ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Análise de softwares de renderização para visualização de panorama 360° em projetos de arquitetura

Analysis of rendering software for 360° panorama visualization in architectural projects

Alexandre Márcio Toledo
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | alexandre.toledo@fau.ufal.br
Sheila Silva Guabiraba
Universidade Federal de Alagoas| Maceió| Brasil|sheila.guabiraba@arapiraca.ufal.br

Resumo

A Realidade Virtual na arquitetura aprimora a compreensão espacial e a apresentação de projetos. No entanto, escolher o software ideal para criar visualizações, como panoramas 360°, ainda é um desafio devido à variedade de opções e suas especificidades. Este artigo apresenta uma análise comparativa de softwares de renderização com foco na produção de imagens panorâmicas 360° para aplicação em projetos de arquitetura. O objetivo principal é identificar qual software oferece as melhores condições para a visualização de panoramas 360°, auxiliando na percepção espacial e compreensão dos projetos arquitetônicos. A metodologia empregada inclui a renderização de um modelo 3D e a avaliação de três softwares distintos: Enscape, Lumion e V-Ray. Um quadro detalhado de parâmetros é apresentado, fornecendo dados precisos sobre o desempenho de cada software, abrangendo aspectos como custo, tempo de renderização e curva de aprendizado. Os resultados destacam as características de cada ferramenta, evidenciando suas capacidades e limitações, com a constatação de que, atualmente, o software Enscape apresenta as melhores condições para a produção de panoramas 360° em projetos arquitetônicos. A contribuição deste estudo reside em oferecer uma orientação prática para estudantes e profissionais de arquitetura na escolha do software adequado que promova eficiência e qualidade na produção visual de imagens panorâmicas, facilitando o entendimento e a comunicação dos projetos.

Palavras-chave: Softwares de Renderização. Panorama 360. Projetos de arquitetura. Análise comparativa.

Abstract

Virtual Reality in architecture improves spatial understanding and project presentation. However, choosing the ideal software to create visualizations, such as 360° panoramas, is still a challenge due to the variety of options and their specificities. This article presents a comparative analysis of rendering software with a focus on producing 360° panoramic images for application in architectural projects. The main objective is to identify which software offers the best conditions for viewing 360° panoramas, helping with spatial perception and understanding of architectural projects. The methodology used includes the rendering of a 3D model and the evaluation of three different software programs: Enscape, Lumion and V-Ray. A

Como citar:
GUABIRABA, S.; TOLEDO, A. Template para a conferência ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

detailed table of parameters is presented, providing accurate data on the performance of each software, covering aspects such as cost, rendering time and learning curve. The results highlight the characteristics of each tool, highlighting their capabilities and limitations, with the observation that, currently, the Enscape software presents the best conditions for producing 360° panoramas in architectural projects. The contribution of this study lies in offering practical guidance for architecture students and professionals in choosing the appropriate software that promotes efficiency and quality in the visual production of panoramic images, facilitating the understanding and communication of projects.

Keywords: Rendering Software. Panorama 360. Architectural projects. Comparative analysis.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso da Realidade Virtual na arquitetura tem ganhado destaque como uma ferramenta crucial para melhorar a compreensão espacial e a apresentação de projetos. Entretanto, a escolha do software de renderização mais adequado para criar visualizações de alta qualidade, como panoramas 360°, continua sendo um desafio significativo para profissionais e estudantes da área. O grande número de opções disponíveis, cada uma com suas características específicas em termos de custo, eficiência, qualidade de renderização e curva de aprendizado, complica a tomada de decisão. Essa diversidade de escolhas levanta a questão: qual software realmente oferece o melhor equilíbrio entre custo-benefício e eficácia na produção de visualizações arquitetônicas realistas e de panoramas 360°?

O objetivo primordial desta pesquisa é identificar qual dos softwares de renderização melhor se adequa para a produção de panoramas 360° em projetos de arquitetura, focando na qualidade visual e na eficiência do processo de renderização. Para isso, serão avaliados critérios como custo, tempo de renderização, curva de aprendizado e outras características relevantes que influenciam a escolha do software mais adequado para visualização e apresentação de projetos arquitetônicos.

