

Fotogrametria: aplicações para o turismo e patrimônio cultural em ambientes imersivos e interativos

Photogrammetry: applications for tourism and cultural heritage in immersive and interactive environments

Fotogrametría: aplicaciones para el turismo y el patrimonio cultural en entornos inmersivos e interactivos

Giovanni Guizzo da Rocha 

Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG),

Caxias do Sul, RS, Brasil

giovannirochars@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.18472/cvt.25n1.2025.dossieXR.2243>

RESUMO:

Este trabalho discute o impacto das tecnologias de Realidade Estendida (XR) no turismo, com foco no uso da fotogrametria como ferramenta transformadora na interação com o público. A pesquisa estrutura-se em três eixos: 1) a evolução da fotografia e sua relação com a promoção do turismo; 2) a aplicação da fotogrametria para recriar ambientes históricos em XR; e 3) a inclusão social por meio de objetos táteis gerados com impressão 3D para pessoas com deficiência visual. A metodologia compreendeu pesquisa bibliográfica, captura de imagens e modelagem fotogramétrica para o desenvolvimento empírico. A análise qualitativa evidenciou desafios técnicos e a receptividade do público às experiências digitais e táteis. Os resultados indicam que a integração entre XR e fotogrametria amplia o potencial do turismo ao oferecer vivências acessíveis e imersivas.

PALAVRAS-CHAVE:

Fotogrametria;
Realidade
Estendida;
Turismo
Inclusivo.

ABSTRACT:

This paper discusses the impact of Extended Reality (XR) technologies on tourism, focusing on the use of photogrammetry as a transformative tool for interacting with the public. The research is structured along three axes: 1) the evolution of photography and its relationship with tourism promotion; 2) the application of photogrammetry to recreate historical environments in XR; and 3) social inclusion through tactile objects generated with 3D printing for visually impaired people. The methodology included bibliographical research, image capture and photogrammetric modeling for empirical development. The qualitative analysis highlighted technical challenges and the public's receptiveness to digital and tactile experiences. The results indicate that the integration of XR and photogrammetry expands the potential of tourism by offering accessible and immersive experiences.

KEYWORDS:

Photogrammetry; Extended Reality; Inclusive Tourism.

RESUMEN:

Este artículo analiza el impacto de las tecnologías de Realidad Extendida (RX) en el turismo, centrándose en el uso de la fotogrametría como herramienta transformadora para interactuar con el público. La investigación se estructura en torno a tres ejes: 1) la evolución de la fotografía y su relación con la promoción turística; 2) la aplicación de la fotogrametría para recrear entornos históricos en RX; y 3) la inclusión social a través de objetos táctiles generados con impresión 3D para personas con discapacidad visual. La metodología incluyó investigación bibliográfica, captura de imágenes y modelado fotogramétrico para el desarrollo empírico. El análisis cualitativo puso de relieve los retos técnicos y la receptividad del público a las experiencias digitales y táctiles. Los resultados indican que la integración de la RX y la fotogrametría amplía el potencial del turismo al ofrecer experiencias accesibles e inmersivas.

PALABRAS

CLAVE:

Fotogrametría; Realidad Extendida; Turismo Inclusivo.

1. Introdução

O desejo de exploração e o de vivenciar novidades, mesmo que de forma ficcional, é impulsionado pelas tecnologias de comunicação. No âmbito das tecnologias de simulação de realidade, surgem novas oportunidades de imersão e interação, oferecendo experiências como viagens virtuais a destinos ou recriações históricas. Essas tecnologias não atendem apenas ao entretenimento, mas também trabalham novos suportes para a educação e a inclusão. Este artigo contribui com essa discussão ao investigar o uso da fotogrametria na criação de conteúdos tridimensionais, considerando sua aplicação tanto em dispositivos imersivos quanto na produção de objetos táteis voltados a pessoas com deficiência visual. A primeira parte do estudo apresenta uma contextualização histórica sobre a fotografia e sua importância na consolidação do turismo moderno. Em seguida, explora-se o papel da fotogrametria na criação de ambientes virtuais e imersivos, bem como sua aplicação em projetos de inclusão. Por fim, apresentam-se dois estudos de caso desenvolvidos pelo autor: a visita virtual às

ruínas de São Miguel das Missões (RS) e a produção de modelos táteis com impressão 3D. A proposta fundamenta-se na convergência entre computação espacial, preservação patrimonial e inclusão sociocultural, demonstrando como a tecnologia pode contribuir para um turismo mais acessível e significativo, especialmente em um cenário global marcado por desafios relacionados à mobilidade, saúde e sustentabilidade.

2. Exploração e imersão: o potencial da fotogrametria em tecnologias de XR para inclusão e turismo

As diferentes tecnologias de comunicação, sejam elas analógicas ou digitais, são meios com capacidade de entregar aos usuários níveis de experiência para exploração de lugares e eventos remotamente. Seja a partir da página de livro, ou de uma tela próxima aos olhos em dispositivos de realidade estendida. O conceito de realidade estendida, ou *eXtended Reality* (XR), deve ser considerado como um termo abrangente que integra tecnologias como a realidade virtual (RV) e a realidade aumentada (RA), sem, contudo, substituí-las. Enquanto a RV oferece ambientes digitais completamente imersivos e a RA sobrepõe elementos virtuais ao mundo físico, a XR representa uma convergência dessas abordagens, promovendo uma experiência contínua entre o real e o digital. Como observa Ryan (2001, p. 17-21), a imersão — componente central da experiência virtual — consiste na sensação de presença em um ambiente simulado, que não depende apenas da riqueza sensorial, mas da construção de um espaço que possa ser explorado, habitado e manipulado pelo usuário. A interatividade, por sua vez, amplia esse envolvimento ao permitir que o usuário não apenas navegue, mas também altere o curso das experiências vividas nesses mundos virtuais, moldando narrativas próprias e acessando realidades antes impossíveis por limitações físicas, temporais ou espaciais.

No caso específico do uso de tecnologias baseadas em XR, elas possibilitam não apenas a exploração imersiva, mas também a contextualização histórica e cultural de locais. Além disso, elas podem ser usadas para proporcionar acesso a informações detalhadas e personalizadas, promovendo a aprendizagem e ampliando as perspectivas educacionais em diferentes contextos, como turismo, museus e treinamentos corporativos. A integração de funções sociais e interativas potencializa ainda mais o engajamento dos usuários, facilitando o compartilhamento de experiências e a geração de conhecimento colaborativo (Jung & Dieck, 2018). Além disso, o uso de tecnologias XR pode trazer benefícios terapêuticos, por exemplo, no tratamento de fobias, transtornos de estresse pós-traumático ou outras condições de saúde mental, ao imergir os pacientes em ambientes virtuais, que podem ajudá-los a enfrentar e superar seus medos ou traumas (Peters et al., 2020).

A nova geração de hardware, como o dispositivo Meta Quest 3, resultou em uma melhora significativa na qualidade visual e na interatividade dos conteúdos, permitindo experiências mais

realistas e convenientes. Em algumas aplicações, os usuários podem utilizar apenas as mãos no lugar de controladores ou *joysticks*, ampliando a sensação de naturalidade na interação com o ambiente virtual — embora nem todos os aplicativos ofereçam suporte total a essa funcionalidade. Essa abordagem não apenas oferece benefícios de acessibilidade e segurança, mas também apresenta uma alternativa sustentável ao turismo tradicional, reduzindo impactos ambientais associados às viagens físicas (Jones, 2024). Especialmente em tempos de restrições de viagem devido a questões de saúde ou pandemias, o turismo virtual surge como uma solução prática. Ele possibilita que as pessoas explorem destinos distantes sem estar expostas aos riscos diretos (Chandar & Ferraioli, 2021).

