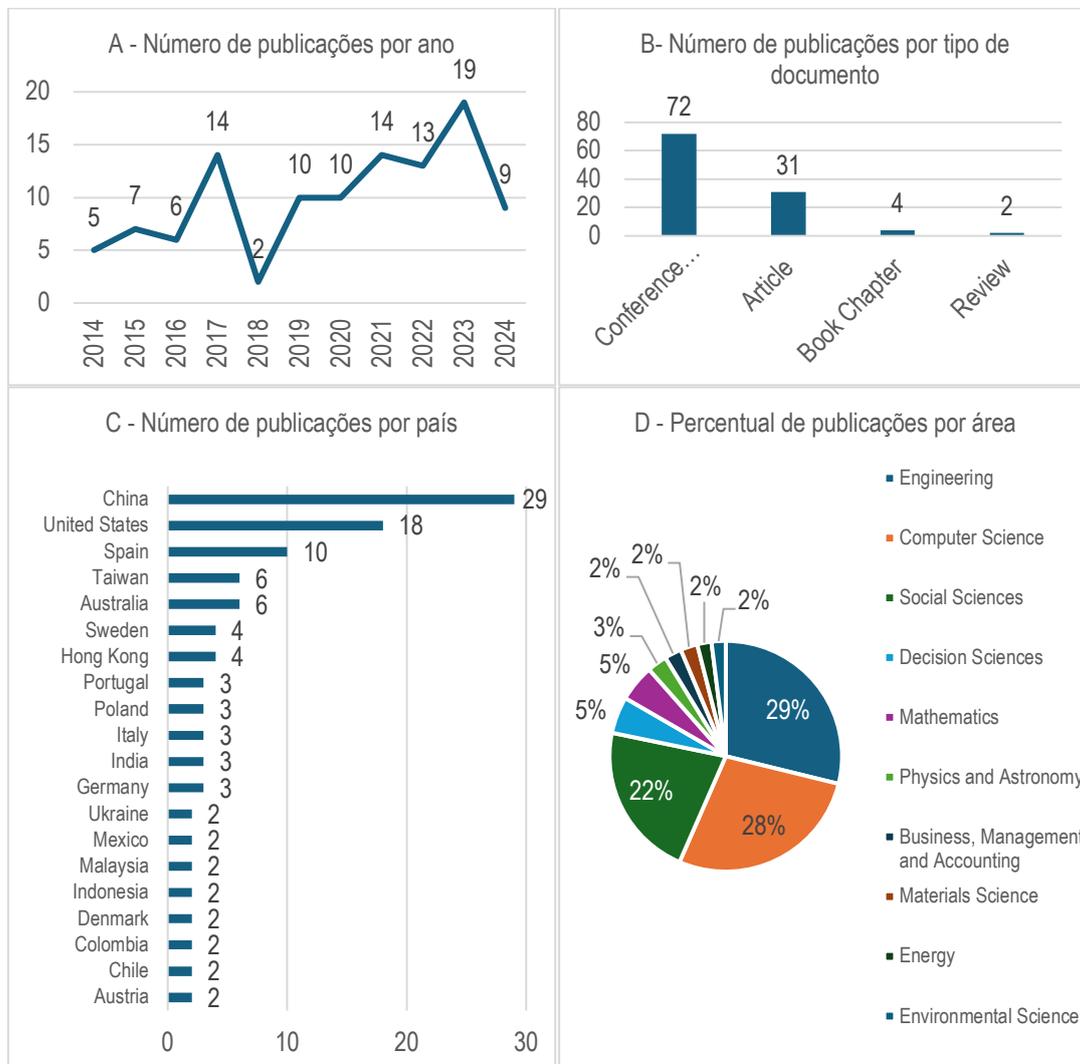
Inicialmente, a pesquisa na base Scopus com termos relacionados à realidade virtual e ensino resultou em 320 publicações. Restringindo por área e idioma, e depois aplicando filtros de tipo de publicação e período de tempo, o número reduziu para 280 e, posteriormente, 109. Avaliando a relevância para o ensino superior em arquitetura, engenharia e construção, 47 publicações foram selecionadas. Com a exclusão de uma duplicata, 46 permaneceram para a revisão sistemática. Todo o processo da pesquisa e triagem está descrito na Figura 2.