PROJETO DE ARQUITETURA

Um protótipo permite que o interlocutor materialize seu conceito, facilitando sua compreensão, exploração, comunicação e avaliação por outra pessoa. Esse protótipo, que pode ser um projeto de arquitetura físico ou virtual. Contudo, muitas técnicas utilizadas nesse processo, como a apresentação do projeto em duas dimensões, não são compreendidas por todas as partes envolvidas, incluindo projetistas e clientes [1].

Com o auxílio do computador, desenvolver a criação de imagens, animações, modelos tridimensionais e ambientes interativos imersivos para a arquitetura, ampliou as possibilidades das projeções geométricas. Essas inovações permitiram controlar os limites das convenções abstratas associadas às representações tradicionais [2].

Compreender que a tecnologia computacional trouxe inúmeras melhorias nas etapas de representação de projetos, que anteriormente eram demonstradas por meio de desenhos perspectivados feitos à mão ou maquetes físicas em escala reduzida, é essencial. Agora, com maquetes eletrônicas 3D, é possível diversificar a apresentação de um projeto arquitetônico, oferecendo vistas internas e externas a partir de um único modelo digital [3].

Em síntese, o desenho para o arquiteto, como forma de expressão para apresentar suas criações e concepções, evoluiu das linhas no papel para imagens tridimensionais que simulam a realidade. Essas representações de projetos arquitetônicos, seja no papel ou digitalmente, oferecem ao usuário uma forma clara e eficaz de visualizar os projetos [4].

MODELAGEM 3D

A modelagem tridimensional (3D) transforma a forma como percebemos e interagimos com o desenho, permitindo a criação de modelos complexos a partir de formas básicas. Essa técnica oferece uma compreensão espacial mais precisa, indo além de representações tradicionais em papel, como planta baixa e cortes, e facilitando a interação e a visualização dos projetos [5].

A modelagem de um projeto em maquete digital 3D permite realizar mudanças de forma dinâmica e interativa. Isso possibilita que o espectador explore o ambiente por meio de um tour virtual ou até mesmo produza animações utilizando a maquete [6]. (Figura 1).

Figura 1: Maquete digital do Projeto Farnsworth House, Mies van der Rohe - Sketchup



Fonte: 3D Warehouse, 2024.

Essa abordagem proporciona uma representação altamente expressiva e detalhada, podendo inclusive ajudar a identificar e evitar possíveis problemas que poderiam passar despercebidos nas técnicas de visualização tradicionais [6].

RENDERIZAÇÃO

Define que cenas geradas durante a confecção de uma modelagem 3D se faz necessário o aperfeiçoamento dessas representações, para produzir uma imagem com aparência mais realista possível, sendo este um processo gráfico, chamado de renderização, ou *rendering*. Tal qual, remete-se muito às técnicas de fotografia, onde se planeja enquadramento e jogo de luz e sombra que faz evoluir os recursos de melhoramento das superfícies de acabamento, possibilitando representar relevo nas texturas, diferenciar níveis de transparências e reflexos, dentre tantos outros recursos [7]. (Figura 2).

Figura 2: Cena da maquete digital do Projeto Farnsworth House - modelado no programa Sketchup(`a esquerda) e renderizado no programa Enscape (à direita).

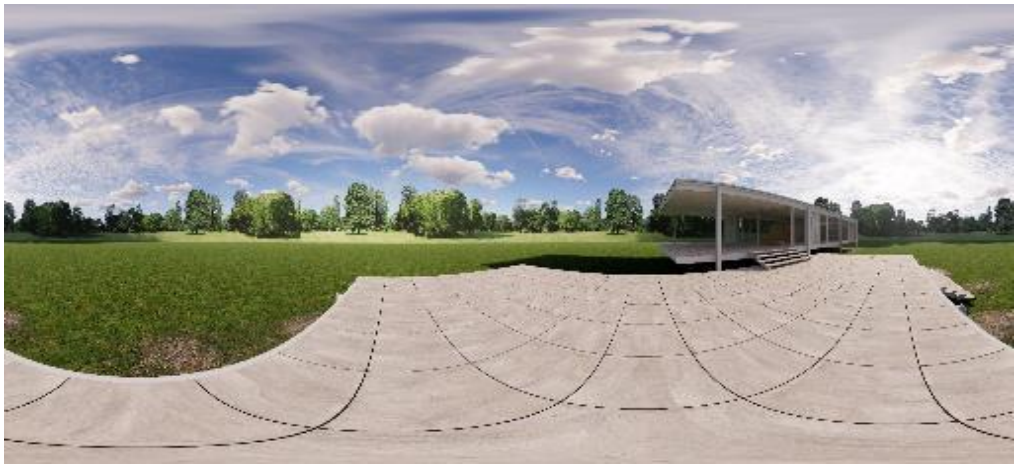


Fonte: o autor, 2024.