Os estímulos sensoriais não estão limitados aos visuais e sonoros. Pesquisas recentes demonstram que os estímulos olfativos em ambientes virtuais têm grande potencial para ampliar a imersão dos usuários, embora ainda não estejam amplamente disponíveis ao público. Estudos como o de Liu et al. (2023), apresentaram dispositivos miniaturizados e sem fios capazes de liberar odores de forma controlada durante experiências em RV. Já a pesquisa de Persky e Dolwick (2023), mostrou que a presença de cheiros em ambientes virtuais, como restaurantes simulados, aumenta significativamente a sensação de presença e realismo. Esses avanços indicam experiências de êxito nesse campo, mesmo que ainda em fase inicial de aplicação comercial.

O uso de ferramentas de XR também deve ser compreendido como um novo elemento de promoção e marketing de destinos turísticos. Segundo os resultados de Adachi et al., (2020) e Lo et al., (2020) as tecnologias de RV são ferramentas estratégicas na promoção turística, com potencial para influenciar a percepção e as intenções de consumo dos viajantes. Mesmo aplicados em equipamentos já ultrapassados, vídeos 360 graus acionados em dispositivos como o Google Cardboard, demonstram que a sensação de presença desempenha um papel central na resposta dos consumidores às campanhas publicitárias. Mesmo que esses estudos já demonstrassem que as limitações técnicas desses dispositivos apresentassem pouco aumento significativo no sentido de presença, a experiência imersiva oferecida pela RV fortalecia a conexão emocional com o destino e aprimorava sua imagem no imaginário do público. Corroborando os benefícios para o turismo, Cowan et al. (2023) destacam:

Mesmo uma breve experiência em uma RV bem projetada pode intensificar o afeto do consumidor como resultado direto da sensação de que eles estão 'realmente lá'. No turismo, foi detectado um maior apreço e preferência por um destino de viagem ao utilizar headsets de RV em uma feira de turismo. Mesmo que aqueles que experimentam a RV não se tornem clientes da marca, eles ainda podem cumprir um papel importante: estudos mostram que usuários de RV tendem a espalhar comentários positivos quando consideram a experiência de RV da marca agradável. (Cowan et al., 2023, p. 118)

A evolução do turismo virtual e das tecnologias XR está enraizada em uma longa tradição de busca por imersão em espaços tridimensionais, iniciada com representações artísticas e fictícias. Desde as salas de afrescos e paredes pintadas na antiguidade até panoramas europeus do século XIX e os estereoscópios vitorianos do século XVIII, essas práticas anteciparam os imaginários contemporâneos da ficção científica, como o Holodeck de *Jornada nas Estrelas* (Cadoz, 1997; Grau, 2007; Murray, 2003). No século XXI, tecnologias como RV, RA e XR transformaram esses imaginários em realidades tangíveis (Lanier, 2017; Caudell & Mizzel, 1992; Milgram et al., 1995). Esses mundos de síntese representam um marco na interação humana com dimensões alternativas, transformando radicalmente a experiência e a percepção. Como afirma Manovich (2001, p. 251), “pela primeira vez, o espaço torna-se um tipo de mídia”. Essa nova fase exige articulações aprofundadas sobre os elementos que constituem esses ambientes, incluindo componentes visuais e sonoros.

3. A fotografia como elemento histórico para a promoção do turismo

O século XIX foi um período definido pela expansão de impérios e pelos triunfos da engenharia e da exploração. Nesse sentido, a invenção da fotografia marcou um divisor de águas na forma como as pessoas registravam o mundo ao seu redor. Com dispositivos pioneiros, como o daguerreótipo, tornou-se possível capturar imagens detalhadas de paisagens e monumentos, trazendo uma nova dimensão à memória das viagens. Para muitos turistas da época, a fotografia não era apenas uma ferramenta de registro, mas também um meio de partilhar com outros as belezas e curiosidades dos lugares visitados (Turazzi, 1995). Cidades como Paris, Roma e o Cairo, com suas paisagens e monumentos históricos, tornaram-se os primeiros destinos a se beneficiar dessa nova tecnologia. Fotografias dessas localidades circulavam amplamente, despertando o fascínio e o desejo de explorar o desconhecido em pessoas que jamais haviam deixado suas regiões de origem. Assim, a fotografia não apenas documentou viagens, mas também ajudou a moldar o turismo moderno, transformando-o em uma prática global.

Paris era um destino natural para pioneiros, mas os primeiros entusiastas do daguerreótipo se animaram a viajar para mais longe. As perspectivas eram estimulantes, tanto em termos de desafio como de oportunidade comercial - especialmente para o óptico Noël Paymal Lerebours (1807-1873). Vendedores de gravuras já haviam provado que existia mercado para registros visuais do Grand Tour, a tradicional viagem por toda a Europa. Em alguns casos, essas gravuras serviam de lembrança para as pessoas que haviam de fato realizado a viagem, mas geralmente agradavam mais aos que preferiam se aventurar no conforto de suas poltronas. Um mês após o anúncio do processo de daguerreotipia, Lerebours convocou artistas a se espalharem pelo mundo e produzirem daguerreótipos tanto de antiguidades quanto de maravilhas modernas. Em dezembro de 1839, sua loja já vendia daguerreótipos únicos da Córsega e da Itália. Em pouco tempo, começaram a chegar paisagens de todo o mundo, desde

as Cataratas do Niágara, passando por Argélia, Moscou, Grécia, Espanha, Egito e Palestina. (Hacking, 2012, p. 27)

Bate (2009, p. 107) destaca que uma das primeiras funções das câmeras digitais amadoras contemporâneas foi unir imagens para criar panoramas, prática que remonta ao século XIX e que ampliava a percepção visual dos espectadores, reproduzindo cenários em larga escala. Esses panoramas fotográficos, frequentemente de paisagens naturais ou locais históricos, ofereciam experiências visuais imersivas, transportando o público para lugares em que apenas uma pequena fração abastada da população da época poderia visitar pessoalmente. Pioneiros da produção de imagens como, Calvert Richard Jones, Frédéric Martens e William Henry Fox Talbot criavam vistas panorâmicas unindo negativos de papel. Considerada a primeira fotografia panorâmica do mundo (Hacking, 2012, p. 33), a vista de Paris por Frédéric Martens “oferece uma representação riquíssima em detalhes, porém apresenta uma visão um pouco desconcertante de Paris, pois está invertida - uma consequência do processo de positivo direto do daguerreótipo”.

Figura 1

Panorama de Paris (1844), por Frédéric Martens



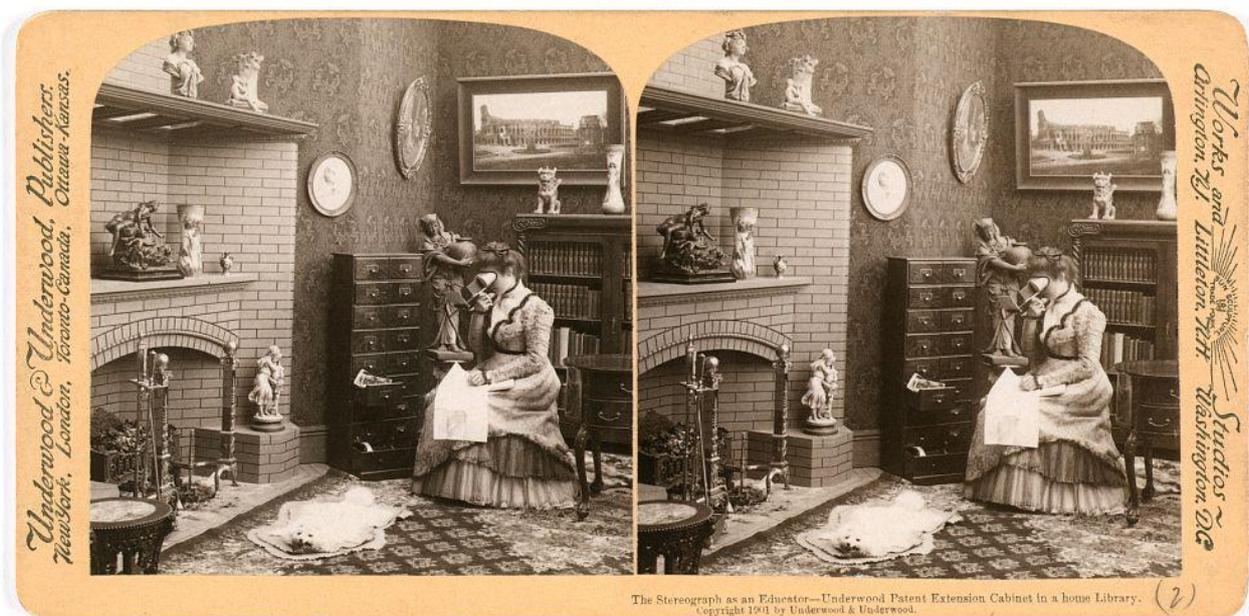
Fonte: Reprodução https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paris_Panorama_1846_001.jpg