**Figura 1.** Processo de triagem dos resultados da busca por publicações.

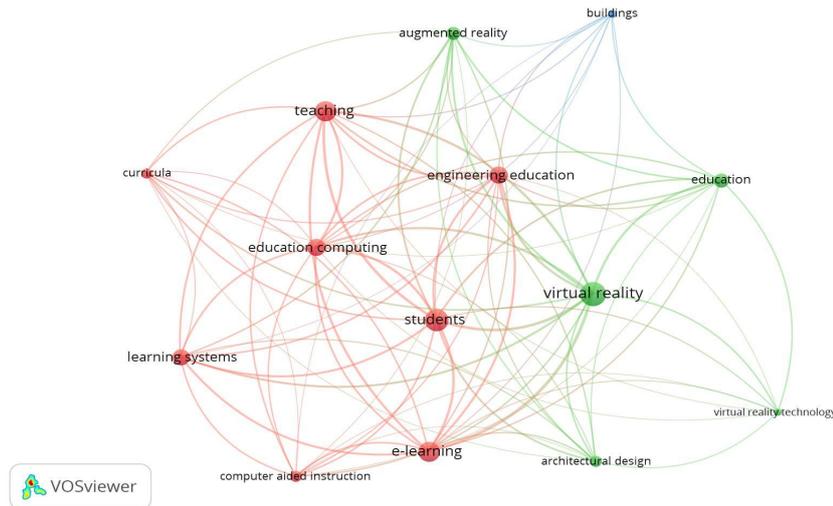
A análise bibliométrica revelou tendências nas publicações sobre realidades expandidas no ensino de AEC de 2014 a 2024, com um aumento significativo de 5 para 14 publicações entre 2014 e 2017 e um pico de 19 em 2023, mostrando a crescente tendência de interesse no tema ao longo do tempo (Figura 2 – gráfico A). Conferências (72 publicações) e artigos de periódicos (31) foram os tipos de documentos mais frequentes (Figura 2 – gráfico B). A China (29 publicações), os EUA (18) e a Espanha (10) lideraram

em número de publicações por país (Figura 2 – gráfico C). Por fim, as áreas de Engenharia, Ciências Sociais e Ciência da Computação dominaram, com 29%, 28% e 22% das publicações, respectivamente, enquanto outras áreas representaram menos de 5% cada (Figura 2 – gráfico D).



**Figura 2.** Gráficos da análise bibliométrica: publicações por ano, tipo, país e área de interesse.

A Figura 3 ilustra a interconexão entre palavras-chave em pesquisas educacionais, destacando "realidade virtual", "realidade aumentada", "e-learning", "alunos", "ensino" e "educação" como os mais centrais. As linhas espessas indicam uma alta coocorrência desses termos, sugerindo que são comumente associados em estudos. Observam-se dois grupos principais: o vermelho, focado em educação e currículo de engenharia, e o verde, relacionado à integração de tecnologias imersivas no ensino. Um terceiro grupo, azul, sugere um interesse emergente em educação e tecnologia no setor de construção civil.



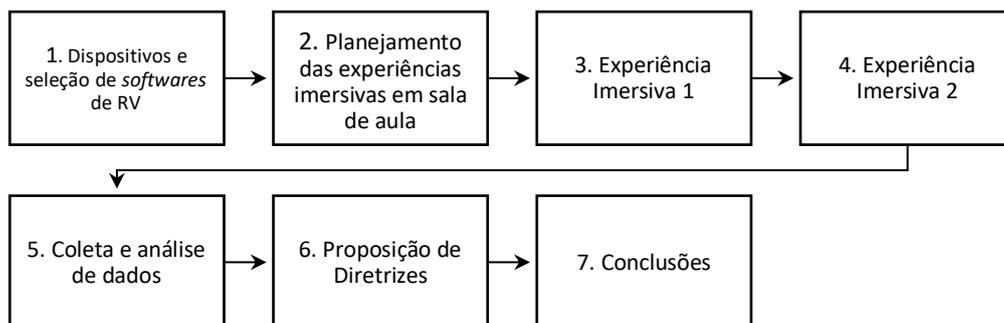
**Figura 3.** Rede de coocorrência de palavras-chaves gerado no VOSviewer.

A análise bibliométrica revelou um aumento no interesse por pesquisas que integram realidade virtual e aumentada na educação em arquitetura e engenharia, refletindo o esforço das universidades para melhorar o ensino prático. Observou-se que muitos estudos ainda descrevem apenas a aplicação dessas tecnologias, predominando em artigos de conferências com menor rigor científico. Destaca-se que China e EUA, competidores no setor de alta tecnologia, lideram as publicações nessa área.

### ESTUDO DE CASO

Para investigar a Realidade Virtual (RV) como ferramenta educacional, aplicou-se a estrutura CIMO (*Context, Intervention, Mechanisms, Outcome*) (Denyer et al., 2008), a qual declara que para um certo problema num **contexto**, é útil usar uma certa **intervenção**, que produzirá, através de certos **mecanismos**, um determinado **resultado**. Assim, identificou-se o problema da compreensão espacial em instalações prediais por parte dos alunos do quinto semestre de arquitetura.

O contexto foi um estudo de caso, que se desenvolveu em sete etapas (Figura 4), na disciplina de Instalações e Equipamentos da Edificação 1, com 64 horas de carga horária, focando em pré-dimensionamento de instalações e segurança contra incêndios. Como mecanismo, integrou-se RV na disciplina para visualizar projetos modelados em BIM, contendo, de acordo com a BIMExcellence (2019), a Modelagem de Sistemas Hidráulicos (1200) para Simulação de Realidade Virtual (4240), mantendo-se também o ensino tradicional. Isso visou melhorar a compreensão dos alunos através de experiências imersivas alinhadas ao conteúdo programático.