PANORAMA 360°

A observação de um projeto em 360° implica na exibição de imagens panorâmicas esféricas que retratam fielmente locais do mundo real, possibilitando ao usuário uma experiência interativa e imersiva em plataformas digitais de realidade virtual [8]. A captura de imagens para essa finalidade pode ser feita por câmeras especializadas em produzir imagens de 360° ou através da geração de renderizações por meio de computação gráfica [9]. Conforme o exemplo na figura 03.

Figura 3: Panorama 360° do Projeto Farnsworth House



Fonte: o autor, 2024.

A realidade virtual (RV) representa um avanço significativo na interação homem-computador, criando ambientes imersivos que permitem ao usuário experimentar e manipular um espaço digital em tempo real. Na arquitetura, essa tecnologia é empregada para simular ambientes construídos, oferecendo uma visualização realista e interativa dos projetos antes de sua execução [10].

As principais ideias da realidade virtual incluem a imersão, que ocorre por meio da visualização estereoscópica, criando a ilusão de que o usuário faz parte do ambiente virtual, e a navegação, que permite ao usuário explorar esse ambiente virtual como se ele estivesse nele em escala natural [11].

A essa experiência pode ser classificada como Realidade virtual “imersiva” ou Realidade virtual “não imersiva”. Considerada “imersiva” quando há uma interação completa do usuário com o ambiente virtual por meio de dispositivos multissensoriais, como capacetes ou óculos, luvas e outros equipamentos [12]. Entretanto [13] cita a forma “não imersiva” é quando não requer o uso de equipamentos periféricos, onde a interação do usuário acontece apenas ao manusear a modelagem 3D após a renderização que geram imagens em perspectivas no formato panorâmico, permitindo ao usuário total liberdade de movimento fazendo rotação da imagem em 360° graus.

Logo, a partir de panoramas 360° desenvolvidos através da renderização de modelos 3D é possível interagir tanto com uma realidade virtual “imersiva” com o uso de periféricos como óculos VR como interagir com uma realidade virtual “não imersiva” através da projeção em telas de monitores e dispositivos móveis. (figura 04).

Figura 4: Visualização estereoscópica para periférico do Projeto Farnsworth House (à esquerda acima); Autora visualizando o Panorama 360°, transformada da cena estereoscópica projetada em um smartphone acoplado em um periférico de óculos RV (à direita acima); Visualização do Panorama 360° em tela de computador (à esquerda abaixo) e Visualização do Panorama 360° em tela de dispositivo móvel (à direita abaixo).



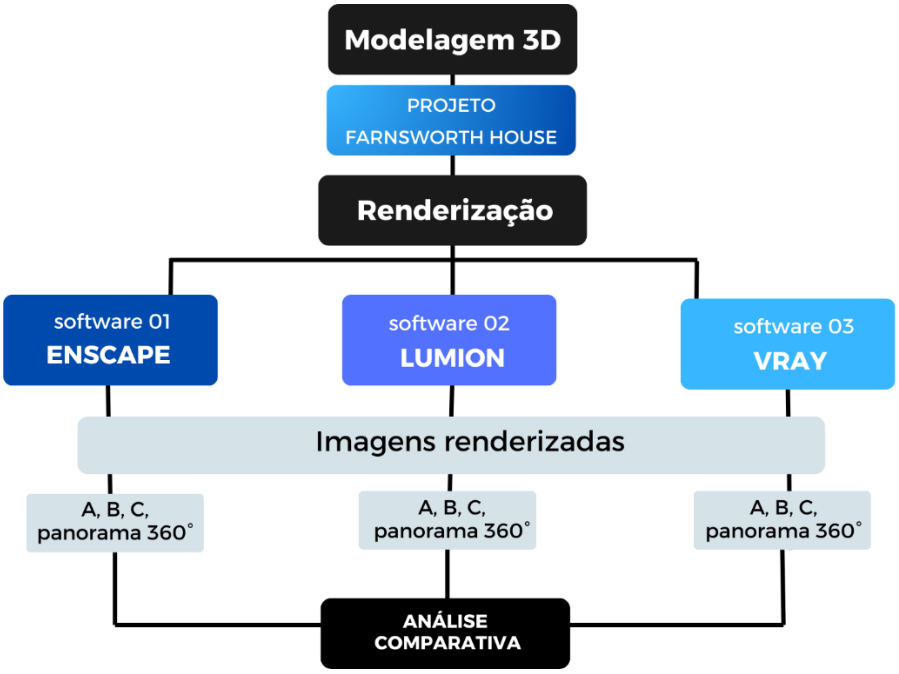
Fonte: o autor, 2024.

