



INGRID FERNANDA DE OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA E BIM NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

LAVRAS-MG

2022

INGRID FERNANDA DE OLIVEIRA

APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA E BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.



Dr. Wisner Coimbra de Paula

Orientador

LAVRAS-MG

2022

INGRID FERNANDA DE OLIVEIRA

APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA E BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em 02 de setembro de 2022.

Dr. Lucas Henrique Pedrozo Abreu UFLA

Dra. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro UFLA



Dr. Wisner Coimbra de Paula

Orientador

LAVRAS-MG

2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que fizeram de tudo para que eu chegasse até aqui. Essa vitória é deles.

RESUMO

Nos últimos anos pôde-se perceber uma intensa revolução digital e conseqüentemente busca por inovações dos setores econômicos. Contudo, no canteiro de obras não houveram, da mesma maneira, mudanças digitais e implementações tecnológicas significativas. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta as ferramentas de Realidade Aumentada (RA) e QR Code de forma a complementar a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) e as aplicações em diversos ramos da engenharia e construção. Para demonstrar o uso da RA foi utilizado o *software* Revit® para modelagem de um projeto arquitetônico residencial e seus complementares (estrutural, hidrossanitário e elétrico). Posteriormente, foi exportado tais projetos para as plataformas Augin® Hub e Augin® App, realizando a integração das disciplinas, análises de incompatibilidades e demonstração da RA. Além disso, a utilização do QR Code foi evidenciada por meio do *software* ConstruCode®. Esse aplicativo *mobile* possibilita o acesso às últimas versões dos projetos da obra pelo *smartphone* de forma a otimizar o processo de consulta às pranchas e dispensando a necessidade de impressão. Foi possível perceber, portanto, as aplicações da RA, tais como o auxílio de detecção de incompatibilidades, visualização do projeto em escala real de forma imersiva e a possibilidade de percorrer o modelo em toda sua extensão analisando os detalhes da edificação. Apesar de algumas imperfeições na renderização do modelo, foi verificado e discutido as vantagens da aplicabilidade da Realidade Aumentada de modo que esta possa ser utilizada na indústria da construção civil. Ademais, o QR Code dentro do canteiro também se mostrou promissor e útil, de forma a simplificar o acesso aos projetos, evitar uso excessivo de papel e impedir possíveis erros de execução ao se consultar pranchas desatualizadas.

Palavras-chave: Inovação, Tecnologia, Construção civil, Aplicativo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	REALIDADE AUMENTADA	14
2.2	AUGIN®	16
2.3	REFERENCE TRACKER.....	16
2.4	OUTROS <i>SOFTWARES</i> DE REALIDADE AUMENTADA	17
2.5	<i>CONSTRU</i> CODE	18
3.	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	MODELAGEM REVIT®	20
3.2	REALIDADE AUMENTADA NO AUGIN®.....	25
3.2.1	<i>REFERENCE TRACKER</i>	28
3.2.2	CRIAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA POR MEIO DO AUGIN APP	30
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	MODO AVATAR	33
4.2	MODO DRONE	35
4.3	AUGIN APP	36
5.	CONCLUSÃO.....	41
5.1	SUGESTÕES DE MELHORIA	42
	REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um setor muito importante para a economia nacional. A economista Ieda Vasconcelos elaborou um informativo econômico do ano de 2021 expondo o Produto Interno Bruto (PIB) da construção com 8,8% de crescimento, sendo maior que o PIB total do país, de 5,7%. Ainda segundo a autora, este foi o melhor resultado apresentado pelo segmento industrial no ano passado. O informativo ainda expõe que em 2021, o salário médio de admissão no ramo da construção civil supera a média nacional. Além disso, até o fim de 2021, houve um aumento significativo no número de trabalhadores da construção, superando os números de 2016 (VASCONCELOS, 2022).

Dessa forma, nota-se a grande importância da indústria da construção para a economia e geração de empregos para o Brasil. Sendo assim, este é um setor em que há demanda de inovações, investimentos em novas tecnologias, melhoria da produtividade e inserção aos programas de qualidade.

No entanto, é fato que este ramo da indústria é ainda muito ultrapassado com relação aos processos executivos, principalmente se comparado a outros setores (NASCIMENTO; SANTOS, 2003). Por conta dos processos ainda serem muito tradicionais e arcaicos, passados de geração a geração, isso faz com que haja uma certa resistência e falta de acesso às novas tecnologias.

Apesar dessa adversidade, diversos estudos e tecnologias estão sendo desenvolvidos para o ramo da construção, no intuito de melhorar os processos e informatizar o setor. Várias empresas, como a Autodesk®, desenvolveram *softwares* de última geração que auxiliam os profissionais na elaboração de projetos arquitetônicos e complementares, gerando automaticamente planilhas de materiais e insumos, bem como a compatibilização dos projetos para verificação de possíveis interferências entre disciplinas. Tal tecnologia está intrinsecamente ligada ao *Building Information Modeling* (BIM).

O BIM pode ser definido como um conceito de modelagem virtual inovador, criado com o objetivo de gerenciar informações do projeto em todo o seu ciclo de vida e obter informações importantes com maior acurácia. A implantação deste sistema engloba tecnologia, pessoas e processos, todos integralizados (COELHO, 2020).

Por meio da implementação desta tecnologia, a indústria da construção civil já foi beneficiada em vários aspectos, uma vez que os projetos são elaborados em um sistema colaborativo entre os profissionais, diminuindo assim erros e chances de retrabalho, além de permitir a visualização dos projetos em 3 dimensões, facilitando a compreensão do usuário. O

BIM ainda possibilita a interoperabilidade de aplicativo por meio de um formato padrão de arquivos chamado IFC (*Industry Foundation Classes*), utilizado entre os *softwares* que compartilham desta metodologia. O decreto nº 10.306 de 02 de abril de 2020 já estabelece a utilização obrigatória do BIM nos projetos elaborados pelos órgãos e entidades federais (BRASIL, 2020).

No entanto, tais tecnologias – principalmente o recurso de visualização da edificação em três dimensões – fica limitada aos escritórios de engenharia e arquitetura, uma vez que, assim que os projetos são enviados para o canteiro de obras, as pranchas são em duas dimensões apenas, limitando a visão espacial do profissional. Portanto, as tecnologias e inovações na indústria da construção ainda se atém muito ao processo de concepção do projeto, no escritório. Dentro do canteiro, os processos e formas de execução ainda não sofreram muitas transformações digitais.

Nesse contexto, a tecnologia da Realidade Aumentada (RA) é uma inovação que já se encontra em diversos setores, tais como: marketing, educação, saúde, e aos poucos vem conquistando o ramo da construção civil. Tal recurso possibilita, por meio de um dispositivo móvel como *smartphone* ou *tablet*, visualizar em 3 dimensões a representação da construção dentro do terreno de forma imersiva. Por meio da RA é possível caminhar por dentro do projeto em escala real, analisar possíveis incompatibilidades e visualizar de forma detalhada as instalações e estruturas.

Outra abordagem importante, ainda no contexto de novas tecnologias atreladas ao canteiro de obras, se deve à utilização do QR Code para acesso às versões mais atualizadas dos projetos. Tal solução se deve à problemática do uso excessivo de papeis para consulta dos projetos, devido à necessidade de novas impressões a cada atualização feita pelos projetistas. Tradicionalmente, no canteiro de obras ainda se utiliza o formato físico impresso em folhas de grandes dimensões. Ao longo do tempo tais materiais são perdidos, estragados e muitas vezes se tornam obsoletos devido à novas alterações nos projetos. Por meio de um aplicativo que utiliza a tecnologia do QR Code, é possível ter acesso aos projetos sempre atualizados, de forma digital, e assim evitar desperdícios e possíveis erros de execução.

Sendo assim, a Realidade Aumentada e o QR Code são ferramentas promissoras que podem ser utilizadas na indústria da construção civil, de forma a trazer informatização e inovação dentro do canteiro de obras. Por meio do dispositivo móvel, muito difundido nos dias atuais, tais recursos servem de recursos importantes de forma a facilitar a rotina dos trabalhadores, evitando retrabalhos, aumentando a produtividade e gerando menos desperdícios.

1.1 Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo apresentar a tecnologia da RA como uma complementação às inovações do BIM e seus *softwares*, a fim de facilitar a execução e auxiliar em diversos setores da construção, além de melhorar a forma de visualização do projeto, tanto para os profissionais quanto para os clientes, bem como expor a tecnologia do QR Code dentro do canteiro de obras como forma de otimização de recursos e facilidade no ato de consulta dos projetos da construção.