**Figura 4.** Delineamento da pesquisa no estudo de caso.

## DISPOSITIVOS E SELEÇÃO DE *SOFTWARES* DE RV

Para a realização da pesquisa, utilizou-se os dispositivos e equipamentos disponíveis no Laboratório de Experiência Digital (LED), dos quais parte foi adquirida via projeto de pesquisa financiado pela empresa Unity. Os equipamentos utilizados no estudo de caso foram:

- 4 óculos de Realidade Virtual (VR) Meta Quest 2®;
- 2 *laptops* Acer Predator Helios (processador i7 11800H, placa de vídeo dedicada RTX 3070 8GB e 16 GB de RAM de processamento);
- 1 projetor Epson para espelhamento dos óculos de RV em sala de aula.

Para a implementação de Realidade Virtual (RV) em sala de aula, foram testados os seguintes softwares: Twinmotion®, Enscape™, Arkio® e Unity Reflect Review®. Descobriu-se que o Twinmotion® e o Enscape™, apesar de possuírem licenças estudantis, não ofereciam aplicativos nativos para os óculos Meta Quest 2, exigindo o uso de computadores para visualização em RV, além de necessitarem de integração com *softwares* BIM. Por outro lado, tanto o Arkio quanto o Reflect Review, que tiveram suas licenças disponibilizadas gratuitamente pela Unity, possuíam aplicativos compatíveis com os óculos Meta Quest 2, eliminando a necessidade de outros dispositivos. No entanto, observou-se que o Arkio apresenta limitações quanto ao tamanho dos arquivos a serem importados, enquanto o Reflect Review não possui essa restrição. Além disso, o Reflect Review oferece uma interface mais intuitiva, facilitando a adaptação dos alunos, e permitindo a colaboração de múltiplos usuários. Assim, para as necessidades da disciplina IEE1, escolheu-se o Unity Reflect Review® por sua abordagem integrada e facilidade de uso, como apresentado no **Quadro 1**.

**Quadro 1.** *Softwares* de realidade virtual avaliados e critérios de seleção aplicados.

Critérios de seleção	<i>Softwares</i> Testados			
	Twinmotion®	Enscape™	Arkio®	Unity Reflect Review®
Licença estudantil	Sim	Sim	Disponibilizada pela Unity	Disponibilizada pela Unity
Aplicativo nativo para MetaQuest 2	Não	Não	Sim	Sim
Capacidade de processamento de arquivos grandes	Sem Restrição	Sem Restrição	Limitada	Sem Restrição
Interface intuitiva	Sim	Sim	Sim	Sim
Colaboração de múltiplos usuários	Não	Não	Não	Sim

Por fim, após a seleção de dispositivos e equipamentos, e *softwares* de realidade virtual necessários para o desenvolvimento das atividades, iniciou-se o planejamento das experiências imersivas em sala de aula.

## PLANEJAMENTO DAS EXPERIÊNCIAS IMERSIVAS EM SALA DE AULA

A implementação de realidade virtual (RV) em sala de aula visou melhorar a compreensão espacial dos alunos de IEE1 sobre instalações prediais. Isso exigiu a integração das experiências imersivas ao currículo da disciplina, o que levou à reestruturação do cronograma para o semestre 2023.1, incluindo experimentos de RV. Duas atividades práticas de RV (aqui chamadas de experiências imersivas) foram planejadas, uma no

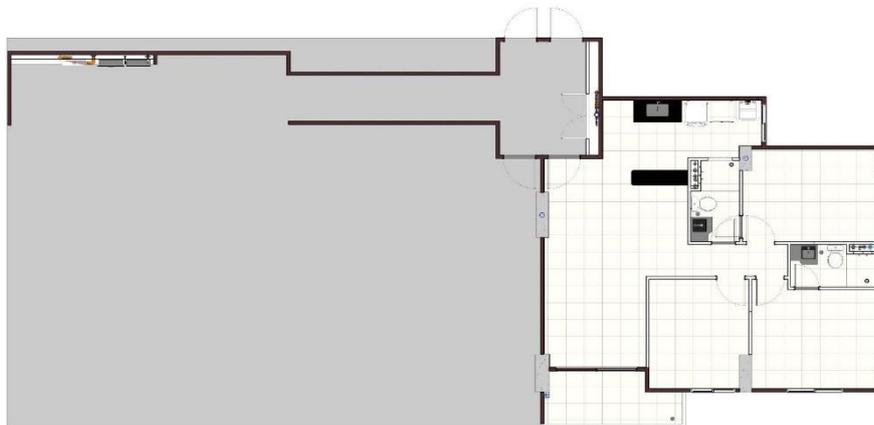
começo e outra no fim do semestre, utilizando modelos BIM de complexidade variada e licenças para estudantes e professores de *software* BIM.