A estereoscopia, introduzida por Charles Wheatstone em 1838, tornou-se um meio popular de entretenimento e educação visual, influenciando significativamente a cultura visual e o turismo. Segundo Parmeggiani (2016), a obra *Italy through the Stereoscope* (1903) combinava imagens estereoscópicas, mapas e textos para criar uma experiência de viagem imersiva, antecipando elementos das tecnologias contemporâneas de RV. Essas imagens tridimensionais, que retratavam locais icônicos como as pirâmides do Egito e a Torre Eiffel, ofereciam aos turistas uma experiência rica e substitutiva da presença física, complementando o papel promocional dos cartões-postais (Bowers, 2001). A rainha Vitória desempenhou um papel crucial na legitimação da estereoscopia, especialmente após expressar sua aprovação ao estereoscópio de David Brewster durante a Grande Exposição de 1851, em Londres. Esse endosso, amplificado pela imprensa, popularizou o dispositivo

entre elites e o público, consolidando a estereoscopia como uma prática cultural valiosa para lazer, educação e turismo (Rheingold, 1992; Luz & Peixoto, 2015).

Figura 2

Cartão intitulado, “O estereoscópio como educador”, produzido pela Underwood & Underwood (1900)



Fonte: Biblioteca do Congresso dos Estados Unidos. Disponível em: <https://www.loc.gov/resource/ppmsca.08781/>

No final do século XIX, a fotografia tornou-se uma ferramenta essencial para as primeiras agências de turismo, desempenhando um papel crucial na promoção de viagens. Empresas como a Thomas Cook foram pioneiras ao usar fotografias como estratégia para atrair clientes e criar catálogos de viagens visualmente impactantes. Essas imagens publicitárias retratavam paisagens, cidades e culturas antes apenas imaginadas, e despertavam nos espectadores o desejo de explorar o desconhecido. Ao apresentar destinos de forma realista, porém idealizada, a fotografia ajudava a criar um imaginário de aventura e descoberta, transformando as viagens em aspirações acessíveis a uma clientela em expansão (Zuelow, 2015). A combinação de descrição detalhada e apelo visual fazia dos catálogos de viagens muito mais do que simples ferramentas informativas; eles eram convites à experiência e ao sonho. Dessa forma, a fotografia não apenas documentava destinos, mas também desempenhava um papel ativo na criação da indústria do turismo moderno, conectando pessoas a lugares e experiências por meio do poder visual (Schwartz e Ryan, 2020).

Já no início do século XX, grandes cidades como Cairo, Nova Iorque, Paris e Londres ganharam destaque por meio de fotógrafos, como Eugène Atget, Charles Marville, Maxime Du Camp,

Francis Frith, Samuel Gottscho e Berenice Abbott, que capturaram tanto a grandiosidade arquitetônica quanto a vida cotidiana. Essas imagens ajudaram a consolidar o turismo cultural, apresentando as metrópoles como cenários vibrantes de história, arte e modernidade (Newhall, 1982). Paralelamente, movimentos fotográficos como o liderado por Ansel Adams nos Estados Unidos enfatizavam a beleza e a importância da preservação de paisagens naturais, promovendo o turismo ecológico. As fotos de Adams, muitas vezes publicadas em veículos de prestígio, transformaram parques nacionais como Yosemite em ícones globais, incentivando tanto a visitação quanto o engajamento com a conservação ambiental. (Adams e Newhall, 1995; Adams e Stillman, 2000)

Nesse contexto, a substituição gradual de ilustrações para fotografias na *National Geographic*¹ emerge como uma força unificadora entre o urbano e o natural, amplificando o impacto da fotografia na comunicação e representação de temas científicos à promoção do turismo. Desde sua fundação em 1888, a revista trouxe ao público uma visão expansiva do mundo, conectando culturas e cenários distantes por meio de imagens. Ao apresentar tanto o dinamismo das grandes cidades quanto a grandiosidade das paisagens naturais, a *National Geographic* popularizou destinos, definiu padrões de qualidade para o fotodocumentarismo e incentivou um turismo mais consciente. Suas imagens alimentaram o desejo de explorar o mundo, ao mesmo tempo que destacavam a necessidade de preservar o patrimônio cultural e ambiental.

O uso de cores vibrantes e composições visualmente marcantes tornou-se um pilar das estratégias da *National Geographic* para atrair leitores. Essas imagens frequentemente inspiravam a curiosidade por lugares distantes, transformando leitores em potenciais viajantes [...] Por cem anos, os leitores da *National Geographic* exploraram o mundo através das páginas da revista; mas durante a última década, à medida que a publicação evoluía, ela começou a influenciar diretamente o turismo, com leitores frequentemente solicitando informações sobre destinos apresentados nas fotografias. (Bryan, 1987, p. 294 e 443)

A partir do desenvolvimento das câmeras digitais e *smartphones* equipados com lentes e processadores gráficos de alta qualidade, a fotografia tornou-se acessível a mais pessoas, convertendo cada turista em um potencial promotor de destinos. (Lo et al., 2011). Hoje, ao visitar um local, qualquer pessoa pode capturar imagens de maneira instantânea, editá-las e compartilhá-las globalmente em redes sociais como Instagram e TikTok. Essas plataformas não apenas expandiram o impacto visual da fotografia no turismo, mas também criaram um ciclo dinâmico onde destinos são promovidos organicamente por seus visitantes (Conti e Lexhagen, 2020). Sob uma análise teórica, Manovich, conhecido por seu trabalho sobre cultura digital e mídias visuais, permite articulações

¹ A *National Geographic Society*, fundada em janeiro de 1888 nos Estados Unidos, foi criada por um grupo de cientistas, exploradores e figuras influentes com o objetivo de "ampliar e difundir o conhecimento geográfico". No mesmo ano lançou a revista *National Geographic*, que inicialmente consistia em textos acadêmicos. Ao longo do tempo, a revista evoluiu para incluir ilustrações, fotografias em preto e branco e, posteriormente, fotografias coloridas de alta qualidade, transformando a publicação em um marco da comunicação visual e científica.

sobre como a revolução digital moldou o turismo fotográfico. Segundo Reyes e Manovich (2020), vivemos na era das visualizações em massa, onde a produção e o consumo de imagens ocorrem em uma escala sem precedentes. No turismo, isso significa que a fotografia transcendeu seu papel inicial de registro pessoal para se tornar uma forma de comunicação cultural. Através das redes sociais, imagens de viagens assumem novas funções: são vistas como símbolos de status, convites à exploração e, muitas vezes, como representações idealizadas de destinos (Xiao et al., 2020).

A influência da estética digital, conforme apontado por Manovich, também é evidente no turismo fotográfico. Filtros, edição instantânea e ferramentas como drones moldam a maneira como as paisagens e experiências turísticas são capturadas e percebidas. Essas práticas recriam a "geografia imaginada", elemento trabalhado por Schwartz e Ryan (2020) e que aborda como, desde sua origem, a fotografia moldou a percepção geográfica e cultural dos espaços, influenciando a forma como lugares e paisagens são imaginados e representados. Os autores exploram o impacto da fotografia na construção de identidades regionais e culturais, mostrando como as imagens foram usadas para documentar, controlar e promover tanto espaços naturais quanto urbanos.

A história da fotografia evidencia ciclos em que novas tecnologias redefinem a representação visual, mantendo a função essencial de capturar e comunicar experiências espaciais. De cartões-postais a redes sociais e computação espacial, cada etapa ressignifica a produção de imagens e amplia debates sobre autenticidade, ética e acessibilidade.

