

From 3D digital mapping and documentation of Cultural Heritage to virtual reality applied in the educational environment

Simone Helena Tanoue Vizioli¹, André Frota Contretas Faraco², Ana Elisa Pereira Chaves³, Francisco Ferreira Peppe⁴, Gabriel Pazeti⁵, Letícia Souza Vieira⁶, Pedro Henrique Gomes Teixeira⁷

¹Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil
simonehvt@usp.br

²Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil
frotafaraco@usp.br

³Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil
anaelisapchaves@usp.br

⁴Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil
franciscopeppe@usp.br

⁵Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil
gabrielp@usp.br

⁶Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil
leticiasvieira@usp.br

⁷Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil
pedrohg@usp.br

Abstract. The ongoing research at the Institute of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo, with funding from FAPESP in 2023, aimed to contribute to the documentation of the architectural heritage of São Carlos, through 3D digital mapping and its application on education, using Virtual Reality. For the heritage documentation, it was used the photogrammetry - SfM (Structure from Motion) method, aero photogrammetry with the aid of drone (DJI Mavic Mini Pro Drone with 48MP camera) and laser scanning (FOCUS s350 Scanner and FOCUS M70 Laser Scanner). For the Virtual Reality experience, it used Oculus Rift S and Oculus Quest 2. The experimental and qualitative methodology was used as a deployment, the data collected were used as base data, allowing multiscale immersion with the use of VR glasses in the creative design process for the building of the Dr. Álvaro Guião State School.

Keywords: Cultural Heritage, Eclecticism, Photogrammetry, Laser Scanner; Virtual Reality

1 Introdução

A documentação do patrimônio histórico é um processo complexo, principalmente no que tange ao levantamento de dados e sua sistematização científica. É preciso, primeiramente, entender o patrimônio como um processo - porque o receptor da herança cultural adiciona à memória do grupo a sua própria experiência, formatando a informação recebida para devolvê-la ao composto, transformando o patrimônio em objeto informacional. E é dessa forma que se viabiliza a sua preservação (Dodebei, 2011). Ou seja, o patrimônio deve ser apreendido não apenas como um objeto, mas como um valor agregado de informações sobre ele (Dodebei, 2006).

No caso específico deste trabalho, abordou-se a documentação por meio de modelo obtido a partir das tecnologias de escaneamento a laser e fotogrametria (Figuras 1 e 2). Estas operações sobre o edifício viabilizaram um modelo digital que permitiu um dimensionamento preciso e a definição das características das superfícies do edifício.

A pesquisa, além de contribuir para a documentação do patrimônio por meio da aquisição massiva de dados por fotogrametria e escaneamento a laser, procurou testar a viabilidade da utilização do modelo de nuvem de pontos no processo projetivo. Testou-se a interoperabilidade entre os softwares de mapeamento digital com os de realidade virtual em duas oficinas de projeto (Figura 3).



Figura 1, 2, 3. Levantamento por escaneamento a laser; modelo em nuvem de pontos da Escola Álvaro Guião; visualização da nuvem de pontos em realidade virtual - óculos 3D; visualização do modelo mesh em realidade virtual. Fonte: Acervo NELAC IAU USP, 2023.

Adotou-se como objeto de trabalho, o edifício que abriga a Escola Estadual Doutor Álvaro Guião, inaugurado em 1916 e representante do patrimônio cultural são-carlense. O edifício de arquitetura eclética foi projetado pelo arquiteto Carlos Rosencrantz, que concebeu a implantação com o acesso principal no eixo de simetria entre duas alas, coincidindo-o com a bissetriz do ângulo formado pela

esquina de duas ruas. Esta solução confere monumentalidade e um efeito quase cenográfico ao edifício, que ainda conta com uma variada ornamentação eclética que vai desde o vocabulário clássico até o *Art Nouveau* (Wolff, 2010).

A escola Dr. Álvaro Guião, inicialmente, serviu como Escola Normal, transformando-se, depois, em escola de ensino fundamental e médio, como funciona até os dias de hoje. Por isso, é tombada a nível municipal pelo Conselho Municipal de Defesa do Patrimônio Histórico, Artístico e Ambiental de São Carlos (CONDEPHAASC) e faz parte do conjunto de 126 edifícios escolares tombados pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT).