A primeira experiência envolveu a criação de um modelo BIM de uma unidade residencial e áreas comuns em um edifício multifamiliar usando o Autodesk Revit, abrangendo diversas disciplinas de projeto. Este modelo foi posteriormente visualizado em realidade virtual através do Unity Reflect Review® e dos óculos Meta Quest 2®. A segunda experiência utilizou um modelo BIM IFC de um edifício comercial criado no AltoQi Builder, disponibilizado pela AltoQi. O modelo federado, incluindo estrutura e instalações, foi montado no Autodesk Navisworks Manage® e visualizado no Unity Reflect Review®.

As experiências foram planejadas para os 30 alunos matriculados na disciplina, não sendo, entretanto, atividades obrigatórias. A dinâmica das experiências imersivas foi planejada considerando como restrição o número de alunos na turma, a quantidade de óculos e *laptops*, e o espaço em sala de aula disponível. O resultado do planejamento é apresentado em cada uma das experiências descritas nos itens a seguir.

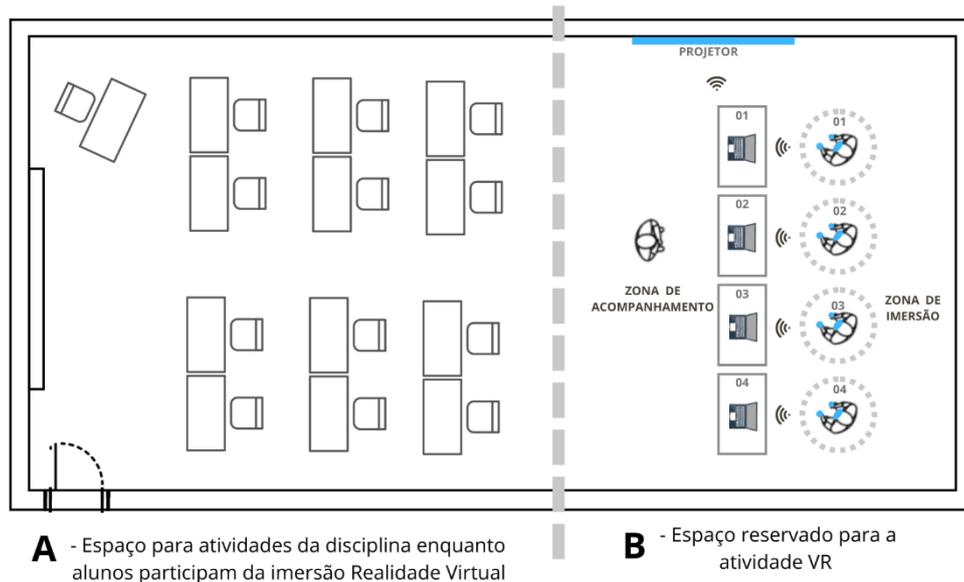
### EXPERIÊNCIA IMERSIVA 1

A primeira atividade aconteceu em 10 de maio de 2023, aproximadamente um mês após o início das aulas teóricas, quando os alunos já possuíam noções básicas de instalações. Essa primeira atividade tinha como objetivo promover a imersão em um modelo BIM federado de um apartamento (Figura 5). A atividade aconteceu em sala de aula, na qual estavam disponíveis 4 óculos de realidade virtual, 4 *laptops* para os espelhamentos, que são a transmissão para uma tela do que é visto pelo usuário dos óculos de RV, e 1 projetor para o acompanhamento da atividade por parte dos alunos.



**Figura 5.** Planta baixa do apartamento utilizado para imersão em RV na Experiência Imersiva 1.

Neste dia, a sala de aula foi dividida em duas partes, um lado ficou reservado para atividade de realidade virtual, lado B, e outro para realização de exercícios e elucidação de dúvidas do conteúdo da disciplina, lado A (Figura 6). No lado B, realidade virtual, cada grupo de até 4 alunos ficaram em média 10 minutos imersos no modelo, junto com monitor da disciplina, enquanto os outros alunos poderiam acompanhar seus colegas através das telas dos *laptops* e projeção na parede.



**Figura 6.** Planta esquemática de leiaute da sala de aula para realização da Experiência Imersiva 01.

As propostas desta atividade foram: a) proporcionar a interação dos alunos no ambiente virtual edificado; b) identificar os componentes de cada tipo de instalação predial; c) observar as soluções projetuais do modelo; d) entender a complexidade de instalações prediais e decisões tomadas para compatibilização; e) verificar as acomodações das instalações no espaço arquitetônico; e por fim, f) saber se a tecnologia de realidade virtual poderia melhorar o processo de aprendizagem dos alunos.

Antes do início da atividade imersão, houve uma breve apresentação sobre o projeto que os alunos iriam ver em realidade virtual, sobre os softwares que foram utilizados, e sobre o funcionamento e manuseio dos Óculos Meta Quest 2®. Após isso, todos os alunos que manifestaram interesse em participar da atividade imergiram no mesmo projeto conforme a disponibilidade de equipamentos, neste caso até quatro alunos por vez. Nesta atividade, participaram 14 alunos.