4. Computação espacial e as novas transformações da imagem

As imagens bidimensionais, historicamente fundamentais para o registro e promoção de destinos turísticos, estão passando por uma profunda transformação com a computação espacial. A interação tradicionalmente passiva com fotografias estáticas evoluiu para experiências imersivas e dinâmicas, marcando uma transição da visualização plana para ambientes tridimensionais. A fotografia, antes associada apenas ao registro visual, ganha novas dimensões com a introdução da profundidade e da medição espacial, como exemplificado na fotogrametria. Essa técnica, que substituiu simbolicamente o sufixo "-fia" (escrever ou registrar) por "-metria" (medir), permite a criação de modelos tridimensionais de paisagens ou monumentos históricos. Com a computação espacial, as imagens deixam de ser apenas registros visuais e se tornam portais para experiências imersivas. Essa evolução amplia o acesso ao turismo, permitindo que pessoas vivenciem locais que antes poderiam estar fora de seu alcance, e redefine o conceito de presença, transformando a maneira como interagimos e nos conectamos com espaços históricos e naturais. Como sugerido por Simon

Greenwold, essas tecnologias inauguram uma nova era na relação entre imagem, espaço e experiência humana.

Eu defino computação espacial como a interação humana com uma máquina na qual esta retém e manipula referências a objetos e espaços reais. Idealmente, esses objetos e espaços reais têm um significado prévio para o usuário. Por exemplo, um sistema que permita aos usuários criarem formas virtuais e instalá-las no espaço físico ao seu redor caracteriza a computação espacial. Da mesma forma, um sistema que permita aos usuários digitalizarem objetos de seus ambientes reais também é um exemplo de computação espacial. A computação espacial difere de campos relacionados, como modelagem 3D e design digital, porque exige que as formas e espaços com os quais lida já existam e possuam relevância no mundo real. Não basta que a tela seja usada para representar um espaço virtual—essa representação deve estar significativamente conectada a um lugar físico real. (Greenwold, 2003, p. 9)

A computação espacial é definida por Cronin e Scoble (2020) como uma nova era tecnológica que integra a interação humano-máquina a partir da manipulação de objetos e ambientes reais em espaços digitais tridimensionais, e introduz a interatividade como uma camada essencial. O trabalho dos autores encaminha uma reflexão sobre como a computação espacial redefine a forma como nos relacionamos com o mundo, integrando sensores, mapeamentos 3D e inteligência artificial para criar interações responsivas e conectadas. Já para Dieck et al., (2024) em vez de apenas observar imagens, os turistas agora têm a oportunidade de explorá-las de forma interativa, caminhando virtualmente por ruínas históricas, interagindo com objetos culturais em museus e manipulando perspectivas em tempo real.

A fotografia, que no século XIX promoveu o turismo e no século XX foi democratizada com a imagem digital, no século XXI está evoluindo para experiências espaciais e interativas. A computação espacial transforma imagens bidimensionais em camadas de interação, com técnicas como a fotogrametria possibilitando a recriação de ambientes tridimensionais detalhados. Essa transformação preserva a essência das fotografias tradicionais, mas as expande para ambientes digitais imersivos.

Com dispositivos mais leves e acessíveis, a XR se consolida como uma ferramenta essencial, mesmo enfrentando desafios técnicos, como a integração de displays em óculos inteligentes. O mercado de XR cresce rapidamente, impulsionado por investimentos e adoção empresarial, e expande suas aplicações em turismo, esportes e educação, prometendo um impacto transformador no cotidiano e no trabalho (Awe, 2024).

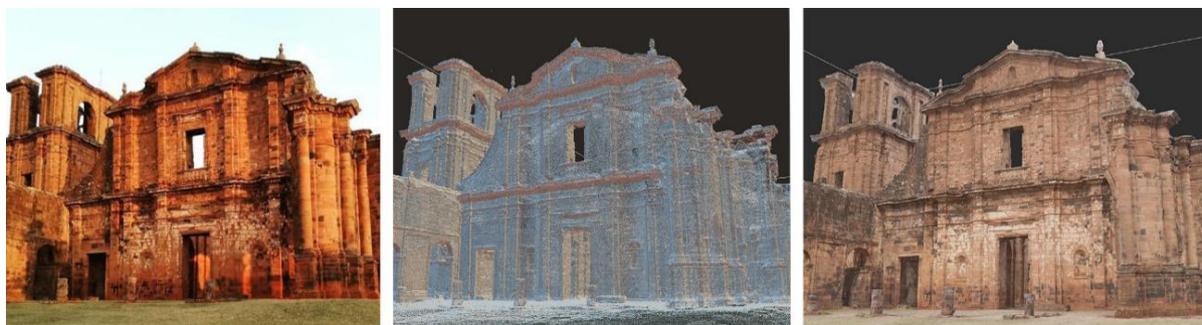
5. A fotogrametria como técnica para produção de imagens imersivas e ambientes digitais interativos

A fotogrametria pode ser definida como a ciência de obter informações precisas sobre objetos físicos e espaços tridimensionais a partir de imagens bidimensionais (Tang et al., 2024; Granshaw,

2019) e tem emergido como uma das ferramentas mais relevantes para a construção de ambientes digitais interativos e imersivos em diferentes gêneros, incluindo usos no jornalismo (Doyle et al; 2016, Rocha e Pase, 2024); na arquitetura e engenharia (Groetelaars, 2004; Cardoso et al., 2022), passando pela preservação de patrimônio cultural (Purgal e Navarro, 2018; Rodríguez González et al; 2022) e chegando aos jogos digitais (Lachambre et al., 2017). Essa técnica baseia-se no princípio de triangulação fotogramétrica, que utiliza múltiplas fotografias de diferentes ângulos para calcular as dimensões, formas e texturas de um objeto ou ambiente, culminando na criação de modelos tridimensionais com alta fidelidade visual.

Figura 3

Fotografia, nuvem de pontos e renderização 3D



Fonte: imagens produzidas pelo autor

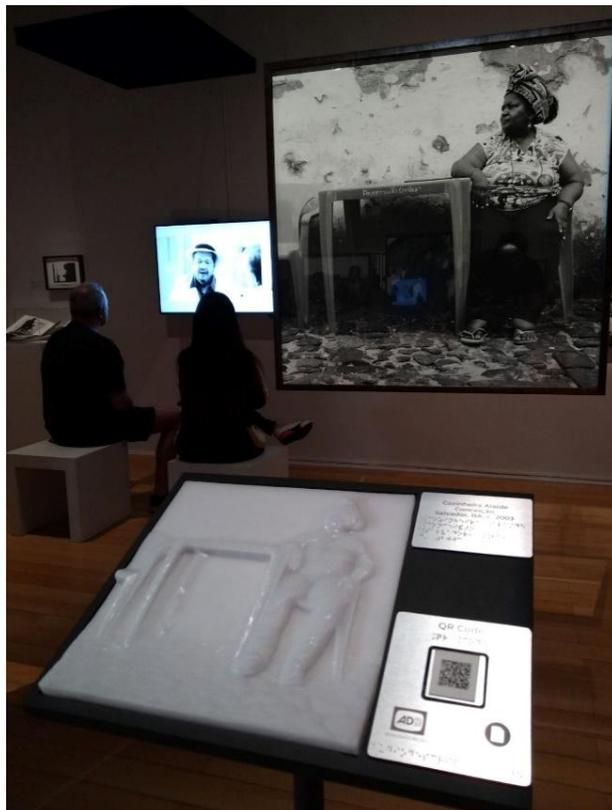
A fotogrametria inicia-se com a captura de imagens, um processo que pode ser realizado por câmeras terrestres, drones ou satélites, dependendo da escala do objeto ou espaço a ser documentado. O software especializado² analisa pontos de referência nas fotografias para reconstruir a geometria tridimensional do cenário. As etapas incluem: 1) captura: fotografias de alta resolução são tiradas de diferentes perspectivas, garantindo sobreposição suficiente entre elas para identificar pontos em comum; 2) processamento: pontos de controle são marcados automaticamente ou manualmente para alinhar as imagens no espaço tridimensional; 3) criação da malha 3D: os pontos identificados são usados para gerar uma malha geométrica que define a forma do objeto ou ambiente; 4) texturização: informações de cor e textura das imagens originais são mapeadas na malha, criando um modelo visualmente detalhado e 5) otimização: redução de polígonos e criação de texturas voltadas a manutenção do detalhamento para não interferir no desempenho, quando da aplicação em conteúdos digitais interativos (Reality Capture, 2024).

