

USO DA REALIDADE MISTA NA CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES E OBRAS DE ARTE

USE OF MIXED REALITY IN THE CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF
BUILDINGS AND WORKS OF ART

Victor Lucas Teodosio Sabino

vltts@discente.ifpe.edu.br

Prof. Ronaldo Faustino

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

Este artigo fala sobre o uso da Realidade Mista na construção e manutenção de edificações e obras de arte, conceito que mescla elementos do mundo real (físicos) com os da realidade virtual (como videogames ou simulações), fazendo com que objetos, menus e ferramentas físicas e virtuais possam ser utilizados normalmente com gestos. A tradução de desenhos em uma estrutura não é uma tarefa fácil. Envolve várias etapas de identificação de diferentes estruturas, elementos e, posteriormente, construí-los. Uma vez que o projeto está previsto em fases, pode acontecer que os erros possam surgir em várias fases. Como a tecnologia cria uma imagem virtual da estrutura, ajuda a eliminar esses erros. A tecnologia de Realidade Mista (RM) é útil para construção e manutenção de edificações e obras de arte. O objetivo deste artigo foi apresentar de forma simples, como a tecnologia de Realidade Mista (MR), pode ajudar aqueles que projetarão, construir, reformar ou realizar atividades de manutenção de edificações e obras de arte, contribuindo, para despertar nos profissionais o potencial de uso nestes processos, bem como das possibilidades de treinamento para os profissionais da área fazendo uso dessas ferramentas, mostrando como a manutenção e execução de obras pode ser melhorada com o uso desta tecnologia, bem como pode ser útil para o treinamento de trabalhadores. A partir da leitura de artigos científicos, relatórios e notícias de sites especializados em tecnologia e construção civil, bem como vídeos demonstrativos, foi possível descrever a partir das experiências dos usuários e desenvolvedores, formas diferentes de como a RM foi inserida em campo, mostrando como a realidade mista pode aumentar a produtividade e dar de forma literal, uma nova forma de visualização e interação com os mais diversos elementos arquitetônicos, estruturais, de instalações, entre outros. A tecnologia de realidade mista deve ser encarada como uma ferramenta para aumento de produtividade na indústria da construção civil, ela traz uma nova perspectiva para a execução e elaboração de obras e projetos como um todo, reduzindo tempo, custos a médio e longo prazo atrelada ao BIM. Também deve ser encarada como uma nova maneira de treinar os profissionais, entregando aprendizado à distância e segurança para aqueles que estão necessitando de treinamento.

Palavras-chave: Realidade Mista. Construção. Treinamento.

ABSTRACT

This article talks about the use of Mixed Reality in the construction and maintenance of buildings and works of art, a concept that mixes elements of the real world (physical) with those of virtual reality (such as video games or simulations), making objects, menus and tools physical and virtual can be used normally with gestures. Translating drawings into a framework is not an easy task. It involves several steps of identifying different structures, elements and later building them. Since the project is planned in phases, it can happen that errors can arise in several phases. As the technology creates a virtual image of the structure, it helps to eliminate these errors. Mixed Reality (MR) technology is useful for the construction and maintenance of buildings and works of art. The objective of this article was to present in a simple way how the Mixed Reality (MR) technology can help those who will design, build, renovate or carry out maintenance activities for buildings and works of art, contributing to awaken in professionals the potential of use in these processes, as well as the training possibilities for professionals in the area using these tools, showing how the maintenance and execution of works can be improved with the use of this technology, as well as it can be useful for the training of workers. From the reading of scientific articles, reports and news from websites specialized in technology and civil construction, as well as demonstrative videos, it was possible to describe from the experiences of users and developers, different ways in which RM was inserted in the field, showing how mixed reality can increase productivity and literally give a new way of viewing and interacting with the most diverse architectural, structural,

installation elements, among others. Mixed reality technology should be seen as a tool to increase productivity in the construction industry, it brings a new perspective to the execution and elaboration of works and projects as a whole, reducing time, costs in the medium and long term. to BIM. It should also be seen as a new way of training professionals, delivering distance learning and security for those who are in need of training.

Keywords: Mixed Reality. Building. Training.

1 INTRODUÇÃO

Os projetos na construção são uma das primeiras etapas do processo construtivo, tendo papel fundamental na qualidade da produção de edifícios, pois é nesta etapa do processo que serão definidas as organizações dos espaços, bem como as tecnologias a serem utilizadas na fase executiva(RUFINO,2017).