Os processos digitais envolvidos no desenvolvimento deste trabalho foram a fotogrametria, o escaneamento a laser e a projeção em ambiente de realidade virtual, brevemente descritos a seguir.

1.1 Fotogrametria

O processo da fotogrametria possibilita a criação de um modelo tridimensional low poly, de baixa resolução, ou high poly, alta resolução, com elevado detalhamento da estrutura, capturando informações quanto às cores e patologias existentes no edifício. Em comparação com outras metodologias, como o escaneamento a laser, a fotogrametria torna-se mais viável devido ao baixo custo envolvido no processo. (CAMPOS, CATTANI, da SILVA, 2020; AMORIM e GROETELAARS, 2008; SHULTS, 2017).

Um dos avanços significativos na fotogrametria se deu nos últimos 10 anos com a criação do método SfM (Structure from Motion ou também chamada de DSM, Dense Stereo Matching ou Dense Surface Modeling), com a criação da técnica de estereorestituição. Segundo Amorim e Groetelaars (2004), a técnica utiliza duas fotos do mesmo objeto com centros de perspectivas diferentes, denominadas estereopar, de modo que os eixos ópticos sejam paralelos entre si ou o mais próximo possível. Nesse método os pontos do objeto são determinados por meio da identificação de dois pontos homólogos nas áreas de sobreposição das imagens. (TOLENTINO, 2017; TAPINAKI, et al., 2021).

Hoje, a fotogrametria é bastante utilizada no processo de documentação arquitetônica devido ao aumento do acesso a computadores que permitem processar os dados obtidos com essa técnica (GROETELAARS; AMORIM, 2013).

1.2 Laser Scanner

O Escaneamento a Laser é uma tecnologia que possibilita, por meio da emissão de várias faixas de laser, registrar diretamente em nuvens de pontos os objetos desejados. A etapa de escaneamento tem início com um

planejamento estratégico de cada *scan*. O *scan* feito nas configurações escolhidas dura aproximadamente 4 minutos. Essas configurações podem ser alteradas caso seja desejada uma nuvem de pontos com maior densidade ou precisão quanto à fidelidade com o edifício real, e os *scans* podem levar mais de uma hora cada. Para os propósitos dessa pesquisa, entretanto, a seleção realizada dos níveis de qualidade e precisão já era satisfatória.

O processo de escaneamento requer o cumprimento rigoroso de um conjunto de ações de segurança e proteção ao equipamento. Após o uso do scanner em cada um dos pontos desejados, é necessário que haja um processamento da nuvem de pontos em softwares específicos. Nesse projeto, foram utilizados o FARO SCENE, da empresa FARO, que é também a desenvolvedora do Scanner, e o Autodesk Recap, da Autodesk. O FARO SCENE apresenta um conjunto de vantagens por ser um software próprio da empresa que construiu o scanner. Nestes softwares, é possível observar cada um dos *scans* separadamente, assim como é possível uni-los na formação da nuvem de pontos.



Figuras 4,5 e 6. Nuvem de pontos com objeto e entorno. Fonte: Rigoni, 2023.

Nas figuras 4 e 5 tem-se a nuvem de pontos em duas resoluções distintas e na figura 6 é possível identificar um conjunto de pontos indesejados para o estudo do edifício. Assim, os softwares são essenciais não apenas para a elaboração da nuvem de pontos, mas também para sua “limpeza”, que diminui consideravelmente o tamanho do arquivo e facilita sua exportação. O formato geralmente utilizado, com o Recap, é .rcs. A Nuvem de pontos bruta da Escola Estadual Dr. Álvaro Guião tem 250GB. Sua versão compactada tem 160GB e, por meio de alterações de resolução e limpezas, esse arquivo foi reduzido para 11GB (menor tamanho obtido, no formato .E57).