² Entre os principais softwares: Agisoft Metashape, Reality Capture, Meshroom e Pix4D.

A técnica permite recriar espaços históricos, culturais ou naturais em plataformas digitais, oferecendo experiências imersivas a visitantes remotos. Por exemplo, sítios arqueológicos como Pompeia³ (Campanaro e Landeschi, 2022) podem ser explorados com uma fidelidade visual, em escala e com contexto espacial do local. Patrimônios ameaçados por desastres naturais, conflitos ou deterioração ao longo do tempo podem ser preservados digitalmente. (Xiangxiong et al., 2023). Modelos 3D detalhados criados pela fotogrametria não apenas documentam a aparência original, mas também auxiliam na restauração e reabilitação de monumentos. Um exemplo emblemático é o uso da técnica para recriar o Arco de Palmira, na Síria, destruído durante os conflitos da guerra civil no país⁴. Essa tecnologia permite que pessoas com deficiência visual interajam fisicamente com réplicas táteis de locais e objetos que, de outra forma, seriam inacessíveis. Para pessoas com deficiência visual, a experiência tátil é essencial para compreender formas, texturas e proporções. Essas reproduções permitem que os usuários "vejam" por meio do tato, oferecendo uma experiência imersiva e educativa. Detalhes como colunas, relevos e esculturas são preservados nas réplicas, tornando-se exploráveis com as mãos. Museus e instituições culturais têm adotado essa tecnologia para incluir todos os visitantes em sua programação (Figura 4).

Figura 4

Painel tátil e com informações em braile utilizado na exposição “Walter Firmo: no verbo do silêncio a síntese do grito”



Fonte: foto do autor

³ Pompeii. Disponível em: meta.com/experiences/pcvr/pompeii

⁴ The Triumphal Arch of Palmyra. Disponível em: <http://digitalarchaeology.org.uk>

Programas voltados ao desenvolvimento de tecnologias assistivas para alunos com deficiência da Unesco (Hersh, 2020), e iniciativas de museus como o Prado, em Madri (Frayer, 2015), têm mostrado que essas soluções são eficazes para promover a inclusão e sensibilizar o público sobre a importância da acessibilidade.

O presente e o futuro da produção de imagens táteis certamente dependerão cada vez mais da computação. [...] será preciso ampliar o acesso à novas tecnologias, que [...] poderão causar uma grande revolução no meio educacional, considerando a inclusão dos alunos deficientes visuais. Seria imensamente benéfico, tanto aos professores quanto aos alunos com limitações na visão, se coleções de imagens de diferentes áreas do saber, próprias para serem impressas em relevo, estivessem disponíveis gratuitamente na rede mundial de computadores. Dessa maneira, seria preciso apenas escolher as imagens de interesse para explicar determinado assunto e imprimi-las. (Ferreira, 2021, p. 18)

A impressão 3D de monumentos históricos e culturais representa uma ponte entre a inovação tecnológica e a inclusão social. Ao tornar a história tangível, a tecnologia não apenas transforma a experiência de pessoas com deficiência visual, mas também redefine o conceito de acessibilidade no campo cultural. Esse avanço reafirma o compromisso com a democratização do conhecimento e o reconhecimento de que o patrimônio global deve ser experimentado e apreciado por todos, independentemente de suas limitações visuais.

Nos últimos anos, tem havido um crescimento significativo no debate sobre acessibilidade em tecnologias imersivas. Estudos como o de Killough et al. (2024) destacam que pessoas com deficiências sensoriais, físicas ou cognitivas enfrentam diversas barreiras no uso de aplicações em XR, como a ausência de leitores de tela tridimensionais, a limitação de dispositivos de entrada alternativos e a falta de diretrizes técnicas padronizadas para o desenvolvimento acessível. Os autores enfatizam que, apesar dos avanços em protótipos acadêmicos, a adoção de soluções acessíveis pela indústria ainda é limitada e carece de incentivos estruturais e normativos. De forma complementar, Creed et al. (2024) e Parker et al (2023) apontam que, com a expansão do metaverso e de experiências colaborativas em XR, cresce o risco de exclusão digital de pessoas com deficiência. Em resposta a esse cenário, os autores defendem o uso de metodologias de design participativo e centrado no usuário como estratégia para desenvolver experiências imersivas verdadeiramente inclusivas. Ambos os estudos convergem na conclusão de que a acessibilidade deve ser integrada desde as fases iniciais do design de sistemas XR, sobretudo em projetos voltados ao turismo e patrimônio cultural, para que essas inovações ampliem — e não limitem — o direito à fruição cultural por públicos diversos. Nesse sentido, consideramos que a técnica de fotogrametria pode ser uma aliada no enfrentamento dos desafios abordados pelos trabalhos dos autores mencionados.

6. Aplicação prática da fotogrametria 1: visita virtual a São Miguel das Missões

No contexto da digitalização do patrimônio histórico, a fotogrametria tem se mostrado uma ferramenta essencial. Um exemplo desse uso pode ser encontrado no projeto de digitalização das ruínas de São Miguel das Missões, no Rio Grande do Sul, desenvolvido pelo autor. São Miguel das Missões faz parte do Patrimônio Mundial Cultural e Natural da UNESCO⁵. Em dimensões, as ruínas possuem aproximadamente 25 metros de altura, por 27 de largura e 73 de comprimento (Figura 5).

Figura 5

Ruínas de São Miguel das Missões



Fonte: foto do autor

A realização da captura das imagens ocorreu durante quatro dias consecutivos de agosto de 2021. Para acesso ao sítio arqueológico, foi necessário obter autorização do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), responsável pela preservação do local. No total, somente das ruínas, foram obtidas 3.300 imagens. O tempo aproximado para alinhamento das imagens e geração completa do terreno foi de aproximadamente 46 horas. Entre as atividades de refino e otimização dos arquivos para serem utilizados nos dispositivos de RV, foram aproximadamente entre 48 e 72 horas de processamento. No total, até chegar a uma versão com qualidade satisfatória e de fácil interação pelos usuários, foram criadas 18 versões da experiência virtual. O desenvolvimento

⁵ Informações sobre São Miguel das Missões: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/39>

ocorreu na *game engine* Unreal e aplicação no dispositivo Oculus Quest 2. A versão final da aplicação consistia em uma reprodução completa das ruínas, permitindo que os usuários navegassem por todo o terreno interno e se afastassem até 20 metros, permitindo que os usuários pudessem observar por completo toda a estrutura independentemente do local escolhido.

Como o sítio arqueológico contempla um museu, foram digitalizados alguns elementos externos às ruínas, como um sino fundido em bronze de 1776, uma Cruz Missioneira de pedra e uma estátua de São Lourenço talhada em madeira. Esses objetos foram colocados próximos à entrada das ruínas na aplicação virtual. Para todos os objetos da aplicação, foram utilizadas dimensões exatas dos seus originais. (Figura 6).