1.2 Objetivos específicos

- Apresentar a Realidade Aumentada por meio do aplicativo Augin® como uma complementação à tecnologia BIM no canteiro de obras;
- Modelar um projeto arquitetônico juntamente com seus projetos complementares no Revit®, exportá-lo para o aplicativo Augin® e mostrar como o projeto pode ser visualizado em RA por meio da câmera do *smarthphone*;
- Evidenciar a tecnologia do QR Code por meio do aplicativo ConstruCode®, como um recurso facilitador no acesso aos projetos atualizados e digitais da construção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Analisando o contexto da revolução industrial e o rápido avanço das indústrias, o ramo da construção civil ainda carece de novas tecnologias. Segundo Junior (2008), é possível observar mudanças pouco expressivas e uma lenta evolução a respeito das inovações dos processos construtivos e na gestão dos empreendimentos. Ilsen et al (2014) afirmam que a competitividade entre as empresas faz com que há a necessidade de buscar melhorias e diferenciais para atrair clientes e serviços. Dessa forma, cria-se um incentivo à melhoria contínua e fornecimento de bens e serviços garantindo sua permanência no mercado. A implementação de inovações e tecnologias é a forma que as empresas conseguem criar novas expectativas nos consumidores e se diferenciar perante a outros negócios. Tal nível de competitividade imposto às companhias têm exigido melhorias contínuas e atualizações constantes para tornar viável sua permanência no mercado.

Rankohi e Waugh (2013) reitera que a natureza complexa do setor de arquitetura, engenharia, construção e gerenciamento de instalações, devido sua alta demanda por acesso a informações para avaliação, comunicação e colaboração, aumentam a necessidade de tecnologias no setor. Tecnologias de visualização recentes como a RA são ideais nesse ambiente.

Segundo Chen (2015), a grave desconexão entre o ambiente físico e a informação virtual têm se tornado parte intrínseca dos problemas gerenciais em projetos de construção. Isso se agrava ainda mais com o aumento da complexidade dos projetos. Além disso, Azhar et al (2008) complementam que um dos principais desafios na exploração e interpretação de informações da construção é recuperar informações no local utilizando desenhos bidimensionais (2D) como referências para interpretar as informações de construção.

Utilizando o recurso da Realidade Aumentada, mesclando a representação digital com o mundo real de forma simultânea, a RA pode melhorar o processo de percepção da informação e, assim, facilitar a tomada de decisão. Pesquisadores reconheceram que a RA pode apoiar atividades operacionais e gerenciais em vários setores (HENDERSON; FEINER, 2010). Shin e Dunston (2008) ainda afirmam que essa avançada tecnologia oferece vantagens significativas por meio da simulação e visualização da indústria da construção, permitindo, por exemplo, que o observador interaja com os objetos reais e virtuais e monitore o progresso da construção comparando o status planejado e executado do projeto.

Por meio de ferramentas tais como o *Building Information Modeling* (BIM) e Realidade Aumentada (AR), vários benefícios são obtidos, tais como a redução do tempo na

tomada de decisão durante a fase de projeto, melhor compreensão dos documentos na fase de planejamento e acompanhamento do projeto em tempo real para garantir o cumprimento do cronograma (CALDERON; BRIOSO, 2018).

Wang (2008) declara que a RA pode facilitar a comunicação e o compartilhamento de informações entre membros da equipe de projetos, além de fornecer melhor entendimento espacial do que as ferramentas de design tradicionais. Além disso, melhora a criatividade e auxilia na resolução de problemas nas etapas de projeto e execução.

Segundo Babic et al (2009), o QR Code (*Quick Response Code*) pode ser definido como um código de barras de matriz bidimensional. Sua popularidade e difusão se devem à capacidade de leitura rápida e dinâmica em comparação com códigos de barras convencionais. Junyong et al (2019) afirmam que tanto no passado quanto no presente, os projetos impressos em papel não possuem informações a respeito de alterações ou atualizações que possam ter sido feitas. Nesse sentido, ainda segundo o autor, o QR Code pode ser uma ferramenta útil para preencher lacunas de informação documentação e material dentro da obra.

O QR Code oferece alta capacidade de armazenamento de dados, digitalização rápida, legibilidade omnidirecional e muitas outras vantagens, incluindo correção de erros (para que o código danificado também possa ser lido com sucesso) e diferentes tipos de versões (TIWARI, 2016).

Espera-se que haja um aumento de quase duas vezes no uso de *smartphones*, o que irá afetar o potencial de crescimento de tais tecnologias na indústria da construção (DEMIR et al, 2015).

2.1 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) pode ser descrita como uma visão ao vivo de um ambiente físico do mundo real mesclados com elementos digitais que são inseridos por entradas sensoriais geradas por computador, como som, vídeo, gráficos ou dados de *Global Positioning System (GPS)*. Por meio dessa tecnologia, as informações sobre o mundo real circundante do usuário se tornam interativas e manipuláveis digitalmente, podendo ser sobrepostas ao mundo real (SIDDHANT, 2016).

A RA envolve quatro aspectos importantes: renderização de alta qualidade do mundo combinado; calibração precisa, envolvendo o alinhamento dos virtuais em posição e orientação dentro do mundo real; interação em tempo real entre objetos reais e virtuais (TORI et al, 2006).

De acordo com Zevi (2009), a representação por plantas, cortes e até fotografias não são suficientes para transmitir plena e fielmente o espaço arquitetônico. É necessário que haja uma experiência natural do deslocamento físico e visual pelo espaço.

A RA necessita de três componentes para ser utilizada. O *hardware*, o *software* e o posicionamento virtual do modelo. O *hardware* é o dispositivo físico a ser utilizado, como o computador ou um dispositivo móvel compatível com a tecnologia. Já o *software*, é o aplicativo de RA que fará o processamento das informações. Por meio do *software* que é realizado o posicionamento correto do projeto para visualização (LOIJENS, 2017).

Ao contrário dos ambientes virtuais que faz com que o usuário sinta que está em um ambiente digital, a RA apenas complementa a realidade com elementos virtuais, e não possui o objetivo de substituí-lo. Por meio dessa tecnologia, os objetos virtuais inseridos no ambiente físico proporcionam informações que não seriam possíveis de observar a olho nu, o que a torna útil para auxiliar na percepção do usuário perante sua interação com o mundo real (ISHIDA et al, 2015).

A RA possui variadas técnicas de empregabilidade, podendo ser utilizada de diversas formas. BROLL et al (2005) classificou as técnicas de interação que poderiam ser aplicadas por meio dessa tecnologia, tais como: interação espacial, interação baseada em comandos, interação por controle virtual e interação por controle físico.

As diferenças entre interações se dão devido aos equipamentos a serem utilizados e à forma como ocorre a entrada de dados para interpretação da máquina e inserção das informações virtuais ao ambiente físico. Tal tipo de interação ocorre por meio de ferramentas físicas ou painéis de controle que possibilitam acesso tanto ao ambiente físico como aos objetos virtuais da cena (CUPERSCHMID et al, 2012). Ainda segundo o autor, os dispositivos mais utilizados atualmente para a interação por meio do controle físico são os dispositivos móveis como *Tablets* e *Smartphones*, devido tais ferramentas combinarem diferentes recursos em um único aparelho e de tamanho reduzido, facilitando a mobilidade e acessibilidade.

Os dispositivos móveis possuem, no mesmo aparelho, o processador, a memória, a câmera, a tecnologia de interação, GPS e compasso digital. Por meio desses sistemas, câmeras integradas capturam o vídeo do ambiente real e processam a mistura dos ambientes antes de exibi-las (BIMBER; RASKAR, 2005).

2.2 Augin®

O *software* Augin® é um programa de uma empresa nacional e foi lançado em 2018. Por meio dele é possível importar os projetos em um ambiente imersivo de colaboração. Tal importação pode ser feita tanto por meio de *plugins* instalados dentro do próprio programa de modelagem, quanto feita manualmente via arquivo *Industry Foundation Classes* (IFC) (AUGIN, 2019).

Segundo a ISO 10303-21 (ISO, 2016), o arquivo IFC é um modelo livre, de código aberto e de dados padrão internacional criado com o intuito de facilitar e padronizar os formatos de arquivos entre diferentes *softwares* previstos na norma internacional. A vantagem de usar o formato IFC é que as informações podem ser compartilhadas em um formato que permite e incentiva a interoperabilidade.

Tal *software* pode ser encontrado para *download* por meio do próprio *site* na versão para computador ou nas lojas de aplicativos dos dispositivos móveis, como *Play Store*® e *Apple Store*®. A obtenção da ferramenta é feita de forma gratuita. No entanto, alguns recursos são limitados e exigem assinatura paga para obter acesso.

2.3 Reference Tracker

Quando o usuário modifica sua posição no local, os objetos virtuais devem permanecer alinhados com a posição e orientação dos objetos reais. O alinhamento dos objetos virtuais com o mundo real depende do rastreamento preciso. Sendo assim, o recurso nomeado *Reference Tracker* é a ferramenta inserida dentro do Augin® para localizar o projeto no ambiente físico.

O *Reference Tracker* é uma referência do tipo marcador. Tal ferramenta possui propriedades específicas que facilitam a identificação da sua posição no ambiente real. Um marcador físico é inserido no local e simultaneamente no modelo digital, de forma a serem fixados em um mesmo ponto em comum. Dessa forma, o aplicativo consegue processar a imagem e inserir o modelo no terreno referenciado.