É importante destacar que, que as ferramentas digitais empregadas atualmente não devem ser vistas como concorrentes dos métodos tradicionais, mas sim como complementares, visando a integração entre tecnologias digitais e analógicas [14].

METODOLOGIA APLICADA

A metodologia empregada neste estudo é simulação computacional que consiste na elaboração de imagens estáticas mas principalmente panoramas 360° renderizados da modelagem 3D do Projeto Farnsworth House do famoso arquiteto Mies van der Rohe, utilizando 3 diferentes softwares de renderização para arquitetura (Figura 5).

Figura 5: Diagrama esquemático da metodologia aplicada



Fonte: o autor, 2024.

A crescente adoção da tecnologia de RV na arquitetura tem impulsionado a busca por diversos softwares de renderização capazes de fornecer experiências imersivas e não imersivas de alta qualidade. Contudo, o presente estudo se propõe a realizar a análise comparativa entre três importantes softwares de renderização: Enscape, Lumion e Vray (Figura 6).

Sobre a modelagem 3D utilizada, a Farnsworth House de Mies van der Rohe, com sua arquitetura neutra e minimalista, foi a escolha ideal para a análise comparativa. Este projeto residencial famoso, amplamente documentado, está disponível em modelos gratuitos para Sketchup no site de blocos tridimensionais, o 3D Warehouse. A casa oferece uma rica diversidade de elementos, incluindo ambientes internos e externos e várias texturas, como pisos, tetos, metal, vidro, madeira, couro, vegetação, luz natural e artificial. Esses atributos permitem uma análise abrangente das capacidades dos softwares em renderizar materiais e espaços, tornando a Farnsworth House uma escolha excelente para simulação computacional. (Figura 6).

Figura 6: Fotografias reais do Projeto Farnsworth House - Mies van der Rohe



Fonte: https://savingplaces.org/places/farnsworth-house

Dispondo das fotografias reais do Projeto Farnsworth House como referência e utilizando da modelagem 3D para Sketchup captada do site 3D Warehouse, foi desenvolvido uma sequência de 4 cenas renderizadas para cada um dos 3 softwares,

tendo sido estas nomeadas e referenciadas respectivamente de: **Imagem A** (cena ampla do projeto); **Imagem B** (cena externa do projeto); **Imagem C** (cena interna do projeto) e **Panorama** (cena 360°).

Posteriormente, será realizada uma avaliação criteriosa apresentando parâmetros em um quadro detalhado. Esses parâmetros foram escolhidos de forma a fornecer dados precisos sobre o desempenho de cada software, abrangendo aspectos como custo, tempo de renderização, facilidade de uso e recursos disponíveis para a criação de experiências imersivas com RV.

ENSCAPE

Primeiramente no programa de modelagem 3D Sketchup foram criadas 3 cenas, que logo foram enviadas para renderização no software 01 - **Enscape**. Levando em consideração um usuário com pouco ou nenhum conhecimento no programa, o conjunto de imagens A, B e C (Figura 7), foram renderizadas sem quaisquer configurações prévias básicas ou avançadas, apenas enviadas em tempo real do Sketchup para o Enscape e desenvolvidas no formato PNG em alta resolução 4k, exportadas em um tempo considerado rápido que variou entre 55, 20 e 18 segundos respectivamente.

Figura7: Conjunto de Imagens A,B e C renderizadas no Software 01 - Enscape



Fonte: o autor, 2024.

Já para confecção do panorama 360° (Figura 8), a vista inicial foi posicionada com base na Imagem B referente a cena externa do projeto, considerando os mesmos requisitos para renderização das imagens anteriores o tempo para exportação neste caso foi de 6 minutos e 31 segundos.

Figura 8: Panorama 360° renderizado no Software 01 - Enscape



Fonte: o autor, 2024.