Figura 6

Objetos museológicos e ruínas digitais no ambiente interativo

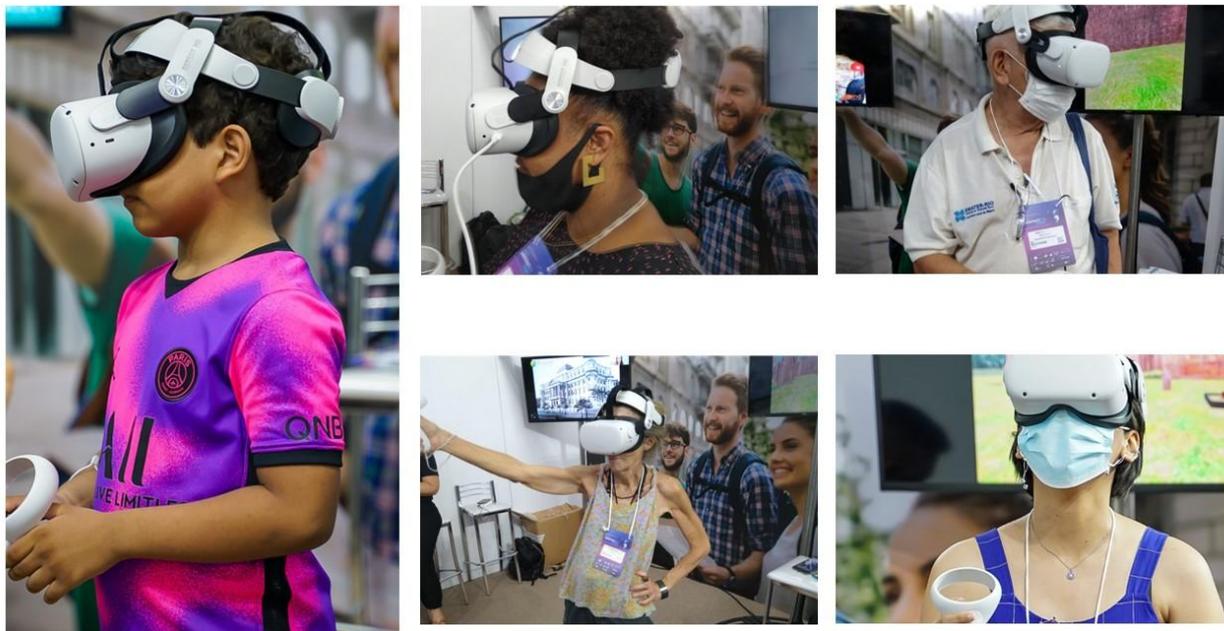


Fonte: imagens do autor

Por fim, para agregar elementos interativos à aplicação, foram incorporadas três animações ativadas pela aproximação dos usuários. A primeira consistia em uma mensagem de uma guia de turismo, que apresentava brevemente a história do local e as inovações tecnológicas envolvidas. Em seguida, ao atravessar a porta da nave central, o visitante encontrava pássaros em voo, também acionados por sua presença. Mais adiante, em uma área afastada do trajeto principal, mas com destaque visual para a logomarca, foi inserido um segundo vídeo, com o depoimento do proprietário da empresa patrocinadora do projeto. A aplicação foi apresentada ao público no pavilhão de turismo da primeira edição da Rio Innovation Week, realizada entre os dias 13 e 16 de janeiro de 2022, no Rio de Janeiro (Figura 7).

Figura 7

Demonstração de experiência em RV nas ruínas de São Miguel das Missões



Fonte: imagens do autor

No total, aproximadamente 200 pessoas participaram das demonstrações e, dessas, 140 responderam a uma pesquisa a respeito da experiência. Os participantes apresentaram idades variadas, com maior concentração em faixas jovens e adultos, e profissões diversas, incluindo estudantes, profissionais de turismo e educadores. Cerca de 50% já haviam usado tecnologias de RV, enquanto 35,7% experimentaram pela primeira vez. A experiência foi considerada muito surpreendente por 57,1% e proporcionou alta sensação de presença para 28,6%, sendo que destes, 16,7% conheciam presencialmente as ruínas e apontaram grande semelhança entre o ambiente real e digital. Metade dos participantes demonstraram interesse em usar plataformas semelhantes para turismo, e 78,6% afirmaram estar dispostos a pagar por experiências virtuais. Sintomas leves, como tontura e visão embaçada, foram relatados por 42,9%, mas a maioria classificou-os como fracos ou moderados. A possibilidade de compartilhar a experiência em tempo real foi vista como interessante por 57,1%, com destaque para aplicações educacionais, como ensino de história em escolas e *tours* virtuais guiados.

A seguir passamos pela descrição do autor a respeito da análise do comportamento dos usuários durante a experiência. Um dos aspectos mais notáveis foi que, embora não existisse um manual ou guia detalhado para navegação, todos os usuários conseguiram explorar o ambiente virtual com facilidade, demonstrando que a interface do sistema foi projetada de forma intuitiva e acessível. Entre os usuários mais jovens, ficou evidente um padrão de surpresa e fascínio. Muitos demonstraram

espanto ao descobrir que as ruínas exibidas eram reais, com alguns acreditando inicialmente que se tratava de cenários fictícios de videogames. Essa percepção ressalta como a virtualidade pode se sobrepor à realidade para essa geração, indicando a necessidade de conectar experiências virtuais a conteúdos educativos que fortaleçam a compreensão histórica e cultural. Em um caso específico, um grupo mencionou repetidamente que as ruínas faziam parte de um dos locais descritos nos livros da saga Harry Potter, evidenciando o impacto das referências culturais contemporâneas na interpretação do ambiente virtual. Outro ponto observado foi relacionado ao uso de óculos por parte dos participantes. Alguns relataram desconforto inicial ao não poderem utilizar seus óculos durante a experiência, o que é um desafio comum em dispositivos de RV. Contudo, após o início da imersão, muitos mencionaram que o desconforto foi minimizado, e eles conseguiram aproveitar a atividade sem grandes dificuldades visuais. Este aspecto aponta para a importância de avaliar melhor o design ergonômico dos dispositivos de RV e como podem ser ajustados para atender às necessidades de pessoas que dependem de correção visual.

7. Aplicação prática da fotogrametria 2: impressão 3D de modelos táteis

A partir de experiências de fotogrametria do autor com diferentes monumentos e patrimônios, foram impressos cinco modelos de objetos de grande referência cultural em suas localidades: 1) busto do Laçador; 2) Monumento ao Imigrante, ambas são obras do escultor Alberto Carangi e estão localizadas respectivamente em Porto Alegre e Caxias do Sul; 3) Teixeira, do escultor Paulo Siqueira e localizada na cidade de Passo Fundo; 4) Jesus Cristo do Terceiro Milênio, do escultor Bruno Segalla localizada em Caxias do Sul e 5) ruínas de São Miguel das Missões. Todas foram impressas a partir de resina plástica, com alto nível de detalhes, mesmo em reproduções em escalas menores. Para a aplicação dos testes com modelos tridimensionais, foi solicitada uma visita à instituição especializada no atendimento de pessoas com deficiência visual, a Associação dos Pais e Amigos dos Deficientes Visuais de Caxias do Sul, a APADEV⁶. Na origem, o objetivo era fazer a demonstração para um grupo de pessoas atendidas, mas em razão de mudanças na agenda da instituição, foi possível realizar a avaliação apenas com uma pessoa fazendo a demonstração.

A partir desse usuário e, contando com a intervenção do gestor responsável pelo local, foi possível identificar os seguintes pontos:

Os resultados das análises sobre o uso da fotogrametria na impressão de objetos táteis destacaram a eficácia dos chamados "objetos de referência" na identificação por parte de pessoas com deficiência visual. Esses objetos, caracterizados por representarem partes ou elementos com forte

⁶ Mais informações sobre a APADEV disponíveis em: apadev.org.br/quem-somos/historico

apelo simbólico ou funcional, facilitaram a compreensão tátil das peças. Exemplos notáveis incluem a enxada, elemento central no Monumento ao Imigrante, e o nariz prolongado na escultura de Jesus Cristo do 3º Milênio, um detalhe que possibilitou uma conexão sensorial direta com a obra. Essas descobertas ressaltam a importância de selecionar componentes que maximizem a acessibilidade e a experiência de imersão tátil, contribuindo para estratégias mais eficazes no design de exposições inclusivas. A aplicação de vernizes nos objetos táteis revelou um impacto significativo na percepção de detalhes. Durante os testes, observou-se que peças com acabamento liso, resultante da aplicação de vernizes, apresentaram uma menor capacidade de transmitir informações detalhadas em comparação com aquelas com superfícies mais rugosas. Essa aspereza, ao proporcionar maior contraste tátil, mostrou-se essencial para a construção de mapas mentais precisos e para a identificação eficiente dos elementos representados. Essa descoberta ressalta a importância de priorizar texturas adequadas ao objetivo de acessibilidade, otimizando a interação sensorial nas iniciativas de inclusão cultural.