Os projetos têm papel essencial no que diz respeito à construção civil, são eles que definem como deve ser a obra, estrutura, as fundações, passando por instalações hidráulicas, elétricas, projeto para moldes de concreto, dentre tantos tipos de projeto. Com o passar do tempo os projetos deixaram de ser grandes documentos desenhados à mão sendo levados ao computador graças a ferramentas computacionais.

A partir dessas ferramentas, é possível realizar a superposição de projetos em 2D e 3D, ilustrando interferências no projeto sob a ótica de uma mesma plataforma, que podem validar um projeto em fases iniciais, caso os profissionais envolvidos possuam bom conhecimento do assunto (OSCAR,2016).

Entretanto, os documentos de papel ainda fazem parte dos canteiros de obra, uma vez que, o uso do computador fica restrito, por muitas vezes, aos escritórios, por uma questão de portabilidade em campo, de maneira geral, exigindo conhecimento e experiência dos profissionais que vão executar uma obra.

Indo adiante, o próximo ponto a ser analisado é o BIM, Building Information Modelling ou Modelagem da Informação da Construção, tecnologia aplicada nos projetos 3D, fornecendo de forma detalhada, características físicas do projeto, tais como espessura de uma parede, a marca de um porcelanato, o diâmetro das tubulações, bitola dos cabos das instalações elétricas, diâmetro, comprimento das tubulações, dentre outras informações, trata-se de metodologia que trabalha integrada, junto à realidade mista, é capaz de expandir a gestão de instalações, manutenção e operações, uma vez que essa tecnologia, faz com que seu usuário possa interagir com os elementos virtuais do modelo em BIM, como se fossem hologramas, ou seja as informações serão visualizadas com o usuário imerso no projeto.

A realidade mista, também conhecida como realidade híbrida, realidade misturada, conceituada por alguns autores como

Realidade Aumentada, é o conceito que mescla elementos do mundo real (físicos) com os da realidade virtual (como videogames ou simulações), fazendo com que objetos, menus e ferramentas físicas e virtuais possam ser utilizados normalmente com gestos (GOGONI,2019).

O primeiro produto a utilizá-la foi o HoloLens da Microsoft, um HMD (Head-mounted display) com diversos sensores avançados, para uso por empresas, indústrias e desenvolvedores de grande porte (GOGONI,2019).

A Realidade Mista, é uma ferramenta que entrega aos profissionais da área uma nova visão para construção e a manutenção de uma edificação, fornecendo a capacidade de visualizar de forma holográfica o que ainda não está construído, fornecendo uma ideia de como deve ser a execução dos elementos projetados. Isso permite uma comparação do que já foi executado como o que está planejado para cada área. A interpretação de desenhos, por vezes, pode não ser tão fácil, é necessário analisar cuidadosamente os detalhes de maneira a garantir que os diferentes elementos (estruturais, fundações, instalações) estejam em conformidade com o que foi projetado, bem como, se faz necessário identificar possíveis erros. Outra questão diz respeito à manutenção, que possui um custo, necessitando ser assertiva, seja corretiva, preventiva ou preditiva, de forma a minimizar possíveis gastos, com intervenções que venham a se estender demais, como por exemplo, ao destruir uma parede, para sanar um vazamento em uma instalação hidrosanitária. Outra situação é a de treinamento de profissionais, haja vista que há grande quantidade de acidentes na construção civil, por choque de trabalhadores com objetos e eletrocussão, se faz necessário a adoção de medidas, que possam minimizar esses problemas. A tecnologia de Realidade Mista(RM) é apresentada como uma maneira de trazer ganhos de produtividade, tanto para construção, quanto para manutenções edificações e obras de arte, bem como fator que pode contribuir para redução de acidentes.

O objetivo deste artigo foi apresentar como a tecnologia de Realidade Mista (RM), pode ajudar aqueles que irão projetar, construir, reformar ou realizar atividades de manutenção de edificações e obras de arte, contribuindo para despertar nos profissionais o potencial de uso nestes processos, bem como das

possibilidades de treinamento para os profissionais da área fazendo uso dessas ferramentas, fazendo uso dessa ferramenta, mostrando como a manutenção e execução de obras pode ser melhorada com o uso desta tecnologia, bem como pode ser útil para o treinamento de trabalhadores.

A metodologia utilizada, trata-se de pesquisa bibliográfica, com a leitura de artigos científicos contendo estudos de caso, relatórios e notícias de sites especializados em tecnologia e construção civil, bem como vídeos disponibilizados em plataformas como o Youtube, foi possível, a partir das informações apuradas, a elaboração deste artigo, apresentando como essa inovação pode aumentar a produtividade e dar, de forma literal, uma nova forma de visualização e interação com os mais diversos elementos arquitetônicos, estruturais, de instalações, entre outros.