1.3 Realidade Virtual

A realidade virtual permite grande imersão com a utilização de dispositivos como um Head-Mounted Display (HMD), popularmente conhecido como óculos de Realidade Virtual. Além disso, a utilização da RV possibilita a expansão do campo de experimentação de métodos de ensino e representação pois, traz para o universo virtual, o que antes era difícil: perceber

a espacialidade de um projeto arquitetônico em um momento anterior à sua construção real no mundo real (Fukuda, Novak & Fujii, 2019). Ainda, a realidade virtual também pode impulsionar a qualidade dos processos colaborativos tanto de projeto arquitetônico quanto de aprendizagem. Para Sopher & Gero (2021), o uso de sistemas de RV como meios de comunicação na prática de design e ensino tem crescido significativamente.

Além disso, os autores afirmam que, ao permitir que os usuários experimentem uma sensação de presença no ambiente digital, os sistemas de RV têm a promessa de afetar o aprendizado do projeto ao criar uma mudança na comunicação crítica. A definição comum afirma que os dois principais componentes, imersão e presença, embutidos na realidade virtual, ajudam a alocar a comunicação entre o sistema e o usuário. Destaca-se também que em decorrência da maior acessibilidade somada a uma melhoria de recursos e funcionalidades: a utilização da Realidade Virtual e seus dispositivos se tornou mais popular (Kieferle & Woessner, 2019).

2 Metodologia

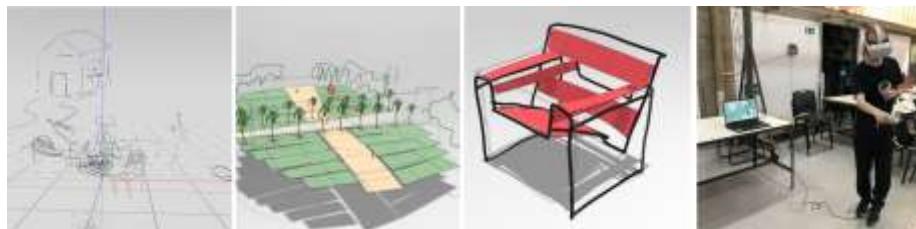
Em abril de 2023 ocorreram no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU USP) dois workshops de Desenho em Realidade Virtual. A oficina do dia 26/04 objetivou introduzir as ferramentas do software de desenho em VR *Gravity Sketch* aos alunos da disciplina Linguagens e Processos Espaciais I, de modo a auxiliá-los no processo projetivo de mobiliário urbano de uma praça. Doze alunos utilizaram os óculos (modelos Oculus Rift S e Oculus Quest 2) para desenvolver espacialmente suas ideias projetivas. Apesar da recomendação de realizar os desenhos em escala 1:1, a maioria dos alunos achou mais cômodo desenhar seu mobiliário em menor escala, traçando primeiramente a praça e adicionando os volumes de mobiliário - rotacionando, aumentando e diminuindo o croqui, mas mantendo uma escala virtual do conjunto, baseada no alcance do gesto da mão ou do braço.

Ao exportarem o desenho para a escala real do edifício arquitetônico, muitos apontaram dificuldade no reconhecimento da escala humana e a falta de referencial métrico. Percebida a dificuldade dos alunos em compreender a escala tanto do mobiliário quanto da praça, foi inserido no software um modelo simplificado da praça (em .obj). Apesar de um referencial espacial, constatou-se certa dificuldade dos alunos em movimentarem o modelo digital e percorrerem seus espaços virtualmente.

Em 29/04, ocorreu a Oficina de Desenho Tridimensional em Realidade Virtual: Emprego da tecnologia da Realidade Virtual e do BIM durante a investigação projetual na escola estadual Álvaro Guião. Treze alunos participaram da atividade. Ainda utilizando o Gravity Sketch, importou-se um modelo volumétrico simplificado da escola Álvaro Guião, onde os participantes ficaram livres para propor tridimensionalmente intervenções arquitetônicas. Percebeu-se um sucesso maior dos alunos em realizar seus croquis em escala 1:1 - ou muito próxima dela, pois o modelo Revit da escola permitiu um maior senso espacial e volumétrico, além de oferecer um referencial métrico ao aluno. O workshop do dia 29 se desenvolveu em 4 etapas:

ETAPA 1: apresentação da tecnologia de realidade virtual e do processo de desenho tridimensional. Nesta etapa, foram introduzidos os dispositivos - Oculus Rift S e Oculus Quest 2 - e softwares utilizados - *Gravity Sketch* - assim como as muitas possibilidades de utilização e interoperabilidade.