Os alunos puderam interagir com o modelo em escala 1:1, visualizando todos seus elementos em diferentes ângulos, ocultando e acendendo camadas de informações. Ao fim, todos os alunos que participaram da atividade responderam um questionário online sobre a experiência.

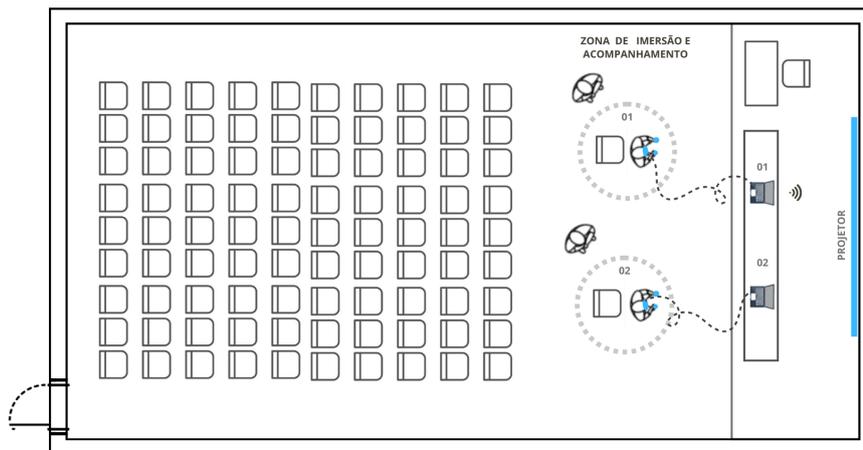
## EXPERIÊNCIA IMERSIVA 2

A segunda atividade imersiva aconteceu no auditório do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Design (DAUD-UFC), em 21 de junho de 2023, quando os alunos já tinham tido todas as aulas teóricas da disciplina. Os objetivos da Experiência Imersiva 2 foram os mesmos da experiência anterior, entretanto, a escala de projeto era a edificação completa. Portanto, foi utilizado um modelo BIM federado em IFC contendo todos os projetos ensinados ao longo do semestre letivo de IEE1.

Neste dia, a aula foi dividida em duas partes: no primeiro turno, os alunos tiveram uma aula teórica; e, o segundo turno ficou reservado para atividade em realidade virtual, sendo

a participação opcional por parte dos alunos. Nesta segunda atividade, apenas 4 alunos se envolveram.

Na Experiência Imersiva 2 foram implementadas melhorias baseadas nos aprendizados da experiência anterior. Reduziu-se o número de óculos disponíveis, de 4 unidades para apenas 2, para que a professora e o monitor pudessem acompanhar melhor os alunos. Assim, foram utilizados 2 *laptops* e 1 projetor para que os alunos pudessem acompanhar a atividade. Também se utilizou cabos USB para melhorar a estabilidade da visualização do modelo BIM e espelhamento, permitindo que o modelo fosse processado nos *laptops*. Desta vez, incluiu-se cadeiras no espaço de imersão para que os alunos pudessem realizar a atividade sentados, reduzindo um possível desconforto sensorial (Figura 7).



**Figura 7.** Planta esquemática de layout da sala de aula para realização da Experiência Imersiva 2.

## COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Para coletar as impressões dos discentes sobre as intervenções de imersão em realidade virtual realizadas em sala de aula, foram disponibilizados, ao final das atividades imersivas, através do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), plataforma que informatiza diversos procedimentos acadêmicos da UFC, questionários estruturados no Google Forms®. Além disso, foram realizadas reuniões de avaliação entre a docente e o monitor da disciplina para discutir os resultados e possíveis melhorias.

Nas duas intervenções foi aplicado o mesmo questionário, contendo cinco perguntas focadas no *feedback* dos alunos sobre a nova tecnologia, suas expectativas para a atividade e sugestões. As perguntas abordaram a satisfação com o uso dos óculos de realidade virtual, o interesse em utilizar essa ferramenta como apoio no ensino da disciplina, possíveis desconfortos físicos ocorridos durante a imersão em RV (como vertigem, tontura e enjoo, descritas pelo fabricante). As principais opções de resposta do questionário eram do tipo múltipla escolha (sim, não ou indiferente), mas este também dispunha de perguntas abertas, focadas em coletar opiniões mais detalhadas quanto à experiência com os óculos de RV e sugestões para ações futuras.

O Quadro 2 apresenta uma síntese das ações realizadas durante o semestre e seus respectivos produtos em cada etapa do estudo de caso.