2 REALIDADE MISTA

A Realidade Mista ou Misturada está em um plano maior que a realidade aumentada, sendo também nomeada por alguns autores como realidade aumentada, propriamente dita, entretanto a RM ou "Mixed Reality", possui uma interação espacial dos elementos espaciais com o mundo real, em vez de se apresentarem como elementos "flutuantes" sobre a perspectiva do mundo real (COLES,2020).

Figura 1 - Dissociação das Realidades: mista, aumentada e virtual



Fonte: Microsoft (2022)

A realidade mista usa elementos 3d holográficos, pontos de ancoragem e mãos livres, permitindo a interação de elementos tridimensionais, dados, instruções e colaborações virtuais (BROWN, LUK, SON E CASILDO,2021).

O dispositivo de maior destaque em termos de Realidade Mista, é o Hololens, sua primeira versão foi lançada em 2016 e a segunda em 2019, trata-se de um óculos, que é controlado através de gestos e voz, é chamado de "computador holográfico", pois dá ao usuário, a possibilidade de interagir com hologramas que são criados no campo de visão, outra característica que justifica esse nome, é devido ao seu sistema operacional uma versão do Windows 10.

Figura 2 - representação de uso em grupo do hololens



Fonte: Microsoft (2022)

Esse headset é considerado um dispositivo de nicho, uma vez que a Microsoft trabalha para entregar o hardware para as indústrias automotiva, aeronáutica, aeroespacial, construção civil, militar, médica, bem como pode ser utilizado para fins educativos.

Figura 3 - Uso do headset em pesquisa médica



Fonte: Microsoft (2018)

Figura 4 - Uso do headset no treinamento militar



FORNTE: CIBERSISTEMAS (2022)

3 BIM

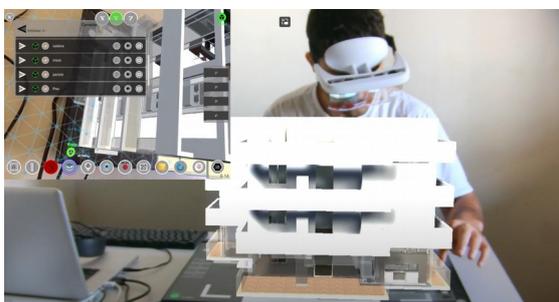
O BIM (Building Information Modeling), em tradução livre como Modelagem da Informação da Construção é uma plataforma, que usa softwares de dados em formato digital, com todos os aspectos

a serem considerados em projetos edificações e obras de arte, possibilitando a construção de modelo visual tridimensional (NUNES, CARVALHO, ALVES, FERREIRA, MOURA e CARRIJO, 2017).

O BIM pode ser 3d, que é voltado para o modelo tridimensional, 4d para gerenciamento de cronograma e acompanhamento de obra, 5d para quantificação e descrição dos elementos construtivos ,gerando planilhas em tempo real,é voltado a orçamentação, o 6d está ligado às instalações ,oferecendo maior sustentabilidade nas relações da geometria com sua base de dados, o 7d está ligado ao monitoramento do consumo energético desde sua construção, oferecendo aqueles que estão projetando e construindo, uma base direcionada ao uso de energia limpa como eólica e solar.

Partindo dessas possibilidades a realidade mista pode trabalhar integrada ao BIM, trazendo ao campo , para além das telas dos computadores, as informações da metodologia, como por exemplo, a análise detalhada do modelo 3d, com a possibilidade de identificação de possíveis erros, pela possibilidade de interagir com o modelo de forma tridimensional, ou seja visualizar o 3d de forma holográfica, uma das possibilidades é a integração com o 7D, voltado à manutenção, é possível localização de componentes no edifício, gestão de espaços, acesso a dados em tempo real, controle e monitoramento energéticos, podendo estar associados ao uso de sensores, manutenção/Intervenção corretiva(de emergência), planejamento de manutenção preventiva.

Figura 5 - Ilustração de exploração de um modelo 3D arquitetônico contendo informações, com uso do BIM.



Fonte: Canal Interactive XP – Youtube (2021)

4 ORIENTAÇÃO ESPACIAL

Normalmente, os aparelhos de realidade mista, em ambientes externos, não funcionam muito bem para criação da experiência, em que o usuário necessita de uma localização exata no mundo

real, óculos como o Microsoft HoloLens, nesse tipo de caso não é recomendado para ser usado em um cenário ao ar livre (PRASCHL,KRAUSS E ZWETTLER,2018).