Desse modo, a aplicação de RA utiliza uma câmera para localizar um padrão visual determinado, que passa a ser usado como referência para a localização do modelo digital na visualização. O marcador pode ser do tipo fiducial, quando possui um padrão gráfico preto e branco facilmente identificável ou do tipo natural, quando for definido por uma imagem

fotográfica do ambiente real (CUPERSCHMID et al, 2012). Ou seja, a mesma imagem é utilizada no ambiente físico e no ambiente virtual para realizar a mesclagem de informações.

2.4 Outros *softwares* de RA

Além do Augin®, outros *softwares* de RA podem ser encontrados no mercado com a mesma proposta de tecnologia e inovação. A empresa Darf Design®, por exemplo, é um estúdio de *design* localizado em Londres, fundada por Sahar Fikouhi, em 2012. Tal companhia ganhou diversos prêmios de desenvolvimento de tecnologia relacionada a RA, graças a uma equipe que mescla programadores, engenheiros e *designers*, que trabalhando juntos, combinaram os conhecimentos em obras, arquitetura, arte e programação para poderem criar um *software* de RA chamado ARki8®.

Este *software* fornece a experiência aos usuários de visualizar por meio de dispositivos móveis todas as etapas, disciplinas, detalhes, aplicações e até modificar a futura obra que será implementada no local. Tal aplicativo permite navegar pela representação gráfica, alterar virtualmente as dimensões de elementos do projeto, fazendo com que tenha total precisão e certeza de que a obra será executada perfeitamente no local, antes mesmo de iniciar as atividades. Para obter o acesso ao programa, a empresa fornece uma versão gratuita limitada à apenas um projeto. Para ter acesso à toda as funcionalidades, o valor pago mensal é de €17 (euros), em média R\$87,46 na cotação de 03/09/2022. Tal ferramenta está disponível apenas para *smartphones* da empresa Apple® (DARF DESIGN, 2022).

Outra companhia que fornece serviços em RA é a GAMMA® *Technologies*. Tal instituição fornece um *software* que permite visualizar construções e elementos construtivos *in loco* de maneira precisa por meio do aplicativo em *smartphones* e *tablets*. Ele proporciona ao usuário sobrepor a modelagem virtual com a obra real para verificar futuras falhas e erros de execução, verificando as próximas etapas da obra. Por meio do aplicativo, é possível também reportar os problemas encontrados para a construtora e assim, todos os colaboradores já podem trabalhar em prol da resolução de tais adversidades. No *site* da empresa não há informações de valores para obtenção da ferramenta, no entanto, é disponibilizado um mês de licença gratuita. O *software* pode ser obtido através das lojas virtuais *Play Store*® e *Apple Store*® (GAMMA AR, 2022).

Já a empresa AKULAR®, atua com a tecnologia RA em alguns setores da engenharia, não apenas na construção. Seu *software* pode fornecer diversas informações diferentes, em função da etapa que a edificação se encontra. Caso o projeto ainda seja construído, o

aplicativo pode fornecer a visualização das modelagens para a verificação e compatibilização das instalações hidráulicas, elétricas, entre outras. Dessa forma, evita-se interferências com a estrutura e arquitetura, informando ao setor de projetos as localizações de possíveis alterações. Caso a edificação já esteja construída, o *software* fornece informações diversas sobre umidade, temperatura, fluxo de ar, concentração de dióxido de carbono e qualquer dado de interesse, desde que anteriormente tenha sido feita a instalação de sensores na edificação. A empresa atua tanto no ramo da Realidade Virtual quanto da Realidade Aumentada. A depender do tipo de visualização, pode ser utilizado o *smartphone* ou *tablet*, ou ainda os óculos de realidade virtual. Não há informações de valores no *site* da companhia, no entanto, o aplicativo se encontra disponível na *Play Store*® e *Apple Store*® (AKULAR, 2022).

Por fim, pode ser citada ainda a empresa VisualLive® que oferece o recurso da RA tanto por via de dispositivos móveis quanto por meio do uso de óculos de Realidade Aumentada, permitindo que o usuário visualize toda a obra antes mesmo dela ser executada, além vivenciar como seria, com detalhes, as partes ou todo da edificação com antecedência. Essa tecnologia fornecida aos clientes, por exemplo, é uma enorme vantagem em definir com precisão as demandas e decisões acerca da arquitetura de sua residência. Caso aplicado à indústria, pode-se visualizar uma otimização do espaço da fábrica para decidir com otimização a locação dos equipamentos e máquinas em cada local, visualizando até o processo de transporte e montagem dos mesmo *in loco*, para depois de definido, adotar o melhor e mais econômico processo. A assinatura mensal mais econômica está US\$99 dólares (R\$512,07 reais na cotação de 03/09/2022) (VISUAL LIVE, 2022).

2.5 Construcode

A Construcode® é uma *startup* nacional fundada em 2017 no estado da Bahia (CONSTRUCODE, 2022). Tal *software* proporciona a digitalização das plantas dos projetos, fazendo com que sejam acessáveis por meio da tecnologia QR Code. Sendo assim, todos os profissionais da obra que tenham acesso à um dispositivo móvel e com o aplicativo instalado conseguem acessar as pranchas de forma rápida e sem necessidade de impressão. A maior vantagem dessa tecnologia é que se houver alguma alteração no projeto, tal arquivo pode ser atualizado na plataforma sem alterar o código de leitura. Dessa forma, o funcionário da obra pode escanear o QR Code por meio da câmera do dispositivo momentos após a alteração e ele terá em mãos o arquivo atualizado. Nas Figura 1 e 1a é evidenciada a ferramenta e como ela

pode ser utilizada de forma a difundir os projetos de forma mais simplificada, unificada e inovadora.

Figura 1 – Quadro de acesso aos projetos no canteiro de obras



Fonte: ConstruCode (2022).

Figura 1a – Exemplo de aplicação do QR Code no canteiro de obras



Fonte: ConstruCode (2020).

Em obras com diversos pavimentos, tal tecnologia pode ser ainda mais útil, por conta de haver diversas pranchas de cada pavimento. Dessa forma, é possível manter a organização, dividindo os projetos de cada andar separados e garantindo que estão sendo fornecidos a última versão dos projetos para os profissionais executarem.

O programa permite o cadastro e instalação do aplicativo de forma gratuita, no entanto, a versão é limitada e para a utilização completa é necessário obter o pacote pago. No site da companhia não há informações de valores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

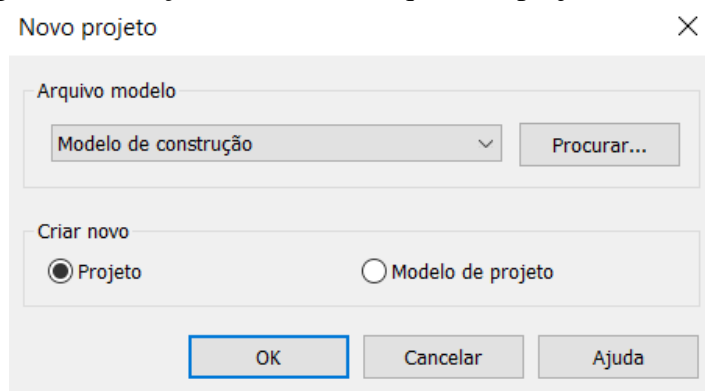
3.1 Modelagem Revit®

O objeto de estudo utilizado para demonstrar a tecnologia da RA foi o projeto de uma residência unifamiliar térrea. O projeto arquitetônico, juntamente com os complementares, foi fornecido pelo engenheiro responsável para a realização deste trabalho. Tais projetos foram inicialmente elaborados no *software* AutoCAD®, em formato DWG. Por conta de tal formato de arquivo não ser compatível com os *softwares* BIM, e por conseguinte não ser possível exportar os projetos para o *software* de Realidade Aumentada, foi necessário remodelá-los em outro programa adequado.

O *software* escolhido para modelagem foi o Revit®. O motivo da escolha se deve ao fato de tal ferramenta possuir licença educacional e ser um programa que já havia conhecimento prévio.

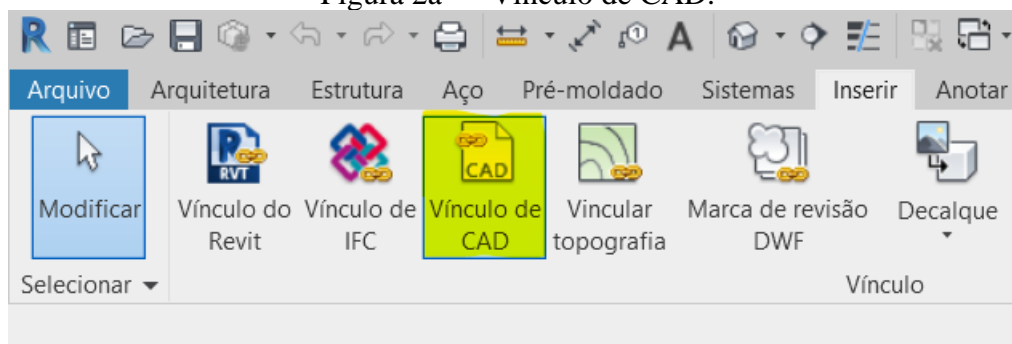
Sendo assim, foi criado um arquivo de projeto dentro do programa para iniciar a modelagem do projeto arquitetônico, como mostra a Figura 2. Após a criação, foi importado o projeto em DWG para o Revit®, evidenciado na Figura 2a.