**Quadro 2.** Principais ações e produtos das etapas do estudo de caso.

<b>Etapas</b>	<b>Ações</b>	<b>Produtos</b>
<b>1. Dispositivos e Seleção de Softwares</b>	Busca por <i>softwares</i> de visualização de projetos compatíveis com modelos Revit e IFC	Definição dos <i>softwares</i> mais adequados para o tipo de atividade escolhida
<b>2. Planejamento das experiências imersivas em sala de aula</b>	Definição do escopo das atividades e dinâmica de aplicação conforme o tamanho da turma e disponibilidade de equipamento	Cronograma da disciplina atualizado
<b>3. Experiência Imersiva 1</b>	Modelagem de arquitetura e diferentes disciplinas de instalações prediais de uma pequena edificação no <i>software</i> Autodesk Revit 2022®	Modelo BIM federado de um apartamento, com modelagem inclusas dos projetos de arquitetura, estrutura, água fria, água quente, esgoto, águas pluviais e gás para imersão em RV
<b>4. Experiência Imersiva 2</b>	Modelagem de disciplinas de estrutura, instalações de água fria e quente e instalações sanitária de um edifício no <i>software</i> AltoQi Builder® federado utilizando o <i>software</i> Autodesk Navisworks Manage®2022	Modelo BIM de um edifício de 7 pavimentos, contendo as disciplinas de estrutura, água fria, água quente, esgoto, águas pluviais para imersão em RV
<b>5. Coleta e Análise de Dados</b>	Elaboração de um questionário para aferição da experiência em imersão RV com os discentes	Análise e sistematização do aceite, das dificuldades e das sugestões de melhorias dos alunos para as próximas atividades e ferramentas utilizadas

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

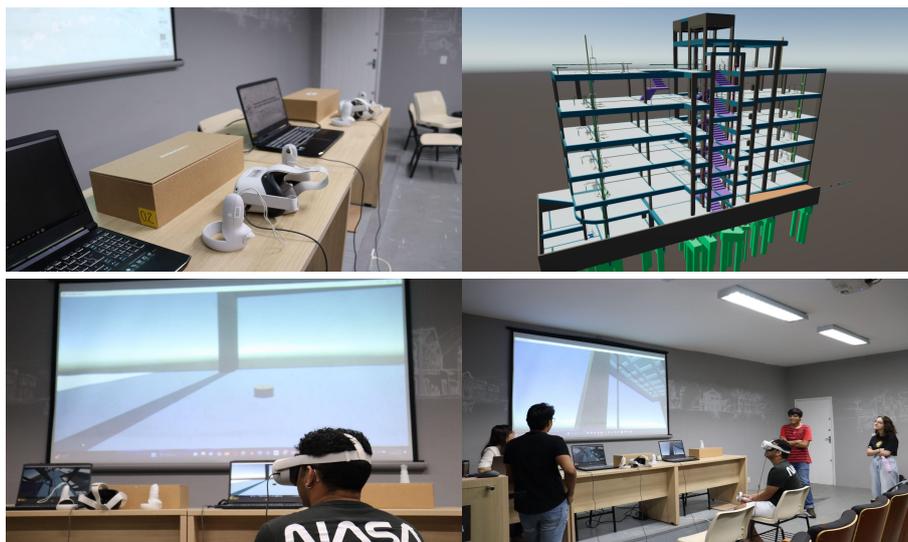
As experiências imersivas 1 e 2 estão retratadas na Figura 8 e Figura 9. Os alunos deram *feedback* positivo em relação à experiência de RV em IEE1, com 93% de satisfação quanto à imersão em RV nos modelos BIM contendo as instalações prediais abordadas no escopo da disciplina. Entretanto, 50% relataram desconforto ou vertigem ao utilizar os óculos de realidade virtual.

Esse desconforto pode estar relacionado a uma baixa taxa de atualização das imagens, que resulta em um atraso entre os movimentos do usuário e a resposta visual, gerando uma desconexão sensorial. Outros fatores incluem a presença de horizontes livres no ambiente virtual, que podem desorientar o sistema vestibular, além do ajuste inadequado do dispositivo ao rosto, contribuindo para a sensação de náusea. Além disso, problemas de saúde preexistentes, como labirintite, também podem agravar essa sensação.

Os discentes sugeriram um maior detalhamento dos modelos e melhorias nos *softwares* de RV. Com base nesse estudo, foram sintetizadas as diretrizes para o uso eficaz da RV no ensino de instalações prediais, descrevendo equipamentos, *softwares* e métodos de aplicação.



**Figura 8.** Conjunto de imagens da Experiência Imersiva 1 em sala de aula. Três alunos com os óculos Meta Quest 2® (à esquerda acima); apresentação da instrução da atividade pelo monitor de IEE1 (à direita acima); projeção da visualização em RV do apartamento modelo (à esquerda abaixo) e projeção da visualização das instalações em RV das áreas comuns do pavimento tipo (à direita abaixo).



**Figura 9.** Conjunto de imagens da Experiência Imersiva 2 no auditório. Disposição dos equipamentos no local (à esquerda acima); visualização 3D do modelo BIM federado utilizado (à direita acima) e interação dos alunos com o modelo (à direita e esquerda abaixo).

## DIRETRIZES PARA O USO DE RV NO ENSINO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS

No estudo analisou-se o uso de realidade virtual na disciplina IEE1 para alunos de arquitetura, resultando em diretrizes para docentes interessados em integrar RV no ensino de instalações prediais. Essas diretrizes orientam a seleção de tecnologias e a organização do espaço de aula para maximizar a eficácia da RV, seguindo quatro etapas: a) Requisitos iniciais; b) Planejamento da Experiência RV; c) Aplicação da Experiência; e d) Avaliação.