No caso do HoloLens da Microsoft a restrição são os sensores de profundidade, que são basicamente sensores infravermelhos, com alcance aproximado de três metros,

Estes sensores permitem que o dispositivo MR insira objetos virtuais no mundo real e corrija-os de forma estável usando recursos exclusivos das informações ambientais. Por causa desta limitação de 3 metros, o HoloLens não consegue encontrar características em distâncias maiores para objetos reais e assim não consegue posicionar e associar os elementos virtuais com o ambiente real em cenários ao ar livre.

Além disso, essas câmeras de percepção de profundidade infravermelha são incapazes de posicionamento ao ar livre devido ao ambiente infravermelho durante o dia.

Outro exemplo é o Meta 2 da Metavision que não é um dispositivo autônomo como o Microsoft HoloLens e, portanto, só pode ser usado em combinação com uma poderosa placa de vídeo / computador, que é um problema em termos de uso ao ar livre.

Esta falta de possibilidades para determinar a posição em cenários ao ar livre do mundo real e a orientação de dispositivos AR atuais resulta na necessidade de algumas abordagens complementares. (PRASCHL,KRAUSS E ZWETTLER,2018).

Para isso pode ser utilizado o GPS que fornece dados de localização unidirecional até uma precisão de cerca de 5 metros que podem ser recebidos por receptores GPS em quase qualquer lugar da Terra. Devido a essas características este sistema é adequado para aplicações exteriores em quase todas as formas (PRASCHL,KRAUSS E ZWETTLER,2018), podendo ser utilizado com o RTK (Real Time Kinematic) ,que é baseado na transmissão em tempo real de dados contendo a correção espacial, de receptores instalados adjacentes aos emissores,como se fossem vértices.

Sendo assim, é possível proporcionar ,em tempo real, coordenadas precisas dos vértices levantados.

Para ambientes internos, é possível fixar um ponto de referência para referenciar os elementos virtuais no ambiente real.

5 REALIDADE MISTA PARA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES E OBRAS DE ARTE

Neste ponto, serão apresentados alguns casos onde a realidade mista foi utilizada para a construção, exemplos práticos de como a tecnologia foi crucial para a execução das obras.

Figura 6 - Trabalhador em canteiro utilizando Hololens



Fonte: Canal ColonialWebb – Youtube (2018)

Um caso importante é o da Bowen Engineering, empresa de Indianápolis, Indiana, que atua na construção de plantas de água, esgoto e energia, sendo 80% de seus trabalhos voltados para Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado(HVAC).

No estudo de caso publicado pela Trimble, é exposto como a Bowen tem um trabalho difícil, com ambientes repletos de infraestrutura, percorrendo espaços apertados, buscando soluções para evitar conflitos com a estrutura já existente, sendo assim, quando investiram no Trimble XR10, plataforma desenvolvida em parceria da Microsoft com a própria Trimble Inc, para levar a realidade mista para a construção civil, na publicação, Jared Redelman, representante da empresa, afirma que eles são capazes de percorrer um canteiro de obras, antes mesmo do início da construção destas, que esta capacidade tornou-se um divisor de águas para a equipe.

No caso desta empresa, em um projeto do Missouri, foi preciso a execução de novas tubulações, ao utilizar o Trimble XR10 e o Trimble Connect, software que funciona em nuvem utilizando o BIM, foi encontrado um conflito do aço estrutural e uma válvula, no modelo 3D, como o conflito foi identificado antes mesmo da construção, eles corrigiram o conflito no modelo, garantiram a precisão do projeto e evitaram todo o desgaste da equipe responsável e um possível gasto para fazer uma correção em campo.

Em outro projeto em Indiana, a empresa estava trabalhando em prédio de estrutura metálica pré-fabricada, que incluía uma tubulação de climatização, que percorreria duas colunas de aço verticais, diante deste cenário a equipe percorreu o local com o XR 10, notando uma série de conflitos entre os dutos e o aço estrutural, como por exemplo, dutos que teriam parte de sua extensão ao lado da coluna pelo lado externo do edifício, além disso, quando os elementos de aço do edifício foram modelados, o modelo não refletiu vários pequenos suportes de aço que corriam em um ângulo de 45 graus das colunas verticais de volta às paredes externas. A empresa pode corrigir os conflitos ainda no projeto, antes mesmo que qualquer duto fosse produzido.

Figura 7 - ilustração do modelo em 3d dos dutos pela Bowen em RM.