Figura 2 – Criação de um novo arquivo de projeto no Revit®.



Fonte: Da Autora (2022).

Figura 2a – Vínculo de CAD.



Fonte: Da Autora (2022).

Feita a importação da planta para o Revit®, foi possível iniciar a modelagem. O projeto foi reproduzido fielmente, com seus níveis, ambientes, esquadrias e detalhes arquitetônicos. Por meio da Figura 3 visualiza-se o projeto arquitetônico na vista 3D.

Figura 3 – Vista 3D do projeto arquitetônico.

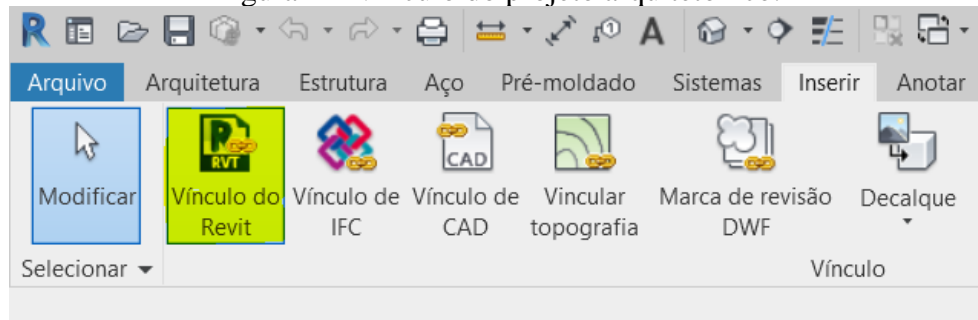


Fonte: Da Autora (2022).

Com o projeto arquitetônico finalizado, deu-se início aos projetos complementares (estrutural, hidrossanitário e elétrico). Dentre estes, o primeiro a ser modelado foi o projeto estrutural. Tal disciplina é composta por elementos tais como: vigas, lajes, pilares e fundação. A modelagem foi feita conforme projeto elaborado e calculado pelo engenheiro responsável.

O primeiro passo para a modelagem do projeto foi feito exatamente como no projeto arquitetônico: criação de um novo arquivo com o formato de “Projeto”, como mostrado na Figura 2. Em seguida, foi feita a vinculação com o projeto arquitetônico por meio da função “Vínculos”, na aba “Inserir”, do *software* Revit®, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Vínculo do projeto arquitetônico.

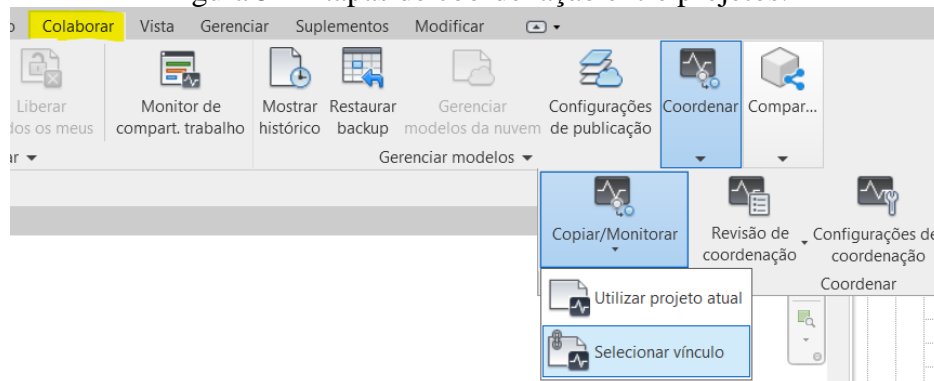


Fonte: Da Autora (2022).

Após realizar a vinculação do projeto arquitetônico com o estrutural, é necessário realizar o monitoramento entre eles. Por meio do monitoramento, qualquer alteração feita no projeto arquitetônico é atualizada e modificada no projeto estrutural, mantendo a compatibilização entre as disciplinas. Além disso, por meio deste recurso também é possível associar informações importantes, como, por exemplo, os níveis entre projetos. Para inserir os elementos estruturais de forma correta e de acordo com o projeto arquitetônico, é necessário que os níveis sejam os mesmos. Portanto, foi realizada a cópia destes do projeto arquitetônico para o projeto estrutural. Feito isso, modelou-se a estrutura vinculada a arquitetura.

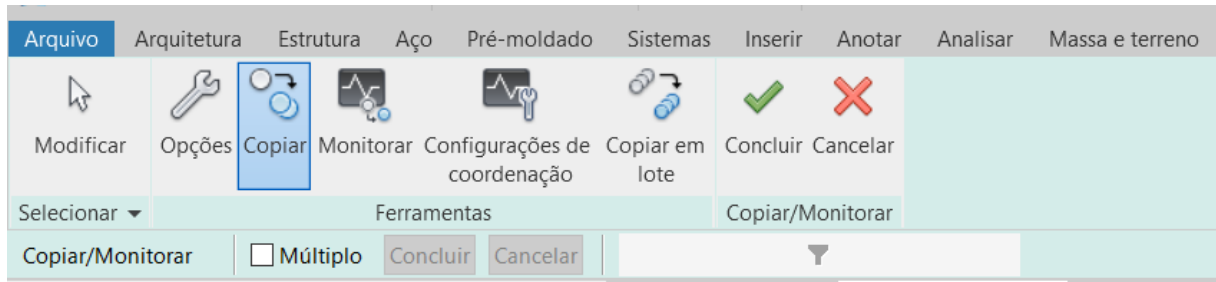
O processo de monitoramento é mostrado a seguir na Figura 5 e a cópia de níveis nas Figuras 5a e 5b.

Figura 5 – Etapas de coordenação entre projetos.



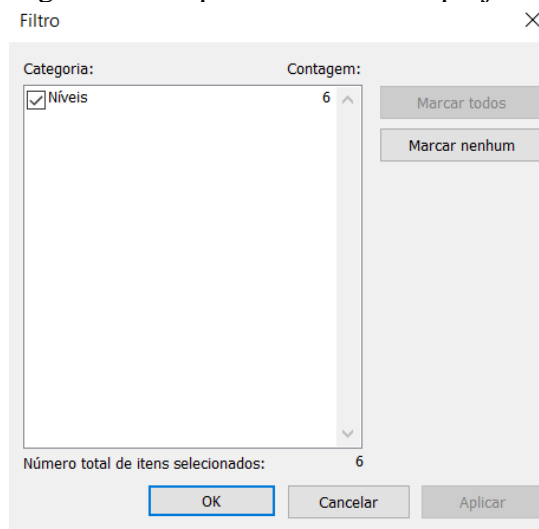
Fonte: Da Autora (2022).

Figura 5a —Cópia dos níveis entre projetos utilizando a ferramenta “Colaborar”.



Fonte: Da Autora (2022).

Figura 5b - Cópia de níveis entre projetos.



Fonte: Da Autora (2022).

Primeiramente foram lançados os pilares desde o nível fundação até a cobertura. Deve-se atentar que o nível da cobertura da sala é mais alta em relação aos demais cômodos da casa, assim como os pilares que chegam até o abrigo da caixa d'água também possuem altura diferentes dos restantes. Após os pilares, foram inseridas as vigas baldrame e sapatas, além das vigas da cobertura. Por fim, foi inserida a laje apenas na cobertura, uma vez que no pavimento térreo será necessário apenas o contrapiso.