## A. REQUISITOS INICIAIS:

Na etapa inicial, o docente deverá desempenhar as seguintes ações com o objetivo de preparar os materiais e equipamentos que serão utilizados:

1. **Seleção de Dispositivos:** para iniciar, o professor deve preparar materiais e equipamentos, selecionando óculos de Realidade Virtual e outros dispositivos como *laptops* com especificações adequadas para modelagem 3D e projeção de atividades.
2. **Seleção de Softwares:** é necessário definir softwares BIM e aplicativos de Realidade Virtual compatíveis, com recursos colaborativos e de visualização detalhada, além de verificar licenças educacionais.
3. **Elaboração dos Projetos em BIM:** um modelo BIM deve ser desenvolvido acordo com o escopo e andamento do conteúdo da disciplina.
4. **Conferência do Modelo BIM:** o modelo BIM deve ser revisado para garantir a ausência de incompatibilidades e a inserção correta de informações.
5. **Importar o Modelo BIM para software RV:** o modelo BIM deve ser importado para o software de Realidade Virtual, considerando as especificidades de comunicação entre as plataformas
6. **Realização de Testes:** conduzir verificações preliminares para assegurar o correto carregamento dos modelos BIM na plataforma de realidade virtual (RV). Além disso, é importante testar todas as funcionalidades do aplicativo de RV com o modelo já inserido, incluindo a capacidade de espelhamento dos óculos de RV para o laptop.

Completando esses procedimentos, o educador estará equipado com as informações necessárias para planejar a atividade de RV, adaptando-a ao ambiente e recursos disponíveis na instituição educacional.

## B. PLANEJAMENTO DA EXPERIÊNCIA RV

Para a atividade de imersão em RV, o professor deve planejar o espaço, tempo e dinâmica, garantindo a segurança e conforto dos alunos.

7. **Escolha do Espaço:** o local escolhido deve permitir movimento livre, oferecer opção de sentar-se ou ficar em pé, ter internet estável e suporte para *laptops* e óculos de RV.
8. **Planejamento da Atividade:** as sessões de RV devem ser agendadas conforme a disponibilidade de equipamentos e alunos, com instruções claras e avaliação pós-atividade.
9. **Preparação dos Equipamentos:** antes da atividade, é crucial verificar a carga de todos os dispositivos, ter equipamentos reserva, preparar kits de higienização para os óculos e assegurar que os modelos BIM funcionem corretamente no software de RV.

## C. APLICAÇÃO DA EXPERIÊNCIA:

No dia da experiência devem ser realizadas as seguintes etapas pelos docentes e monitores:

10. **Orientação:** promover uma breve formação sobre a utilização dos softwares de visualização RV e comandos dos óculos de realidade virtual antes do início da atividade, garantindo que os alunos estejam familiarizados com as ferramentas.
11. **Imersão dos Alunos:** auxiliar os alunos a colocarem os óculos, ajustá-los ao rosto e se adaptarem ao software e equipamento. Quando a experiência for realizada com mais de uns óculos, realizar a troca de forma intercalada para garantir uma experiência contínua sem tempo de espera. Nessa etapa é importante o apoio de monitores.
12. **Acompanhamento:** acompanhar os alunos através do espelhamento nos *laptops* e projetores para elucidação de dúvidas.

#### D. AVALIAÇÃO:

Por fim é necessário fazer uma avaliação de todos os processos para entender se objetivos propostos foram atingidos e aprimorar futuras aplicações. Essa etapa pode ser feita da seguinte forma:

13. **Coletar Feedback dos Alunos:** aplicar questionários eletrônicos com perguntas específicas sobre a experiência e sugestões de melhoria.
14. **Reuniões de Avaliação:** o docente e monitores devem realizar reuniões de avaliação com o objetivo de identificar pontos fortes e áreas de melhoria na utilização da RV como ferramenta de ensino.
15. **Aprimoramentos:** utilizar os *insights* obtidos para ajustar e aprimorar futuras atividades, garantindo uma experiência educacional mais eficaz e satisfatória.

O fluxograma da Figura 10 explicita todo o passo a passo de ações que os docentes deverão seguir para a aplicação da realidade virtual no ensino de instalações prediais.



Figura 10. Fluxograma de diretrizes do Uso de Diretrizes RV.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento de atividades imersivas em realidade virtual para a disciplina de IEE1 representa um avanço significativo no ensino de instalações prediais para estudantes de arquitetura e urbanismo. A documentação e análise desse processo foram essenciais para a criação das diretrizes que orientem professores interessados em integrar essa tecnologia inovadora em seus métodos de ensino. Essas diretrizes podem auxiliar os docentes na escolha consciente de tecnologias, *softwares*, modelos BIM, dispositivos e equipamentos, além de contribuir para o planejamento eficiente do espaço físico da sala de aula, visando maximizar a eficácia das experiências imersivas em RV.