Fonte: Canal Trimble Map – Youtube (2018)

Um estudo de caso sobre o uso da realidade mista realizado por DaValle, Austin e Alzar(2022), focado na montagem de um banheiro "fictício", dividindo as equipes de montagem em duas, uma utilizando os projetos impressos, chamado de "grupo controle" e outro utilizando a realidade mista, chamados de time RM, equipados com o Hololens 2, com o aplicativo Sketchup Viewer.

O processo que antecede o experimento, começa com os desenhos das instalações elétricas e hidrossanitárias do banheiro, carregamento dos desenhos no Hololens, teste com a montagem das instalações e por fim a comparação dos resultados, verificando a produtividade das equipes.

Depois da execução dos serviços com os membros das equipes foram preenchidos questionários, onde 77% dos participantes,

consideraram a RM uma ferramenta extremamente eficaz, 100% deles afirmaram que o uso desta tecnologia é mais eficaz que o projeto em papel.

Entretanto, a pesquisa apontou alguns problemas como dificuldade para ancoragem do projeto no mundo real, que acabou por prejudicar a montagem do projeto; o brilho do modelo, que não foi suficiente para visualização em condições de maior exposição da luz solar; fechamento do aplicativo Sketchup por 2 vezes.

Apesar deste fato, são realizadas recomendações como testar os modelos 3D usando outras tecnologias, expandir os grupos para profissionais da área, em vez de estudantes, utilizar mais de um HMD para ver o modelo e experimentar outros aplicativos de realidade mista, em comparativo ao Sketchup Viewer.

6 REALIDADE MISTA PARA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES E OBRAS DE ARTE

Nesse viés podemos abordar a possibilidade de reconstruir virtualmente, obras históricas, possibilitando que as pessoas possam interagir com antigas edificações, pontes antigas ou edificações históricas, sobrepondo um modelo tridimensional, sobre estrutura já existente, ou trazendo através de um scanner 3D, a estrutura como um todo numa escala reduzida, para análise em um ambiente corporativo, visualizando-o como ele é atualmente e como ele era antigamente, uma reconstrução virtual, que partindo deste ponto pode ser trabalhada uma revitalização da construção histórica. (BEKELE e CHAMPION, 2019).

Um caso de construção histórica é da ponte James J. Hill Stone Arch Bridge em Mineápolis, Estados Unidos. Engenheiros do Collins Engineers, trabalhando em parceria com o Departamento de transporte de Minnesota, estão usando drones equipados com scanners 3D, para realizar uma inspeção na ponte citada do século 19, os modelos gerados através do trabalho do drone, são levados para serem analisados, com o emprego do Hololens 2.

Figura 8 - uso de drone para captura de imagens que gerará o 3D.



Fonte: Engineering News-Record (2021)

Os Drones reúnem várias imagens e montam o que é chamado de "malha de realidade", que nada mais é que o modelo 3D da ponte que será utilizado no hololens, como consequência desse uso, foi constatado a redução da necessidade de deslocar equipes para realizar a inspeção da ponte in loco, que causou uma redução nesse custo de mobilização das equipes, como por exemplo, dado os riscos, necessidade de acesso, profissionais especializados para esse tipo de trabalho.

Figura 9 - Malha de realidade, visualização pelo óculos de RM.



Fonte: Canal Microsoft Cloud – Youtube (2021)

Além disso foi identificado a possibilidade de realizar anotações nos pontos onde são encontradas patologias, nessa "malha", fazer medições e compartilhar com outros engenheiros possíveis intervenções.

A partir dessa experiência, os drones, aliados aos óculos, estão sendo utilizados para inspecionar outras estruturas de difícil acesso, como torres de telecomunicações e de rede elétrica, com a ressalva que é necessário uma licença para operar drones na inspeção de pontes, no Minnesota.

Uma aplicação foi desenvolvida neste sentido ,o XBim Explorer, com o intuito de sobrepor o modelo virtual sobre o mundo real; preenchimento de formulário de danos, categorizando os tipos de danos encontrados em inspeção; atribuição de relatórios aos danos encontrados; associar fotografias e gravações de áudio aos danos encontrados.

Este utiliza-se da localização por aproximação manual, com o dispositivo carregando o 3d em escala 1:1 , o utilizador usa um elemento, como uma porta para referenciar o projeto com ao mundo real.

A aplicação mantém uma base de dados contendo possíveis patologias da construção civil, assumindo que o local possa ter acesso à internet indisponível.

Assim o usuário pode classificar os danos de acordo com a causa encontrada em campo.