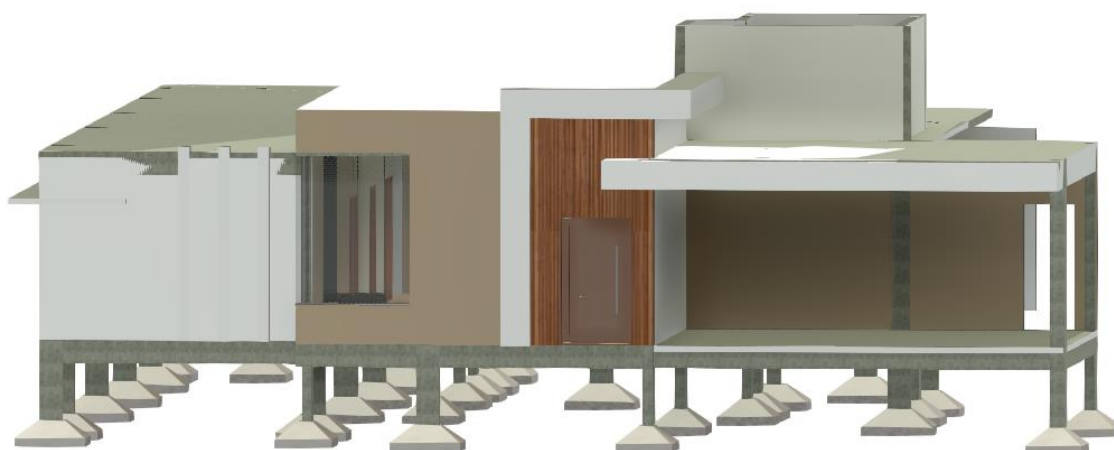
Após ser feito todo o lançamento da estrutura, é possível visualizar na vista 3D, conforme Figura 6. Na Figura 6a pode ser visto o modelo 3D do projeto estrutural vinculado ao projeto arquitetônico.

Figura 6 – Vista 3D do projeto estrutural modelado.



Fonte: Da Autora (2022).

Figura 6a – Vista 3D do projeto estrutural vinculado ao arquitetônico.



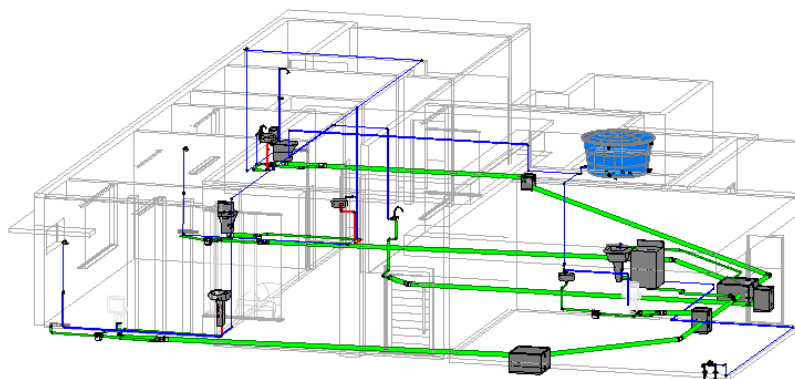
Fonte: Da Autora (2022).

O mesmo processo foi repetido para o projeto hidrossanitário. Foi criado um novo arquivo, conforme Figura 2. Logo após, o projeto arquitetônico foi vinculado, como visto na Figura 4, com o projeto arquitetônico e feito o monitoramento e cópia de itens, conforme Figura 5, 5a e 5b respectivamente.

Assim como o projeto estrutural, a modelagem seguiu conforme elaborado pelo projetista. A tubulação de cor azul, ilustrado na Figura 7, mostra a instalação hidráulica de água fria. A caixa d'água, encanamentos e conexões fazem parte deste sistema.

Já os tubos na cor verde se referem ao sistema de esgotamento sanitário. Além destes, as caixas de gordura, caixas de inspeção, ralos e demais conexões englobam o projeto.

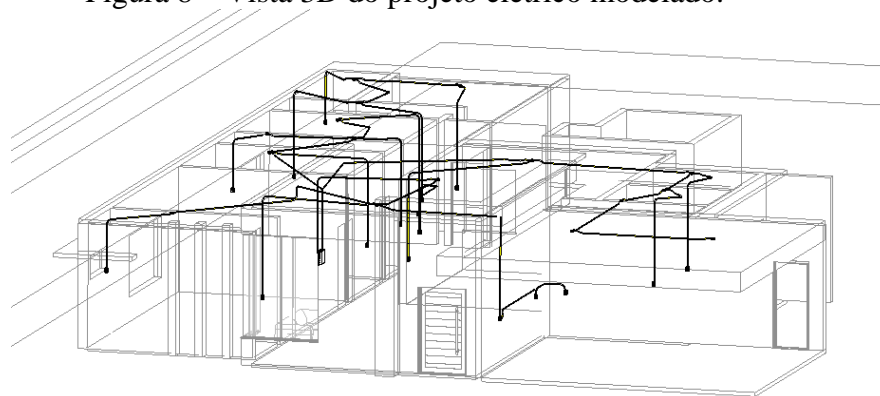
Figura 7 – Vista 3D do projeto hidrossanitário modelado.



Fonte: Da Autora (2022).

Para a modelagem do projeto elétrico, fez-se os mesmos passos de vinculação e monitoramento entre o projeto arquitetônico vistos acima. Após essa etapa inicial, foi realizado a inserção das tomadas, pontos de iluminação, quadro geral, assim como a passagem dos eletrodutos. Na Figura 8 é evidenciado a modelagem finalizada na vista 3D.

Figura 8 – Vista 3D do projeto elétrico modelado.



Fonte: Da Autora (2022).

Dessa forma, foram concluídas todas as modelagens dos projetos arquitetônico e complementares para que assim fosse exportado ao *software* de RA.

3.2 Realidade Aumentada no Augin®

Após a conclusão das modelagens vistas no tópico anterior, foi realizado o processo de exportação dos arquivos para o *software* de RA utilizado neste trabalho, o Augin®. O modelo de arquivo que deve ser utilizado neste caso é o *IFC (Industry Foundation Classes)*. Este

formato permite a troca de informações entre os *softwares BIM* e tem sido cada vez mais utilizado, pela sua facilidade e possibilidade de interoperabilidade.

Dessa forma, todos os projetos modelados foram exportados separadamente neste formato. A Figura 9 mostra como é feito esse processo ainda no Revit®.

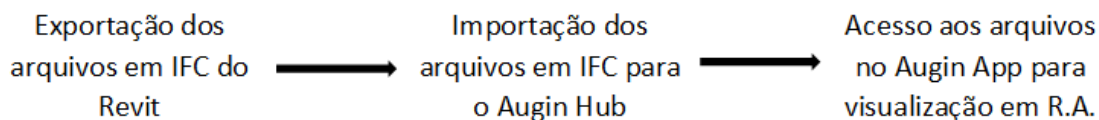
Figura 9 – Exportação dos arquivos no formato *IFC*



Fonte: Da Autora (2022).

A partir deste momento a importação e preparação dos arquivos se divide em duas partes. A primeira parte é realizada por meio do *download* e cadastro no programa para computador Augin® Hub, sendo que tal versão é utilizada para importação dos arquivos. A segunda parte é o *download* do aplicativo Augin® App para dispositivos móveis e acesso ao mesmo cadastro feito anteriormente. A versão *mobile* é empregada para acessar o recurso da RA. Tal processo é ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Processo de importação de arquivos para os programas Augin® Hub e Augin® App.



Fonte: Da autora (2022).

O programa possui armazenamento em nuvem, portanto, assim que é feito o *upload* dos arquivos no Augin® Hub a vinculação dos projetos pelo Augin® App é feito de forma automática assim que é realizado o acesso à conta.

Realizada a importação dos arquivos, o próximo passo foi criar um projeto federado. A federação pode ser definida como um utilitário que une todos os elementos e informações de cada projeto de forma conjunta. O projeto federado, então, integra todas as disciplinas, criando um modelo digital único e multidisciplinar. Portanto, por meio deste recurso foi possível obter um panorama geral de como a edificação ficaria depois de pronta e analisar possíveis incompatibilidades.

A versão gratuita do programa permite a importação de projetos e a visualização em RA, mas não permite federá-los. No entanto, a empresa permite obter, sem custos, a versão completa do *software* por 10 dias. Desta forma, criou-se o projeto federado, como mostra a Figura 11.

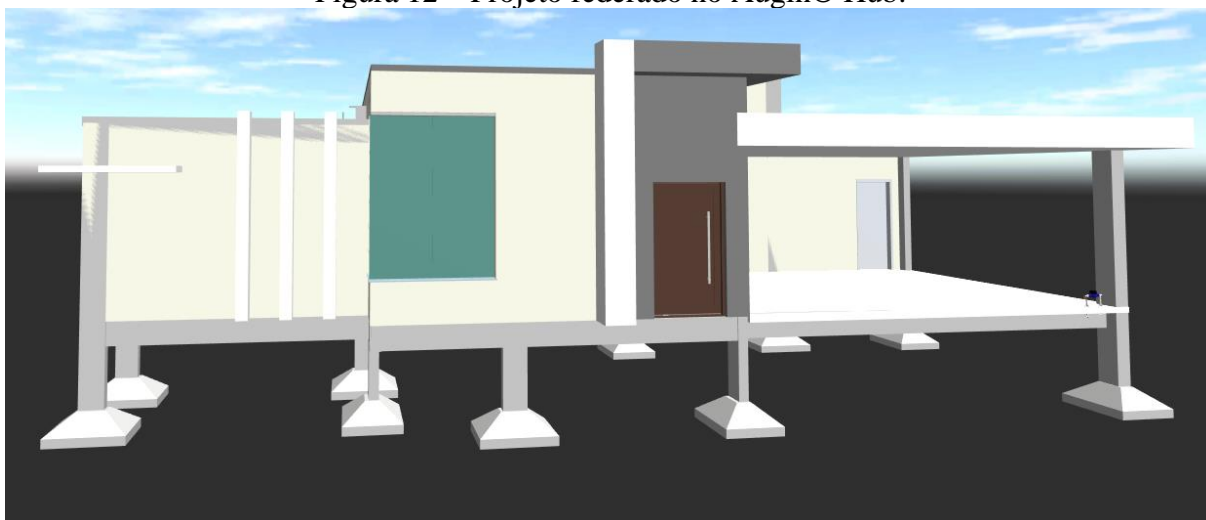
Figura 11 – Criação do projeto federado no Augin® Hub.