Entre as recomendações, destaca-se a importância de selecionar equipamentos e acessórios adequados, softwares de modelagem e visualização em RV compatíveis, e ter um espaço suficiente para movimentação dos alunos em sala de aula, entre outras diretrizes. Também é importante coletar o feedback das experiências imersivas para promover reflexão e iteração, que contribuirão para a constante evolução do uso da RV no contexto educacional, promovendo uma experiência de aprendizado dinâmica e envolvente para os alunos.

A tecnologia de RV está em constante evolução, com atualizações rápidas que devem ser consideradas no início de cada aplicação. Embora o custo dos óculos de RV ainda seja uma barreira para a acessibilidade, é possível adaptar as experiências conforme a disponibilidade dos equipamentos.

Para desenvolvimentos futuros, busca-se aprimorar essas diretrizes através da investigação de novos aplicativos de realidade virtual, além de explorar as possibilidades de uso de realidade aumentada e mista, ampliando ainda mais o leque de ferramentas disponíveis para o ensino imersivo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao colega arquiteto Luciano Siebra por fornecer o modelo BIM utilizado na experiência imersiva 1, a AltoQI por fornecer licenças estudantil e professor do software AltoQI Builder, bem como fornecer modelo BIM para experiência imersiva 2. Os autores também agradecem à Unity Social Impact e à Meta Immersive Learning pelo financiamento do projeto de pesquisa Realidades Expandidas no Processo de Projeto - LEDrX por proporcionar os materiais, dispositivos, equipamentos e *softwares* necessários para o desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Anastasiou, L. d. G. C. (2015). As bases teórico-metodológicas da educação de adultos e os desafios da metodologia ativa nos cursos de graduação. *Metodologias ativas de aprendizagem no ensino superior: relatos e reflexões*. São Paulo: Intermeios, 17-34.
- Bacich, L., & Morán, J. (2017). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Penso Editora.
- BIMExcellence. (2019). *211in Model Uses Table*. <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/211in-Model-Uses-Table.pdf>

- Diao, P. H., & Shih, N. J. (2019). Trends and research issues of augmented reality studies in architectural and civil engineering education-A review of academic journal publications. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(9), 1840. 10.3390/app9091840
- Espinoza, V. P. R., Cárdenas-Salas, D., Cabrera, A., & Coronel, L. (2021). Virtual Reality and BIM Methodology as Teaching- Learning Improvement Tools for Sanitary Engineering Courses. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(6), 20-39. 10.3991/ijet.v16i06.13535
- Ferreira, R., & Morosini, M. (2019). Metodologias ativas: as evidências da formação continuada de docentes no ensino superior. *Revista Docência do Ensino Superior*, 9, 1-19.
- Guo, X. M., Wang, D. C., Lo, T. T., & Huang, X. H. (2024). Historical architecture pedagogy meets virtual technologies: A comparative case study. *Education and Information Technologies*. 10.1007/s10639-023-12420-1
- Hernández-Chávez, M., Cortés-Caballero, J. M., Pérez-Martínez, Á. A., Hernández-Quintanar, L. F., Roa-Tort, K., Rivera-Fernández, J. D., & Fabila-Bustos, D. A. (2021). Development of virtual reality automotive lab for training in engineering students. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17), 9776. 10.3390/su13179776
- Kassim, M., & Md Zubir, M. T. H. (2019). Design of augmented reality for engineering equipment in education. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(6), 2773-2781, 15. 10.30534/ijatcse/2019/15862019
- Li, Y. (2022). Application of Virtual Reality Technology in Interior Design Teaching. Proceedings - 2022 International Conference on Education, Network and Information Technology, ICENIT 2022, 10.1109/ICENIT57306.2022.00054
- Masetto, M. T. (2010). O professor na hora da verdade: a prática docente no ensino superior. *São Paulo: Avercamp*, 11.
- Morán, J. (2015). Mudando a educação com metodologias ativas. . In C. A. d. Souza & O. E. T. Morales (Eds.), *Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens* (Vol. 2, pp. 15-33).
- Williams, T. M. (1999). The need for new paradigms for complex projects. *International Journal of Project Management*, 17(5), 269-273. [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00047-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00047-7)
- Yeomans-Galli, L. M., Vela-Coiffier, M. P., Gutierrez-Hernandez, R. V., & Ballinas-Gonzalez, R. (2023). Comparing the Use of Virtual Models vs. Fieldwork in Developing Geomatics Skills in Undergraduate Engineering Education during the COVID-19 Pandemic. 2023 Future of Educational Innovation-Workshop Series Data in Action, FEIWS 2023, 10.1109/IEEECONF56852.2023.10104787
- Zhang, Y., & Mo, H. (2022). Application of BIM+VR in Higher Vocational Engineering Cost Teaching. 2022 11th International Conference on Educational and Information Technology, ICEIT 2022, 10.1109/ICEIT54416.2022.9690721