A interação se dá pelo toque e o olhar do utilizador, ao fazer um gesto de arrasto, um menu holográfico é aberto contendo um formulário de danos, a anotação destes danos é anotada e sua coordenada é fixada à anotação para facilitar sua localização.

Seu uso pode ser aprimorado, mas desde já traz uma nova perspectiva para a manutenção de construções históricas.

7 REALIDADE MISTA PARA TREINAMENTO DE MÃO DE OBRA

Uma das grandes vantagens da realidade mista é a possibilidade de interagir à distância com as equipes, com a possibilidade de realizar videochamadas, com assistência de um especialista à distância, orientando a pessoa que está executando uma manutenção.

Um exemplo disso é a empresa Tom Rivers municipal Utilities authority, utilizando da RM, treina seus profissionais e bombeiros para possíveis inundações, mostrando uma sobreposição de toda a tubulação presente nas ruas, conexões de água, luz, esgoto, dados e outros "através do chão", este processo é possível através da utilização de Sistemas de informação geográficas (GIS). o que

facilita para que os profissionais possam ser assertivos em suas intervenções, uma vez que em situações de enchentes, seja possível bloquear a passagem de água e/ou desenergizar redes de energia subterrâneas, de modo a evitar um agravamento da situação, causando mais acidentes.

Figura 10 - Treinamento da Tom Rivers, utilizado a sobreposição virtual, que representa as tubulações por onde passam águas e energia.



Fonte: Canal Esri – Youtube (2017)

Outro estudo de caso foi realizado por BAIRAKITAROVA, OGUNSEIJU E AKANMU(2021) , que realizou uma pesquisa com vários profissionais da indústria da construção civil nos Estados Unidos, no intuito de avaliar o processo de aprendizagem de tecnologias sensoriais e de imagem, como scanner a laser, drones, identificação por radiofrequência e GPS, através da realidade mista.

Através de videoconferências no Zoom os usuários receberam tarefas como explorar operações, dependências, identificar recursos e riscos, selecionar sensores, suas funcionalidades e aplicações, operação dos scanners, drones e GPS.

No geral os participantes validaram a experiência, com ressalvas para o uso do scanner, uma vez que a experiência não está voltada exatamente para o uso deste em obra, como , por exemplo, levantamento de estoque.

Como resultado ficou explícito a importância deste tipo de treinamento para qualificar a mão-de-obra, antes do uso em campo dessas ferramentas, prevenindo os trabalhadores de possíveis riscos, o estudo revelou uma lacuna na qualificação dos

profissionais no uso das novas tecnologias sensoriais na construção civil, ou seja, a necessidade de fornecer a esses profissionais o conhecimento adequado para usufruir dessas tecnologias, levando em conta os riscos que existem em campo, sendo uma preparação para prevenir esses riscos, o treinamento prévio com RM.

A Petrobrás também utiliza essa tecnologia para realizar a comunicação dos profissionais que estão no continente com os profissionais que estão nas plataformas de petróleo(off-shore), orientando aqueles que estão em campo, a empresa evita um custo adicional de transporte e tempo, uma vez que é necessário o emprego de helicópteros para chegar até elas, como benefícios listados pela empresa: aumento na segurança e confiabilidade às operações, reduzindo riscos, perdas associadas a falhas operacionais, evitando também acidentes.

Figura 11 - funcionário da Petrobrás utilizando o Trimble XR 10, programa da empresa, utiliza orientação à distância para treinar e orientar funcionários que estão em plataforma off-shore



Fonte: Olhar Digital (2021)

É preciso salientar que para uso dessa tecnologia como ferramenta para treinamento de mão de obra, é preciso um período de adaptação aos trabalhadores que receberão esse treinamento, sendo necessário possuir certo conhecimento tecnológico, uma ambientação com a tecnologia.

Um problema a ser exposto é que parte dos usuários afirmam ter sentido desconforto, náusea ou tontura ao utilizar os equipamentos, bem como há um risco de acidente ao manusear

esse equipamento, pois os hologramas, podem ocultar possíveis obstáculos, causando eventuais acidentes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de realidade mista deve ser encarada como uma ferramenta que pode trazer economia a indústria da construção civil, ela traz uma nova perspectiva para a execução e elaboração de obras e projetos como um todo, reduzindo tempo, custos a médio e longo prazo atrelada ao BIM, por possibilitar a correção de erros ainda na fase de projeto e na execução da obra, atrelada à essa visão mais ampla, de caráter inovativo.

Também pode ser encarada como uma nova maneira de treinar os profissionais, entregando aprendizado à distância e segurança para aqueles que estão necessitando de treinamento, sendo necessário um período de adaptação e um prévio conhecimento de tecnologias de um modo geral, que pavimentam o uso da ferramenta com tal propósito.