Fonte: Da Autora (2022).

Após criar o projeto federado visualizou-se o modelo em 3D englobando todas as disciplinas, por meio do Augin® Hub, como evidencia a Figura 12.

Figura 12 – Projeto federado no Augin® Hub.



Fonte: Da Autora (2022).

A partir da criação do projeto federado torna-se possível obter uma visão geral das disciplinas em conjunto e fazer várias análises de incompatibilização ainda no Augin® Hub. No entanto, para preparar o arquivo para ser visualizado em RA no Augin® App, ainda é necessário fazer o referenciamento do projeto, explicado com mais detalhes no próximo tópico.

3.2.1 Reference Tracker

O *Reference Tracker* é uma ferramenta necessária para referenciar o projeto no terreno. Sendo assim, foi inserido um ponto de referência dentro do projeto federado utilizado para representar o modelo no terreno de forma assertiva. A região escolhida para inserir o *Reference Tracker* foi no canto inferior à esquerda, na fachada do projeto arquitetônico - como mostra a Figura 13. A mesma imagem, disponibilizada no site da empresa, foi impressa para ser lida no terreno, como evidenciado na Figura 13a.

Figura 13 – Inserção do *Reference Tracker* no modelo.



Fonte: Da Autora (2022).

Figura 13a – *Reference Tracker* em formato PDF para impressão.



Fonte: Augin (2022).

O local escolhido para realizar a demonstração foi o campus sede da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um estacionamento amplo, localizado no Pavilhão 2 de aulas. A Figura 14 evidencia o local escolhido para a demonstração.

Figura 14 – Estacionamento do Pavilhão 2 – Campus sede da UFLA.



Fonte: Da Autora (2022).

A referência do modelo no local foi feita de forma apenas demonstrativa, uma vez que o projeto é de uma edificação que já foi executada. No entanto, em uma futura construção, utiliza-se, muitas vezes, a própria placa da obra para inserir o *Reference Tracker*. Ainda assim, pode-se, também, cravar uma estaca no terreno para inserção de tal recurso. Independentemente do método a ser utilizado para instalação da referência, é necessário atenção para que seja inserido em um ponto em comum tanto no projeto quanto em campo, garantindo a assertividade do referenciamento. Além disso, é de suma importância que o *Reference Tracker* seja fixado na vertical para garantir que o modelo seja inserido no terreno sem distorções.

3.2.2 Criação da Realidade Aumentada por meio do Augin App

Após a importação dos projetos no Augin *Hub* e juntamente a inserção do *Reference Tracker*, foi instalado no dispositivo móvel o aplicativo Augin App. O dispositivo utilizado foi um *Smartphone* Samsung Galaxy S20 FE. O aplicativo se encontra disponível para *download* na loja de aplicativos *Play Store* do sistema operacional Android.

O projeto federado criado no Augin *Hub* foi aberto no dispositivo móvel por meio do aplicativo, como mostra a Figura 15.

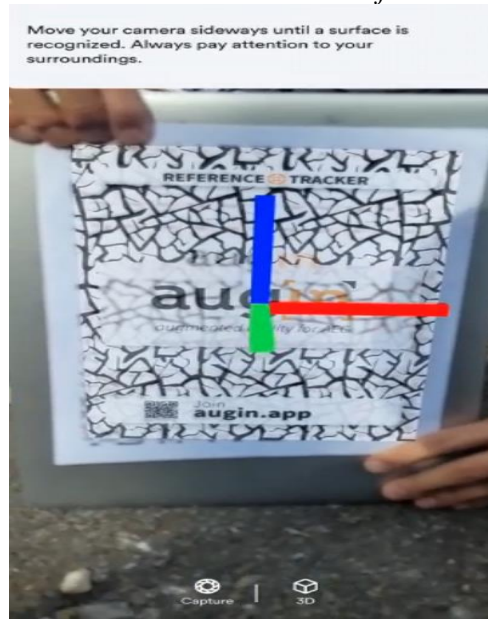
Figura 15 – Projeto Federado no Augin App.



Fonte: Da Autora (2022).

No canto inferior direito da Figura 15 visualiza-se o recurso “AR” disponível e por meio dele foi habilitada a visualização do projeto em Realidade Aumentada. Com o *Reference Tracker* inserido no local foi feita a leitura por meio do aplicativo e a partir desse momento realizou-se o reconhecimento e posicionamento do modelo, conforme referenciado na Figura 16. Na Figura 16a é mostrado o modelo já referenciado no local.

Figura 16 – Reconhecimento do *Reference Tracker*



Fonte: Da Autora (2022).

Figura 16a – Visualização do modelo referenciado.



Fonte: Da Autora (2022).

A partir deste momento é possível visualizar as informações do modelo e analisar possíveis incompatibilidades e particularidades da obra, que serão discutidas mais detalhadamente no próximo tópico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como citado no Item 3.2, por meio do programa Augin® Hub é possível ter acesso ao projeto federado. O *software* possui recursos que possibilitam análises e visualizações importantes, tais como o modo Avatar e o modo Drone.

4.1 Modo Avatar

O modo avatar é interessante pois por via dele se faz um passeio virtual por meio de um personagem personalizável. Dessa forma, o usuário consegue ter uma noção mais próxima da realidade ao poder visualizar os espaços de uma forma mais imersiva, como mostra na Figura 17.

Figura 17 – Passeio virtual dentro do Augin Hub.



Fonte: Da Autora (2022).

Ainda dentro do projeto federado, há a opção de filtragem dos projetos a serem visualizados. Dessa forma, tornam-se possíveis diversas possibilidades de visualizações entre projetos, como, por exemplo, desabilitar a arquitetura e visualizar os elementos dos projetos complementares de forma mais detalhada, como se evidencia na Figura 18.

Figura 18 – Visualização dos projetos complementares no Augin Hub.



Fonte: Da Autora (2022).

Sendo assim, nota-se que o Augin® Hub é um recurso complementar ao Augin® App na análise de projetos de forma imersiva, pois por meio do *software* analisa-se incompatibilidades entre as disciplinas e as corrige ainda em fase de desenvolvimento dos projetos. Como mostrado na Figura 19, é viável analisar uma incompatibilidade entre o projeto arquitetônico e o hidrossanitário, uma vez que a tubulação está elevada, comprometendo a circulação dos usuários e conflitando com paredes e esquadrias. Dada essa inconformidade, retornou-se ao projeto hidrossanitário e realizou a correção.

Figura 19 – Incompatibilidade entre o projeto arquitetônico e o hidrossanitário.



Fonte: Da Autora (2022).

Outra incompatibilidade encontrada no projeto federado se evidencia na Figura 20. A tubulação de esgoto está conflitando com a viga baldrame. Sendo assim, seria necessário

mover a tubulação ou informar ao projetista estrutural para analisar uma possível armadura de reforço, para que essa passagem fosse feita de forma correta e segura.

Figura 20 – Incompatibilidade entre o projeto estrutural e o hidrossanitário.



Fonte: Da Autora (2022).

4.2 Modo Drone

O modo Drone é outro artifício interessante disponível dentro do *software*. Utilizando esse recurso, é possível percorrer o projeto de forma mais dinâmica por meio de um drone virtual, sendo permitido visualizar o projeto de várias alturas e ângulos, sem barreiras físicas impostas no avatar, como mostra a Figura 21. Empregando o uso do drone, observou-se as passagens das tubulações hidráulicas e elétricas na laje do projeto estrutural.

Figura 21 – Visualização do projeto federado por meio do modo Drone.



Fonte: Da Autora (2022).

Por meio do Modo Drone visualizou-se o pavimento cobertura e seus elementos, tais como a caixa d'água, a fiação elétrica e a estrutura do pavimento superior.

4.3 Augin App

Fazendo uso do aplicativo Augin® App, realizou-se a simulação da RA, e por meio do *Reference Tracker*, o modelo foi referenciado em escala real, fixado no terreno conforme previsto. Os recursos de habilitar e desabilitar as disciplinas do Augin Hub também são disponíveis na versão *mobile*. Sendo assim, foi possível utilizar dessa ferramenta para visualizar o projeto de diversas maneiras no terreno. Na Figura 22 foi desabilitado o projeto arquitetônico para visualização dos complementares.