ETAPA 2: os alunos experimentaram livremente os óculos de realidade virtual (Oculus Rift S e Quest 2) e o software de desenho em RV (Gravity Sketch). Após essa etapa, devido ao cansaço proporcionado pelo uso prolongado do dispositivo de RV e aos possíveis desconfortos como tontura, enjoo, dor de cabeça, optou-se por realizar um breve intervalo antes da etapa 3.



Figuras 7, 8, 9, 10. Desenhos 3D produzidos durante a etapa de experimentação livre com o Gravity Sketch e aluno com óculos 3D. Fonte: Acervo NELAC IAU USP, 2023.

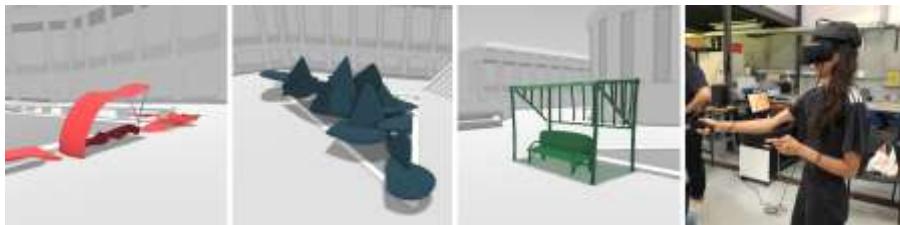
ETAPA 3: não foi possível importar diretamente o modelo de nuvem de pontos gerado pelo escaneamento a laser para o software *Gravity Sketch*, devido ao tamanho do seu arquivo e pela quantidade de faces do modelo. Assim, optou-se em elaborar um modelo 3D produzido no software Autodesk Revit baseado nas medidas extraídas da nuvem de pontos obtidas pelo escaneamento a laser. As plantas e cortes da nuvem de pontos (“medidas *as is*”), foram importadas como imagem para o Revit e ajudaram na modelagem precisa da edificação. O modelo 3D final do pátio interno, ambiente do projeto, foi exportado pelo próprio Revit no formato .obj, resultando em um arquivo de tamanho de 26 Mb, sem texturas, apenas cores, que foi facilmente importado

para o ambiente de desenho em RV do software *Gravity Sketch*. Ver Figuras 11, 12, e 13.



Figuras 11, 12 e 13. Base modelo 3D - eixos sobre planta extraída de nuvem de pontos; modelo 3D completo e vista do pátio interno da Escola. Fonte: Acervo NELAC IAU USP, 2023.

ETAPA 4: o exercício proposto constituiu na elaboração de um mobiliário no pátio central da escola - as formas e os métodos de projeto eram livres, desde que feitos integralmente em realidade virtual. Ver Figuras 14, 15, 16 e 17.

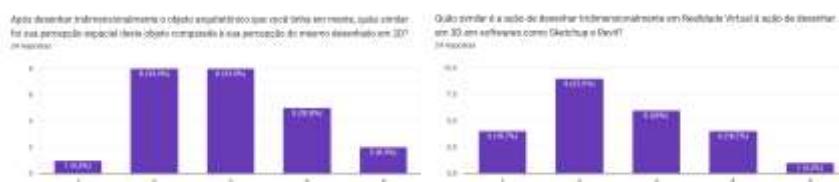


Figuras 14, 15, 16 e 17. Mobiliários obtidos durante o processo de projeto com desenho 3D em RV e aluno com óculos de RV. Fonte: Acervo NELAC IAU USP, 2023.