O maior impeditivo à implantação desta tecnologia é seu elevado custo, no ano de 2022, custando milhares de dólares, sobretudo para pequenas e médias empresas, além da resistência da indústria da construção civil, sobretudo no Brasil, às inovações.

Outro ponto é a questão de saúde e ambiente, como mencionado anteriormente, há usuários que relatam desconfortos, náuseas e tonturas, bem como há um risco de acidentes, ao interagir com os elementos virtuais, sobrepondo a visão do que está de fato à frente do usuário, identifica-se riscos de acidentes, devido a obstáculos que ficam ocultos pela interação entre esses elementos no campo de visão do usuário.

Espera-se que no futuro a médio e longo prazo, estes recursos se tornem mais acessíveis e mais explorados pelos desenvolvedores, uma vez que trata-se de um produto de nicho, com a expansão da RM para um mercado de caráter mais comercial, tal fator deve possibilitar a expansão da RM em mercados emergentes, bem como baratear o acesso a essa tecnologia.

REFERÊNCIAS

- Bahri, H.; Krcmarik, D.; Moezzi, R.; Kočí, J. **Efficient use of mixed reality for bim system using microsoft HoloLens**. IFAC-PapersOnLine 2019, 52, págs.235–239. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896319327119#section-cited-by>. Acesso em 28 Out. 2022.
- BEKELE, MAFKERESEB KASSAHUN; CHAMPION, ERIK. **REDEFINING MIXED REALITY: USER-REALITY-VIRTUALITY AND VIRTUAL HERITAGE PERSPECTIVES**. Intelligent & Informed, Proceedings of the 24th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) , [S. l.], v. 2, 2019. 2019, Volume 2, 675-684. © 2019 and published by the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), Hong Kong.
- BRITO, C.; ALVES, N.; MAGALHÃES, L.; GUEVARA, M. **BIM MIXED REALITY TOOL FOR THE INSPECTION OF HERITAGE BUILDINGS**. In: THE INTERNATIONAL ANNALS OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 2019, ÁVILA, SPAIN. BIM MIXED REALITY TOOL FOR THE INSPECTION OF HERITAGE BUILDINGS [...]. [S. l.: s. n.], 2019. DOI https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2019ISPA42W6...25B/doi:10.5194/isprs-annals-IV-2-W6-25-2019. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019ISPA42W6...25B/abstract>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- BROWN, LUK, SON E CASILDO, **THE TOTAL Economic Impact™ Of Mixed Reality Using Microsoft HoloLens 2**. Forrester, [s. l.], 2021. Disponível em: https://3a%2F%2Fdownload.microsoft.com%2Fdownload%2Ffe%2F1%2F3%2Ffe1364937-5f62-4a0c-bb9e-664c270ad4fe%2FForrester-Total-Economic-Impact-Mixed-Reality-Microsoft-HoloLens-2_Cover.pdf&usg=AOvVaw2zcJiwWDhfVNVtr3JwO2Hf. Acesso em: 17 abr. 2022.
- COLES, Charlotte. **The market size of XR (virtual, augmented and mixed reality) is predicted to be over \$30Bn by 2030**. [S. l.], 2 set. 2020. Disponível em: <https://www.news3edad.com/2020/09/02/the-market-size-of-xr-virtual-augmented-and-mixed-reality-is-predicted-to-be-over-30bn-by-2030/>. Acesso em: 7 jun. 2022.
- DAVALLE, Austin; AZHAR, Salman. **An Investigation of Mixed Reality Technology for Onsite Construction Assembly**. In: MATEC WEB OF CONFERENCES 312, 2020, Auburn, USA. An Investigation of Mixed Reality Technology for Onsite Construction Assembly [...]. [S. l.: s. n.], 2020. DOI <https://doi.org/10.1051/mateconf/202031206001>. Disponível em: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2020/08/mateconf_epmm2018_06001.pdf. Acesso em: 11 jun. 2022.
- GOGONI, Ronaldo. **O que é a tal realidade mista da Microsoft?**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-a-tal-realidade-mista-da-microsoft/>. Acesso em: 13 out. 2021.
- GOMES GÉLIO, L. IGNÁCIO GIOCONDO CÉSAR, F. **UTILIZAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**. REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE - ISSN 2763-8928, [S. l.], v. 2, n. 2, p. e2262, 2022. DOI: 10.47820/acertte.v2i2.62. Disponível em: <https://acertte.org/index.php/acertte/article/view/62>. Acesso em: 28 out. 2022.
- Gomes, Luís Miguel Pinto Silva. **Realidade Virtual e Prevenção de Acidentes** - Pesquisa. July 2020. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/128081/2/410630.pdf>. Acesso em: 28 Out. 2022.
- JUNQUEIRA, Bruno Pires. **APLICAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA NOS EMPREENDIMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação, Engenharia Civil) - UFRJ -Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/projpoli10034409.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- KOUCH, Keang Ang; PANUWATWANICH, Kriengsak; SANCHAROEN, Pakawat; SAHACHAISAREE, Somporn. **Development of Augmented Reality Application for Onsite Inspection of Expressway Structures Using Microsoft HoloLens**. Journal of Construction in Developing Countries, [s. l.], 2020. DOI 10.21315/jcdc2021.26.2.5. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356883033_Development_of_Augmented_Reality_Application_for_Onsite_Inspection_of_Expressway_Structures_Using_Microsoft_HoloLens. Acesso em: 15 nov. 2021.