Figura 8

Demonstração tátil de impressão 3D em pessoas de baixa visão



Fonte: Foto do autor

Durante a demonstração dos objetos táteis, foi observada uma característica no relato do usuário: a construção de um mapa mental à medida que explorava as peças. Enquanto os dedos deslizavam pelas superfícies dos objetos, explicava o usuário, o cérebro organizava progressivamente as informações táteis em uma representação interna, possibilitando uma compreensão espacial e simbólica mais ampla. Essa experiência foi descrita como um processo dinâmico e criativo, em que

o usuário “via” o objeto por meio do tato, montando mentalmente suas formas, texturas e proporções. No entanto, surgiu uma sugestão significativa para aprimorar essa interação: o uso de recursos sonoros como suporte complementar. O usuário relatou que, embora a liberdade para explorar o objeto fosse enriquecedora, uma orientação inicial sobre por onde começar e como seguir poderia otimizar a experiência. Um recurso de áudio poderia fornecer instruções específicas, indicando, por exemplo, “inicie pelo lado esquerdo do objeto” ou “explore agora a parte superior”. Isso não apenas guiaria o processo, mas também potencializaria a construção do mapa mental ao integrar informações sequenciais e ordenadas. Além disso, a audiodescrição poderia desempenhar um papel ainda mais amplo ao incluir dados sobre os locais onde os patrimônios originais estão localizados. Por meio dessa abordagem, seria possível destacar informações turísticas relevantes, como a cidade, a história do monumento, a importância cultural e até mesmo a descrição das paisagens ao redor. Dessa forma, a experiência acessível não apenas atenderia às necessidades específicas de pessoas com deficiência visual, mas também incentivaria o interesse pelo turismo cultural e histórico, promovendo uma maior conexão com os patrimônios.

8. Considerações finais

Embora esse estudo reconheça que as considerações aqui apresentadas foram desenvolvidas a partir de uma pequena e limitada amostra, a análise realizada propõe indícios de como a fotogrametria aplicada no contexto das tecnologias de XR pode vir a transformar a interação com patrimônios turísticos e culturais. Em São Miguel das Missões, a aplicação dessa técnica permitiu não apenas a documentação das ruínas, mas também sua integração em ambientes virtuais interativos. No entanto, discussões sobre autenticidade digital e o equilíbrio entre inovação e preservação permanecem fundamentais, destacando limites e potenciais da computação espacial. Já a iniciativa de uso de impressões 3D para criar modelos táteis poderá agregar melhores resultados ao incorporar elementos como audiodescrição e informações geográficas. Nesse sentido, a fotogrametria, não pode ser compreendida apenas como uma técnica de captura; ela redefine a experiência turística ao transformar imagens estáticas em ambientes tridimensionais exploráveis. Essa transformação é essencial para um turismo que procure ser mais sustentável e inclusivo, especialmente em um cenário global marcado por preocupações com saúde, segurança e preservação. A convergência entre fotogrametria e tecnologias de XR representa um marco na transformação das experiências turísticas e culturais. Ao possibilitar a reconstrução precisa de ambientes históricos e a criação de objetos táteis acessíveis, essas ferramentas ampliam as formas de interação com o patrimônio, tornando-as mais inclusivas, imersivas e sustentáveis. Tecnologias como essas demonstram ser fundamentais para preservar e promover o patrimônio histórico sem comprometer sua integridade física.

Adicionalmente, a experiência digital proporcionada pelas ruínas de São Miguel das Missões destacou o papel educativo das tecnologias de RV. Visitas virtuais imersivas permitem uma compreensão aprofundada do significado histórico e cultural dos locais recriados. Isso não apenas amplia o acesso, mas reforça a importância de preservar e valorizar a memória cultural para futuras gerações. Os estudos apresentados neste artigo demonstram que a imagem digital, quando aliada à computação espacial, transcende o papel representacional tradicional e se torna vetor de presença e mediação sensorial. A possibilidade de explorar um sítio arqueológico por meio de um headset de RV, ou de compreender um monumento através do tato, reforça o potencial dessas tecnologias para promover o acesso ao patrimônio em contextos diversos — da educação formal a iniciativas museológicas e comunitárias. Entretanto, é necessário destacar que o uso de tecnologias imersivas no turismo e na cultura deve ser acompanhado de reflexão crítica sobre suas implicações éticas, sociais e econômicas. A virtualização do patrimônio não pode substituir sua preservação física, nem eliminar a importância das experiências presenciais. Pelo contrário, deve atuar como complemento, expandindo possibilidades de acesso, interpretação e pertencimento. De modo geral e indicial, a integração do digital com o físico, promovida pela fotogrametria e outras tecnologias, poderá representar um avanço significativo no turismo e na preservação do patrimônio. Essa convergência oferece novas formas de vivenciar o mundo, transformando imagens em ambientes interativos e promovendo um diálogo contínuo entre inovação, inclusão e conservação cultural. Conclui-se, portanto, que a fotogrametria, integrada a práticas sensíveis e inovadoras de mediação cultural, tem o potencial de redefinir os modos como percebemos, acessamos e interagimos com o patrimônio. Ao tornar visível o invisível — seja no campo da memória histórica, seja na experiência de públicos com deficiência — essas tecnologias podem contribuir para um turismo mais justo, plural e conectado com os desafios contemporâneos.

Referências

- Adachi, R., Cramer, E. M., & Song, H. (2020). Using virtual reality for tourism marketing: A mediating role of self-presence. *The Social Science Journal*, 59(4), 657–670. <https://doi.org/10.1080/03623319.2020.1727245>
- Adams, A., & Newhall, N. W. (1995). *This is the American Earth*. Sierra Club.
- Adams, A., & Stillman, A. (Ed.). (2000). *The Grand Canyon and the Southwest*. Little, Brown.
- AWE. (2024). End of the Year Recap: XR in 2024. <https://www.awexr.com/blog/End-of-the-Year-Recap-XR-in-2024>
- Bate, D. (2009). *Photography: The key concepts*. Berg.
- Bowers, B. (2001). *Sir Charles Wheatstone*. IEE.

- Bryan, C. D. B. (1987). *The National Geographic Society: 100 years of adventure and discovery*. Harry Abrams.
- Cadoz, C. (1997). *Realidade Virtual*. Ática.
- Campanaro, D. M., & Landeschi, G. (2022). Re-viewing Pompeian domestic space through combined virtual reality-based eye tracking and 3D GIS. *Antiquity*, 96(386), 479-486. <https://doi.org/10.15184/aqy.2022.12>
- Cardoso, A., Neto, M. M., Lima, G. F. M. d., Marotti, A., & Rocha, R. d. O. (2023). Using photogrammetry for reality capture and parametric modeling of physical structures in a hydroelectric power plant: Case study of Mascarenhas de Moraes hydropower plant. In *2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-5). Aveiro, Portugal. <https://doi.org/10.23919/CISTI58278.2023.10212040>
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317>
- Chandar, V., & Ferraioli, J. (2021). *Virtual Reality, Augmented Reality and the Metaverse—Opportunities in Digital Worlds*. Morgan Stanley Wealth Management. <https://advisor.morganstanley.com/gulph-creek-group/documents/field/g/gu/gulph-creek-group/Metaverse.pdf>
- Conti, E., & Lexhagen, M. (2020). Instagramming nature-based tourism experiences: A netnographic study of online photography and value creation. *Tourism Management Perspectives*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100650>
- Cowan, K., Ketrón, S., & Kosty, A. (2023). *The Reality of Virtuality: Harness the Power of Virtual Reality to Connect with Consumers*. De Gruyter.
- Creed, C., Al-Kalbani, M., Theil, A. et al. Inclusive AR/VR: accessibility barriers for immersive technologies. *Univ Access Inf Soc* 23, 59–73 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10209-023-00969-0>
- Cronin, I., & Scoble, R. (2020). *The Infinite Retina: Spatial Computing, Augmented Reality, and how a Collision of New Technologies are Bringing about the Next Tech Revolution*. Packt Publishing.
- Dieck, T. M. C., Han, D.-I. D., & Rauschnabel, P. A. (2024). Augmented reality marketing in hospitality and tourism: A guide for researchers and managers. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 36(13), 97–117. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-09-2023-1513>
- Doyle, P., Gelman, M., & Gill, S. (2016). *Viewing the Future? Virtual Reality in Journalism*. Knight Foundation. <https://knightfoundation.org/reports/vrjournalism/>
- Ferreira, J. E. V. (2021). *Manual de imagens para deficientes visuais*. FFLCH/USP.
- Framer, L. (2015). Do touch the artwork at Prado's exhibit for the blind. NPR.org. <https://www.npr.org/sections/parallels/2015/05/26/408543587/do-touch-the-artwork-at-prados-exhibit-for-the-blind>
- Granshaw, S. I. (2019). Laussedat bicentenary: Origins of photogrammetry. *Photogrammetric Record*, 34(1), 128-147. <https://doi.org/10.1111/phor.12277>
- Grau, O. (2007). *Arte virtual: Da ilusão à imersão*. Unesc.
- Greenwold, S. (2003). *Spatial computing*. (Master's thesis). MIT Graduate Program. Retrieved December 22, 2019, from <https://web.media.mit.edu/~simon/www/SpatialComputing.pdf>