Figura 22 – Projeto federado visualizado em R.A.



Fonte: Da Autora (2022).

Assim que o projeto é mostrado na tela do *smartphone*, o modelo já está referenciado e fixado no local. Sendo assim, o usuário consegue caminhar pelo terreno e visualizar todo o projeto em detalhes, possibilitando saber a localização exata de cada componente. A visualização do modelo 3D em escala real faz com que o profissional tenha uma percepção diferente acerca do que ele precisará executar. Pode ser citada, como exemplo, a passagem dos conduítes do projeto elétrico. Sabendo a posição exata das peças estruturais e das tubulações hidráulicas, há uma chance menor de erros no momento da execução.

Rankohi e Waugh (2013) conduziu uma pesquisa bibliográfica qualitativa e identificou vários recursos benéficos por meio da tecnologia de Realidade Aumentada no setor da construção, como visitas virtuais ao local, além de se poder comparar o projeto previsto com o realizado, antecipando possíveis alterações no cronograma.

Os projetos atuais são enviados para o canteiro de obras de forma digital ou física por meio de representações em duas dimensões. Portanto, mesmo que tais arquivos fossem enviados possuindo imagens 3D do projeto, não seria executável movê-los ou visualizá-los de diferentes ângulos e tamanhos. Dessa forma, a RA se torna uma importante ferramenta para auxílio na execução e complementação das informações do projeto executivo. Além disto, caso o engenheiro ou o responsável pela obra queira mostrar ao cliente como ficará a construção depois de pronta de maneira mais realista e tecnológica, esta é uma excelente forma de se fazer, pois utilizando essa ferramenta, o usuário é capaz de visualizar o projeto de forma imersiva, caminhar por dentro dos cômodos, possuir maior noção das dimensões dos espaços e detalhes arquitetônicos.

Cupershmid et al (2012) desenvolveram um aplicativo para simular marcações de um ambiente que sofreria reformas. Além de atingir o objetivo da pesquisa, os autores concluíram que a tecnologia de RA pode ser utilizada em diferentes momentos da etapa de projeto, tais como analisar a volumetria da edificação e implantação, além de ser útil em fases mais avançadas, podendo ser utilizada para *marketing* de vendas, possibilitando que os clientes visualizem a edificação, ainda virtual, no espaço físico.

Por meio do Augin® App, analisou-se uma incompatibilidade entre o projeto estrutural e o elétrico. Uma tomada se encontra no mesmo local do pilar. Portanto, o ideal é realizar a alteração da tomada de forma que seja instalada na alvenaria, para não comprometer a estrutura da edificação. Tal conflito se evidencia na Figura 23.

Figura 23 – Incompatibilidade entre a estrutura e o projeto elétrico

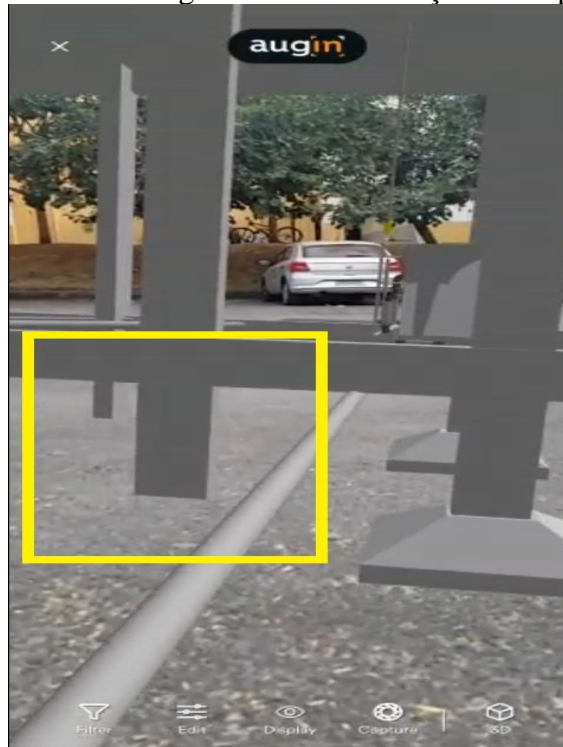


Fonte: Da Autora (2022).

Lin (2021) realizou entrevistas com profissionais da indústria com o intuito de saber suas opiniões a respeito da RA. Tais profissionais informaram que encontraram diversos usos para o recurso, tais como no controle de qualidade, detecção de conflitos e verificação dupla do trabalho que está sendo executado. Os entrevistados também afirmaram que a RA é uma ferramenta revolucionária que simplifica a execução e aumenta a eficiência na construção

Durante a utilização do aplicativo, foram notadas algumas imprecisões na representação do modelo, como, por exemplo, o não aparecimento de algumas sapatas da fundação, mostrado na Figura 24. Tal detalhe pode ter se dado por conta do *Reference Tracker* não estar totalmente alinhado à vertical.

Figura 24 – Divergência na renderização das sapatas.



Fonte: Da Autora (2022).

A representação da edificação no ambiente real foi satisfatória e ajudou na compreensão do modelo. Apesar de ter apresentado algumas imprecisões de exibição, o projeto se manteve fixado no terreno como previsto e foi possível caminhar por toda a área, observando detalhes das tubulações, estrutura e instalações elétricas. A visualização em escala real foi interessante para se ter uma melhor noção espacial a respeito das dimensões da edificação. A RA permitiu uma interação mais próxima com o projeto se comparado à visualização apenas na tela do computador ou impresso em folha.

Em um estudo de caso desenvolvido na Universidade de Coimbra, modelou-se uma estação ferroviária e demonstraram-se as vantagens da Realidade Aumentada. De acordo com Clemente e Cachadinha (2012), todos os profissionais responsáveis pelo empreendimento mencionaram que o fato de se poder visualizar o que será feito de várias perspectivas é de grande ajuda. Além disso, profissionais envolvidos na pesquisa descreveram a forma como o projeto fora visualizado em RA como “um mapa 3D do que não estava à vista durante o decorrer dos trabalhos”, além de que “permitiu poupar tempo na obra, pois evitou erros e redundâncias nos trabalhos”.

Wang et al (2013) investigaram o potencial da metodologia BIM e da tecnologia da RA e propôs um plano de trabalho que integra o BIM e Realidade Aumentada para o uso na construção. Os autores identificaram sete áreas onde o BIM e a RA podem ser integrados e usados no local, além de concluir que este recurso se tornará uma ferramenta digital para os trabalhadores da construção civil.

Schranz (2021) apresentou como a RA pode ser útil em processos de vistoria de construções. Fiscais e autoridades da prefeitura ou órgãos específicos podem utilizar dessa tecnologia para verificar, com alta precisão, se a execução está seguindo conforme projetado. Considerando que muitos projetos já são entregues no formato BIM, principalmente em obras públicas, a implementação da RA no contexto das fiscalizações poderia ser facilmente realizada. Além disso, o autor ainda expõe que com a ajuda da RA, por meio da representação em escala real, um projeto de edifício de múltiplos pavimentos podem ser visualizado no canteiro e comparado com as construções ao redor, tornando mais fácil para as pessoas envolvidas compreender o impacto que um novo empreendimento terá naquela região.

Ishida et al (2015) realizaram pesquisas de forma a analisar diferentes formatos de arquivos utilizados nos aplicativos de RA com foco no ensino de engenharia e arquitetura. Tal pesquisador concluiu que as ferramentas de Realidade Aumentada são ótimas formas de se trabalhar com dinamismo e clareza. A partir do conceito em que se pode segurar um marcador e com ele manipular com as próprias mãos um objeto 3D, isso favorece o processo de ensino em engenharia. A partir daí, torna-se mais dinâmico o esclarecimento de pontos importantes do projeto e análise de detalhes de forma rápida.

5. CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como premissa a apresentação da tecnologia de RA– como complementação a modelagem BIM – de forma a ser utilizada para conectar a tecnologia até então sólida dos escritórios para os canteiros de obras. Além disso, expôs utilização do QR Code como uma opção mais inovadora e sustentável no acesso aos projetos dentro do canteiro. O intuito da monografia foi apresentar tecnologias inovadoras que fazem uso do *smarthphone*, sendo um dispositivo muito difundido e popular entre as pessoas, com o objetivo de introduzir tais ferramentas de forma a otimizar tempo e evitar retrabalhos no momento da execução dos projetos, além de serem úteis em outros setores ligados à construção.

O potencial de utilização da RA na construção civil é amplo. Além de poder ser utilizada no auxílio aos profissionais no momento da execução, tal recurso também pode ser útil para apresentar o projeto aos clientes. Outro setor em que há a possibilidade de implantação da RA é a área de fiscalização das construções e verificação do projeto aprovado na prefeitura com o executado (*as built*). Além disso, a Realidade Aumentada tem potencial de ser um importante recurso no ensino da engenharia e arquitetura dentro da universidade, uma vez que os alunos podem visualizar os projetos de forma mais dinâmica e detalhada e caminhar pela futura construção. A possibilidade de analisar a representação da edificação de forma mais minuciosa e imersiva e ainda em escala real torna a interação do profissional com o projeto muito mais dinâmica.