3 Resultados

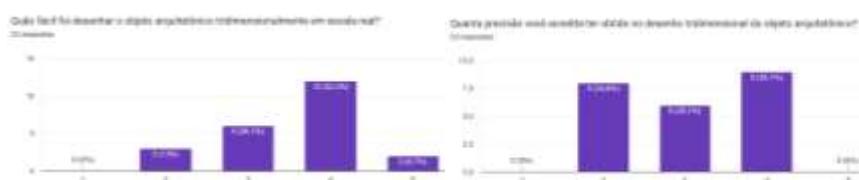
Ao final do processo de projeto, foi pedido aos alunos que respondessem um questionário a fim de se obter retorno em relação ao processo como um todo. Quase 80% dos alunos afirmaram que o desenho em RV pode auxiliá-los “muito” nas etapas iniciais de projeto, mas esse número cai para 46% quando se trata do processo total de projeto. Ainda assim, quando perguntados quão atrativa foi a experiência e quanto a recomendariam, quase a unanimidade dos participantes respondeu “muito”. Em seguida, a partir de características relevantes do processo de desenho em Realidade Virtual - visão 360°, possibilidade de caminhar pelo espaço e objeto, percepção em escala real, luz e sombra, materiais e texturas - perguntou-se em uma escala de 1 (nada) a 5

(muito) quão imersivo é o objeto desenhado e o espaço de desenho e quanto essas características auxiliaram no processo de projeto. De modo geral, a luz e sombra e os materiais e texturas foram os itens que menos contribuíram para o processo projetivo, enquanto a possibilidade de visualização do projeto em 360º destacou-se como a que mais contribuiu. Ao se comparar a percepção espacial do objeto arquitetônico desenhado em 2D em relação àquela em Realidade Virtual, os participantes acharam um pouco similar, ainda que as respostas tenham sido variadas (Figura 18). Quanto à ação de desenhar em Realidade Virtual comparada ao desenho 3D em softwares como Revit e Sketchup, as opiniões também foram diversificadas, sendo pouca a similaridade entre as duas ações de desenho (Figura 19).



Figuras 18 e 19. Questões que comparam a percepção do desenho em 2D e em 3D, em Sketchup e Revit, com o desenho em RV. Fonte: Acervo NELAC IAU USP, 2023.

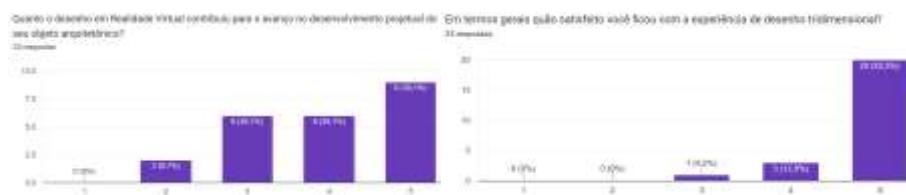
Em relação à operatividade dos óculos de RV, controles de mão e o software *Gravity Sketch*, a maioria dos participantes considerou bem fácil aprender a interface do software e os comandos dos controles (43,5% votaram 4 e 43,5% votaram 5). Quando solicitados a escrever duas dificuldades operacionais encontradas durante o processo de desenho, a dificuldade em reconhecer a escala 1:1 foi uma das mais votadas pelos participantes, apesar do gráfico a seguir indicar que 52,2% consideraram fácil o desenho em escala real (Figura 20). A falta de precisão dos controles de mão também dificultou o desenho do objeto arquitetônico, como mostra o gráfico abaixo (Figura 21):



Figuras 20 e 21. Perguntas sobre a facilidade e a precisão do desenho em RV. Fonte: Acervo NELAC IAU USP, 2023.

Por fim foi solicitado aos alunos que citassem potencialidades do desenho

em realidade virtual para o processo projetivo: incentivo ao processo criativo por meio de croquis, facilidade e imediatismo de visualização da volumetria do objeto, desenho em escala real e imersão na espacialidade do projeto. Frente a essas vantagens 39% dos participantes afirmaram que o desenho em RV ajudou “muito” no desenvolvimento do objeto arquitetônico (Figura 22) enquanto mais de 83% mostraram-se muito satisfeitos com a experiência (Figura 23).



Figuras 22 e 23. Gráficos acerca da contribuição do desenho em RV para desenvolvimento projetual e acerca do nível de satisfação dos alunos com a experiência. Fonte: Acervo NELAC IAU USP, 2023.