PRASCHAL, Christoph ; KRAUSS, Oliver ; ZWETTLER, Gerald Adam. / **Towards retooling the microsoft hololens as outdoor AR and MR device**. 17th International Conference on Modeling and Applied Simulation, MAS 2018. editor / Francesco Longo ; Agostino G. Bruzzone ; Fabio De Felice ; Marina Massei ; Francesco Longo ; Adriano Solis ; Claudia Frydman ; Marina Massei. DIME UNIVERSITY OF GENOA, 2018. pp. 126-135 (17th International Conference on Modeling and Applied Simulation, MAS 2018).

NUNES, Luis Eduardo Capistrano. **REALIDADE AUMENTADA E SUAS APLICAÇÕES NA ÁREA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**. In: NUNES, Luis Eduardo Capistrano. REALIDADE AUMENTADA E SUAS APLICAÇÕES NA ÁREA DE SEGURANÇA DO TRABALHO. 2020. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/3869/1/REALIDADE%20AUMENTADA%20E%20SUAS%20APLICA%C3%87%C3%95ES%20NA%20%C3%81REA%20DE%20SEGURAN%C3%87A%20DO%20TRABALHO%20-%20Luis%20Nunes.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2022.

Ogunseiju O O, Akanmu A A, Bairaktarova D (2021). **Mixed reality based environment for learning sensing technology applications in construction**, ITcon Vol. 26, Special issue Construction 4.0: Established and Emerging Digital Technologies within the Construction Industry (ConVR 2020), pg. 863-885, disponível em: <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.046>. Acesso em : 6 jun. 2022.

OSCAR, Luiz Henrique Costa. **O impacto do projeto na execução da obra**. Rio de Janeiro: 2016. Disponível em: Acesso em: 11 jun. 2022.

RUFINO, Sandra. **A importância do projeto no empreendimento**. Disponível em: <http://bt.fatecsp.br/system/articles/117/original/trabalho7.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2022.

RUBENSTONE, Jeff. **Bentley Deploys HoloLens for Virtual Bridge Inspections**, Engineering News Record, 14 de Março de 2021. Disponível em: <https://www.enr.com/articles/51470-bentley-deploys-hololens-for-virtual-bridge-inspections>. Acesso em: 28 Out. 2022

SCIENCES, 2019, ÁVILA, SPAIN. **BIM MIXED REALITY TOOL FOR THE INSPECTION OF HERITAGE BUILDINGS** [...]. [S. l.: s. n.], 2019. DOI https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2019ISPA42W6...25B/doi:10.5194/isprs-annals-IV-2-W6-25-2019. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019ISPA42W6...25B/abstract>. Acesso em: 10 nov. 2021.

SILVA, Mauro André Alves Da. **Segurança no trabalho na indústria da construção: Design de um dispositivo de realidade aumentada e realidade mista complementar a um equipamento de proteção individual - uma perspectiva para 2030**. 2021. Monografia (Curso de Mestrado em Design de Produto) - Escola Superior de Artes e Design, [S. l.], Matosinhos, Portugal. DOI <http://hdl.handle.net/10400.26/37354>. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/37354>. Acesso em: 28 out. 2022.

VICENTIN, Tissiane. **Remoto também no oceano: Petrobras adota Hololens 2 e permite atuação a distância**. Brasil: Olhar Digital, 16 jul. 2021. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2021/07/16/pro/remoto-tambem-no-oceano-petrobras-adota-hololens-2-e-permite-atuacao-a-distancia/>. Acesso em: 28 out. 2022.