O uso do QR Code para acesso aos projetos traz a tecnologia do código que já vêm sendo difundida em outros setores da indústria para dentro do canteiro de obras. Além de trazer economia na utilização de papéis, tal ferramenta proporciona maior organização e diminuição das chances de erros na execução, pois, por meio da leitura do código, os profissionais terão em mãos o projeto atualizado, sem a necessidade de reimpressão. A utilização desse recurso é ainda mais válida em edifícios de múltiplos pavimentos, pois os projetos podem ser organizados por andares e dessa forma cada pavimento possui seus próprios códigos QR, facilitando para os profissionais o acesso e consulta. Vale lembrar que é necessário a substituição do projeto na plataforma por parte dos projetistas e gestores sempre que houver alterações, para que haja êxito ao acesso às pranchas atualizadas pelos profissionais da obra.

Os *softwares* utilizados para realização do trabalho são de origem brasileira. Sendo assim, há uma vantagem perante aos concorrentes, uma vez que as outras empresas são de

países estrangeiros e são comercializados em moedas mais caras que a moeda nacional. Além disso, utilizar produtos de empresas nacionais incentivam o mercado brasileiro na melhoria contínua e busca pela inovação na indústria da construção civil.

No momento da inserção do modelo da construção no ambiente físico, houveram imprecisões na renderização, como discutido no Tópico 4.2 desse trabalho. Sendo assim, é necessário averiguar se problema se deu por conta de alguma irregularidade relacionada ao *Reference Tracker*. No entanto, apesar deste problema, a visualização do projeto em escala real proporcionou uma maior noção acerca das dimensões reais da edificação, além de analisar com maiores detalhes os projetos compatibilizados e as interações entre eles.

5.1 Sugestões de melhoria

Após ter realizado a demonstração da RA e analisado os resultados, foi observado aspectos que podem ser melhorados para trabalhos futuros. Portanto, sugere-se os seguintes complementos e detalhes:

- Melhoria na modelagem do projeto hidrossanitário, de forma que as tubulações sejam exportadas em cores diferentes para facilitar no momento da visualização em RA;
- Melhoria na inserção de mobiliário e detalhes arquitetônicos no projeto com o objetivo de incluir a análise e visualização da decoração dos cômodos e aspectos estéticos da construção;
- Utilização de *software* específico para modelagem do projeto estrutural, de forma que seja incluído na visualização da estrutura as armaduras das peças, contribuindo para análises mais detalhadas do modelo;
- Melhoria na fixação do *Reference Tracker* para garantir a boa representação do modelo e com maior acurácia.

REFERÊNCIAS

- AKULAR. Virgínia, 2019. Disponível em: <https://www.akular.com/>. Acesso em 04 de ago. 2022.
- AUGIN. Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://augin.app/en/>. Acesso em 30 de jul. 2022.
- AZHAR, S. *et al.* **Building information modeling (BIM): Benefits, risks and challenges.** Auburn: *The ASC International Proceedings of the Annual*, 2008.
- BABIC, N. *et al.* **Integration of production and construction resources using BIM.** Maribor: *Automation in Construction*, Elsevier, 2009.
- BIMBER, O.; RASKAR, R. **Spatial Augmented Reality: merging real and virtual worlds.** New York: Wellesley: A K Peters, Ltd, 2005.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. Decreto n.o 10.306, de 02 de abril de 2020. Lex: coletânea de legislação e jurisprudência, Brasília, 2020.
- BROLL, W. *et al.* Arthur: A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning. **Journal of Virtual Reality and Broadcasting**, Sankt Augustin. v. 11, n. 06, 2005. p. 722-733.
- CALDERON, C.; BRIOSO, X. **Lean, BIM and Augmented Reality applied in the design and construction phase: A literature review.** Lima: *Internacional Journal of Innovation, Management and Technology*, 2018.
- CHEN, K. *et al.* **Bridging BIM and Building: From a literature review to an integrated conceptual framework.** Honk Kong: *Internacional Journal of Project Management*, 2015.
- CLEMENTE, J.; CACHADINHA, N. **Building Information Modeling como ferramenta de visualização de Realidade Aumentada em obras de reabilitação – Um caso de estudo.** Coimbra: Congresso Construção, 4.: ITeCons, 2012.
- COELHO, E. S. Tecnologia BIM: Conceitos, processos de implementação e relações com o princípio da sustentabilidade. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.** São Paulo. v. 23,, n. 10, 2020. p. 114-121.
- CONSTRUCODE. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://site.construcode.com.br/>. Acesso em 04 de ago. 2022.
- CUPERSCHMID, A. *et al.* **Tecnologias que suportam Realidade Aumentada empregadas em Arquitetura e Construção.** Rio de Janeiro, 2012.
- DARF DESIGN. Londres, 2012. Disponível em: <https://www.darfdesign.com/arki.html>. Acesso em 04 de ago. 2022.

- DEMIR S. *et al.* Usage level and future intent of use of quick response (QR) codes for mobile marketing among college students in Turkey. In.: *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. **3rd International Conference on Leadership, Technology and Innovation Management**. 3. Ed. Turquia, 2015. p. 405-413
- GAMMA AR. Luxemburgo, 2021. Disponível em: <https://gamma-ar.com/>. Acesso em 04 de ago. 2022.
- HENDERSON, S.; FEINER, S. Exploring the benefits of Augmented reality documentation for maintenance and repair. In.: *IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics*. **Issue 10**. Vol. 17. Nova York, 2010. p. 1355-1368.
(ISO 10303-21).
- ILSEN, M. B. *et al.* **Indicadores de inovação nas empresas de construção civil de Santa Catarina que aderiram ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H)**. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2014.
- ISHIDA, Y. *et al.* **Realidade Aumentada: tecnologias inovadoras para o ensino em engenharia e arquitetura**. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2015.
- JOON-SOO, K. **Image processing and QR Code Application Method for Construction Safety Management**. Kyubgpook National University, Daegu, Coreia do Sul, 2021.
- JUNIOR, F. Inovação Tecnológica e modernização na indústria da construção civil ao longo do tempo. **Revista Ciência Praxis**. Rio de Janeiro. v. 1 n. 02, 2008.
- JUNYONG A. *et al.* **QR Code implementation to reduce unnecessary procedures in Material Handling**. *Construction Research Congress*. Iowa State University. Iowa, 2019.
- LIN, J. **Augmented reality use in construction – A case study in the Industry**. California Polytechnic State University. California, 2021.
- LOIJENS, L. **Augmented reality for food marketers and consumers**. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 2017.
- NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**. Vol. 3, No 1. Porto Alegre, 2003. p. 69-81.
- RANKOHI, S.; WAUGH, L. **Review and analysis of augmented reality literature for construction Industry**. University of New Brunswick. New Brunswick, Canada, 2013.
- SIDDHANT, A. **Review on Application of Augmented Reality in Civil Engineering**. Amity University. Lucknow. Índia, 2016.

- SIQUEIRA, F.; ROCHA C. **A difusão de inovações tecnológicas como estratégia da oferta do mercado da construção civil em Natal/RN**. 2016. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- SCHRANZ, C. *et al.* Potentials of Augmented Reality in a BIM Based Building Submission Process. **Journal of Information Technology in Construction**. Vienna, 2021.
- SHIN, H.; DUSTON, P. Identification of application áreas for Augmented Reality in industrial construction based on technology suitability. In.: *Automation in Construction*. Elsevier. Purdue University. West Lafayette, 2008.
- TIWARI, S. An introduction to QR Code Technology. In.: *International Conference on Information Technology*. SoftEthics Technology. Jabalpur, 2016.
- THOMAS, B. H. The future of Augmented Reality Gaming, Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design. In.: IGI Global. **Idea Group Pub**. University of South Australia. Adelaide, 2006.
- TORI, R. *et al.* **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. 1. ed. Belém. Editora SBC. 2006.
- VASCONCELOS, I. Construção Civil superou todas as expectativas e cresceu 9,7% em 2021. In.: *Informativo Econômico*. **Revista CBIC**. Belo Horizonte, 2022.
- VISUAL LIVE. Phoenix, 2021. Disponível em: <https://visuallive.com/>. Acesso em 04 de ago. 2022.
- WANG, X. *et al.* **An empirical case study on designer's perceptions of augmented reality within na architectural firm**. In.: *Electronic Journal of Information. Technology in Construction*. University of South Australia. Adelaide, 2008.
- WANG, X. *et al.* **A conceptual Framework for Integrating Building Information Modeling with Augmented Reality**. Maribor: *Automation in Construction*, Elsevier, Vol. 34, No 1. Adelaide, 2013. p. 37-44.
- ZEVI, B. **A representação do espaço**. In: **Saber ver a arquitetura**. In.: WMF Martins Fontes. São Paulo, 2009. p.29-52.