4 Discussão

Potencialidades da realidade virtual no processo projetivo: Imersão no processo de projeto: o usuário consegue se “materializar” em um espaço virtual, de modo a emergir no ambiente onde serão realizados os desenhos 3D. Deste modo, programas que possibilitam interações mais diretas com o usuário - como o Gravity Sketch – potencializam as ações passíveis de serem realizadas e elevam a imersão durante o processo de projeto com croquis 3D. Experiência de vivenciar a espacialidade dos objetos no ambiente virtual: os recursos de captura de movimentos do usuário do Oculus Rift S e Quest 2 possibilitam que suas ações no ambiente virtual sejam análogas às realizadas no mundo real. Novas interações entre desenhista e croqui: a realidade virtual e suas interfaces imersivas mesclam consideravelmente o ambiente de realização dos desenhos e o ambiente onde o usuário se encontra. Deste modo, o desenhista não precisa de instrumentos de desenho como lápis, caneta, entre outros, constituindo assim uma relação de interatividade muito diferente da presenciada no processo de desenho convencional, mais direta.

Desafios da realidade virtual no processo projetivo: realização de desenhos 3D sem a utilização de um volume previamente modelado como base: devido à sua ocorrência em um espaço amplo o processo de desenhar em 3D, utilizando

interfaces que não oferecem recursos de guia para os traços, mostra-se difícil. Nesse sentido, a importação de um modelo digital facilita a realização dos desenhos e permite que o processo todo seja mais dinâmico e acelerado. Possíveis desconfortos físicos decorrente da utilização do Oculus Rift S/ Meta Quest 2: a utilização prolongada para o corpo humano dos dispositivos de RV pode causar dores de cabeça, tontura, visão prejudicada, etc. Acessibilidade aos dispositivos e equipamentos de realidade virtual: de modo geral e não apenas ao Oculus Rift S e ao Meta Quest 2, pontua-se o alto preço destes equipamentos, não permitindo uma utilização mais abrangente. Assim, a questão da acessibilidade se apresenta limitante ao avanço de estudos na área de realidade virtual, em especial no contexto brasileiro e de suas universidades públicas.

As tecnologias de fotogrametria e de escaneamento a laser viabilizaram o levantamento arquitetônico da E.E. Dr. Álvaro Guião, edifício de grande valor cultural. Para além da documentação do patrimônio, procurou-se estabelecer uma interoperabilidade entre os produtos dessa documentação e o processo de projeto. Assim, as duas oficinas realizadas no (omitido) foram fundamentais para alguns testes experimentais: constatou-se não ser possível utilizar o modelo de nuvem de pontos elaborado pelo escaneamento a laser diretamente no software Gravity Sketch; porém, a nuvem de pontos foi imprescindível para a construção de um modelo em Revit, com medições “as is” da edificação. Este novo modelo gerou um arquivo compatível em tamanho e número de faces, para importação no Gravity Sketch que permitiu explorar o processo projetivo em realidade virtual. Entende-se que as experiências iniciais apresentadas são merecedoras de estudos complementares para se otimizar as interoperabilidades.

Agradecimentos: ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo pelo apoio e infraestrutura, a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento do Projeto FAPESP 2021/14765-5 e Projeto FAPESP 2022/02255-5.

Referências

- Achille, C.; Adami, A.; Chiarini, S.; Cremonesi, S.; Fassi, F.; Fregonese, L.; Taffurelli, L. (2015). UAV-Based Photogrammetry and Integrated Technologies for Architectural Applications—Methodological Strategies for the After-Quake Survey of Vertical Structures in Mantua (Italy). **Sensors** 2015, 15, 15520-15539. <https://doi.org/10.3390/s150715520>.
- Amorim, A. L.; Groetelaars, N. J.; Lins, E. de A. (2008). Um Centro de Documentação do Patrimônio Arquitetônico. **FORUM PATRIMÔNIO: amb. constr. e patr. sust.**, Belo Horizonte, v.2, n.2, mai./ago. 2008

Campos, S. B. C. Cattani, A. da Silva, F. (2020). Geração de conteúdo em realidade aumentada com o uso de drones na digitalização 3D por fotogrametria, caso da igreja do desterro em São Luís Maranhão. In Nunez, Gustavo Javier Zani; Oliveira, Geísa Gaiger de (Orgs.). Design em pesquisa: vol 3. Porto Alegre : Marcavisual, 2020. p. 534-545.