- Groetelaars, N. J. (2004). Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas. *Universidade Federal da Bahia*. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/12139?mode=full>
- Hacking, J. (2012). *Tudo sobre fotografia*. Sextante.
- Hersh, M. (2020). Technology for inclusion. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373655>
- Jones, R. (2024). The agony and ecstasy (and nausea) of VR tourism. *Inverse*. <https://www.inverse.com/tech/vr-tourism-meta-quest-3-apps-review>
- Jung, T., & Dieck, M. C. T. (Eds.). (2018). *Augmented Reality and Virtual Reality: Empowering Human, Place and Business*. Springer.
- Killough, D. et al. XR for All: Understanding Developers' Perspectives on Accessibility Integration in Extended Reality. ACM, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.16321>
- Lachambre, S., Lagarde, S., & Jover, C. (2017). *The Photogrammetry Workflow*. Unity. https://unity3d.com/files/solutions/photogrammetry/Unity-Photogrammetry-Workflow_2017-07_v2.pdf
- Lanier, J. (2017). *Dawn of the New Everything: Encounters with Reality and Virtual*. Kindle Edition.
- Liu, Y., Yiu, C.K., Zhao, Z. et al. Soft, miniaturized, wireless olfactory interface for virtual reality. *Nat Commun* 14, 2297 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37678-4>
- Lo, I. S., McKercher, B., Lo, A., Cheung, C., & Law, R. (2011). Tourism and online photography. *Tourism Management*, 32(4), 725-731. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.06.001>
- Lo, W. H., & Cheng, K. L. B. (2020). Does virtual reality attract visitors? The mediating effect of presence on consumer response in virtual reality tourism advertising. *Information Technology & Tourism*, 22, 537-562. <https://doi.org/10.1007/s40558-020-00190-2>
- Luz, F., & Peixoto, R. (2015). Fotografia estereoscópica do séc. XIX: As experiências de efeito de espetáculo nas origens da fotografia e do cinema. In *AVANCA / CINEMA 2015 International Conference*.
- Manovich, L. (2001). *The language of new media*. MIT Press.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telemanipulator and Telepresence Technologies* (Proc. SPIE 2351). <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Murray, J. (2003). *Hamlet no holodeck: O futuro da narrativa no ciberespaço*. Unesp.
- Newhall, B. (1982). *The history of photography: From 1839 to the present*. Museum of Modern Art. <https://archive.org/details/historyofphotogr0000newh>
- Parker, C., Yoo, S., Lee, Y., Fredericks, J., Dey, A., Cho, Y., & Billingham, M. (2023). *Towards an inclusive and accessible metaverse*. In *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI EA '23) (pp. 1–5). ACM. <https://doi.org/10.1145/3544549.3573811>
- Parmeggiani, P. (2016). From grand tour to virtual tour: Italy through the stereoscope in 1900. *Visual Studies*, 31(3), 231-247. <https://doi.org/10.1080/1472586X.2016.1209985>
- Persky S, Dolwick AP. Olfactory Perception and Presence in a Virtual Reality Food Environment. *Front Virtual Real*. 2020;1:571812. doi: 10.3389/frvir.2020.571812.

- Peters, T. M., Linte, C. A., Yaniv, Z., & Williams, J. (Eds.). (2020). *Mixed and augmented reality in medicine*. Routledge. <https://www.routledge.com/Mixed-and-Augmented-Reality-in-Medicine/Peters-Linte-Yaniv-Williams/p/book/9780367570767>
- Purgal, F., & Navarro, J. P. (2024). ArtofCorner and Capturing Reality bring a 130-year-old artist's studio to life. Intel. <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/articles/case-study/artofcorner-and-capturing-reality-bring-a-130-year-old-artists-studio-to-life.html>
- Reality Capture. (2024). *Mastering Megascans: A Guide to Photogrammetry and Asset Creation*. Epic Games. <https://dev.epicgames.com/community/learning/paths/yzG/unreal-engine-capturing-reality-principles-of-photogrammetry-and-scanning>
- Reyes, E., & Manovich, L. (2020). Cultural Viz: An aesthetic approach to cultural analytics. *Leonardo*, 53(4), 408–414. https://doi.org/10.1162/leon_a_01927
- Rheingold, H. (1992). *Virtual reality*. Mandarin.
- Rocha, G., & Pase, A. (2024). Exploration Journalism: proposal from experiences in virtual and augmented realities. *Brazilian Journalism Research*, 20(1), e1551. <https://doi.org/10.25200/BJR.v20n1.2024.1551>
- Rodríguez González, E., Casals Ausió, J. R., & Celestino Pérez, S. (2022). Application of real-time rendering technology to archaeological heritage virtual reconstruction: The example of Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz, Spain). *Virtual Archaeology Review*, 14(28), 38–53. <https://doi.org/10.4995/var.2023.17460>
- Ryan, M.-L. (2001). *Narrative as virtual reality: Immersion and interactivity in literature and electronic media*. John Hopkins University Press.
- Schwartz, J., & Ryan, J. (Eds.). (2020). *Picturing place: Photography and the geographical imagination*. Routledge.
- Tang, Y., Cerasoni, J., Hallett, Y., & Niccolo, E. (2024). High-resolution "DIY" photogrammetry - HRP protocol V.2. *Protocols.io*. <https://www.protocols.io/view/high-resolution-34-diy-34-photogrammetry-39-hrp-39-q26g787n1lwz>
- Turazzi, M. I. (1995). Poses e trejeitos: A fotografia e as exposições na era do espetáculo (1839-1889). Rocco.
- Xiangxiong, K., & Hucks, R. G. (2023). Preserving our heritage: A photogrammetry-based digital twin framework for monitoring deteriorations of historic structures. *Automation in Construction*, 152, 104928. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104928>
- Xiao, C., Zhu, Y., Die, H., & Xie, Z. (2020). The impact of TikTok video marketing on tourist destination image cognition and tourism intention. In *2020 International Workshop on Electronic Communication and Artificial Intelligence (IWECAI)* (pp. 116–119).
- Zuelow, E. (2016). *A history of modern tourism*. Palgrave.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Contribuição dos autores: Giovanni Guizzo da Rocha: Conceituação, pesquisa, metodologia, uso de softwares, redação - produção do rascunho original e redação - revisão e edição.

Financiamento: Não se aplica

Aspectos éticos: Não se aplica

Apresentação prévia: Não se aplica

Agradecimentos: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN; Associação de Pais e Amigos dos Deficientes Visuais - APADEV

Histórico: Submetido/Received: 30 dez 2024

Aprovado/Accepted: 04 abr 2025