Dodobei, Vera. (2019). Cultura Digital: novo sentido e significado de documento para a memória social? DataGramZero – Revista de Ciência da Informação, v. 12, n. 2, abril/2011. Disponível em: < http://www.brapci.inf.br/_repositorio/2011/04/pdf_15b7c5a842_0016272.pdf >.

Dodobei, Vera. (2006). Patrimônio e Memória Digital. Revista Morpheus, Programa de Pós-Graduação em Memória Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, v. 5, n. 8, 2006. Disponível em: < <http://seer.unirio.br/index.php/morpheus/article/view/4759> >. Acesso em 11 maio 2020. 14h43'.

Fassi, F. (2007). 3D modeling of complex architecture integrating different techniques—A critical overview. In Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Zurich, Switzerland, 12–13 July 2007; Volume 36-5/W47, p. 11.

Fernández-Alconchel, María; Justo-Estebaranz, Ángel; Moyano, Juan; Nieto-Julián, Juan; Ojeda, Alfonso. (2022). Evaluation of records using terrestrial laser scanner in architectural heritage for information modeling in HBIM construction: The case study of the La Anunciación church (Seville). Journal of Building Engineering, v. 62, 2022. disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105190>.

Fukuda, T.; Novak, M.; Fujii, H. (2019). Development of Segmentation-Rendering on Virtual Reality for Training Deep-learning, Simulating Landscapes and Advanced User Experience. Proceedings of 37 eCAADe and XXIII SIGraDi Joint Conference. São Paulo: Blucher, p. 433-440, 2019. ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/Proceedingsecaadesigradi2019_065.

Kieferle, J. & Woessner, U. (2019). Virtual Reality in Early Phases of Architectural Studies Experiments with first year students in immersive rear projection based virtual environments. In J. Sousa, G. Henriques & J. Xavier (Eds.), Proceedings of 37 eCAADe and XXIII SIGraDi Joint Conference. Porto 2019, São Paulo: Blucher. ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/Proceedings-ecaadesigradi2019_399.

Gordinho, M. C. (2013). Patrimônio escolar: uma saga republicana. São Paulo: Terceiro Nome.

Gregor, Shirley; Hevner, Alan R. (2013). Positioning and presenting design science research for maximum impact. MIS Quarterly: Management Information Systems, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 337–355, 2013. DOI: 10.25300/MISQ/2013/37.2.01.

Groetelaars, Natalie J.; Amorim, Arivaldo L. (2013). A Fotogrametria digital na documentação do Patrimônio Arquitetônico. Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, v. 2, n. 1, 2013.

- Groetelaars, N. J. (2004). Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas, Salvador, 2004
- Lepetit, B. (2016). Arquitetura, geografia, história: usos da escala. In: _____. Por Uma Nova História Urbana. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016. 2. ed. p. 227-262.
- Meneses, U. T. B. (2012). O campo do patrimônio cultural: uma revisão de premissas. In: INSTITUTO do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. I Fórum Nacional do Patrimônio Cultural: Sistema Nacional de Patrimônio Cultural: desafios, estratégias e experiências para uma nova gestão, Ouro Preto/MG, 2009. Brasília, DF: Iphan, 2012. p. 25-39.
- Shabani A., Skamantzari M., Tapinaki S., Georgopoulos A., Plevris V., Kioumarsi M. (2022). 3D simulation models for developing digital twins of heritage structures: challenges and strategies, Procedia Structural Integrity. Volume 37, 2022, Pages 314-320, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.090>.
- Shults, R. (2017). New opportunities of low-cost photogrammetry for culture heritage preservation, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-5/W1, 2017, p. 481-486, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W1-481-2017>.
- Sopher, Hadas & Gero, John. (2021). Effect of Immersive VR on Communication Patterns in Architectural Design Critiques. 10.52842/conf.ecaade.2021.1.123.
- Tolentino, M.; Groetelaars, N. (2017) Levantamento da Igreja de Nossa Senhora da Conceição do Boqueirão através das técnicas fotogrametria digital (stricto sensu) e dense stereo matching (DSM). 1º Simpósio Científico ICOMOS Brasil Belo Horizonte, de 10 a 13 de maio de 2017.
- Wolff, S. F. S. (2010). Escolas para a República: Os Primeiros Passos da Arquitetura das Escolas Públicas Paulistas. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010.