Vale salientar que a compatibilidade do software de modelagem (Sketchup) com o software de renderização (Enscape), conseguiu identificar previamente as principais texturas e fazer automaticamente ajustes pertinentes e favoráveis para as cenas, mesmo sem o refinamento das configurações, algo que possíveis usuários com conhecimentos avançados conseguiriam aplicar para obtenção de melhores resultados com imagens ainda mais realistas.

LUMION

Em seguida, ainda no programa de modelagem 3D Sketchup com as 3 cenas que foram criadas, a modelagem foi enviada para renderização no software 02 - **Lumion**. Considerando um usuário com pouco conhecimento no programa, o conjunto de imagens A, B e C (Figura 9), foram renderizadas tendo sido realizada configurações prévias básicas de reconhecimento de algumas faces da modelagem como vidro e grama. As imagens foram desenvolvidas no formato PNG em alta resolução 4k, exportadas em um tempo aproximado de 1 minuto cada.

Figura 9: Conjunto de Imagens A, B e C renderizadas no Software 02 - Lumion



Fonte: o autor, 2024.

Para confecção do panorama 360° (Figura 10), a vista inicial foi posicionada com base na Imagem B referente a cena externa do projeto, considerando os mesmos requisitos para renderização das imagens anteriores o tempo para exportação foi de 9 minutos e 27 segundos.

Figura 10: Panorama 360° renderizado no Software 02 - Lumion



Fonte: o autor, 2024.

A compatibilidade do software de modelagem (Sketchup) com o software de renderização (Lumion), conseguiu identificar parcialmente as texturas, tendo sido necessário o ajuste manual de algumas delas.

Dessa forma foi necessário ter um conhecimento básico do programa para fazer as configurações e trazer um refinamento para cenas e assim obter um melhor resultado com imagens realistas.

VRAY

Por último, ainda no programa de modelagem 3D Sketchup com as 3 cenas que foram criadas, a modelagem foi enviada para renderização no software 03 - **Vray**. Igualmente ao software anterior, considerando um usuário com pouco conhecimento, o conjunto de imagens A, B e C (Figura 11), foram renderizados tendo sido realizada configurações prévias básicas na modelagem, neste caso os ajustes foram referentes a representação de céu e iluminação natural. Foram desenvolvidas imagens no formato PNG em alta resolução 4k, exportadas em um tempo que variou entre 2, 7 e 11 minutos respectivamente.

Figura 11: Conjunto de Imagens A,B e C renderizadas no Software 03 - Vray



Fonte: o autor, 2024.

O panorama 360° (Figura 12), também teve a vista inicial posicionada com base na Imagem B, considerando os mesmos requisitos para renderização das imagens anteriores o tempo para exportação foi de 11 minutos e 25 segundos.

Figura 12: Panorama 360° renderizado no Software 03 - Vray



Fonte: o autor, 2024.

Neste caso a compatibilidade do software de modelagem (Sketchup) com o software de renderização (Vray), não conseguiu identificar muitas texturas como os softwares anteriores, tendo sido necessário o ajuste manual e preciso da modelagem. Foi fundamental ter um conhecimento básico do programa para fazer as configurações e trazer um refinamento as cenas e assim obter um resultado com imagens realistas.

Em suma destaca-se a limitação de reconhecimento prévio de texturas que facilita o manuseio por um usuário iniciante, apresenta menus de configuração robustos e mais profissionais que o Enscape e Lumion, além do tempo de renderização que foi superior

aos anteriores, apesar do ótimo resultado final o processo até aqui foi mais difícil que os outros softwares de renderização utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha do software de renderização adequado é crucial para profissionais e estudantes de arquitetura, design de interiores e outras áreas relacionadas ao mundo da modelagem 3D. Nesta análise, foi comparado 3 dos softwares mais populares no mercado: Enscape, Lumion e Vray, com base em parâmetros como custo, curva de aprendizado, qualidade e funcionalidades entre outros (Quadro 1).

Quadro 1: Parâmetros para análise comparativa dos 3 softwares de renderização

Parâmetros	**Enscape**	**Lumion**	**Vray**
Site oficial	site enscape	site lumion	site vray
Teste Grátis	14 dias	14 dias	30 dias
Versão Gratuita	Educacional	Educacional	Não
Planos pagos	R$ 246,43 mês	R$ 355,61	R$ 225,41
Plano Estudante	R$ 65,26 mês	Gratuito	R$ 65,26
Plano Educador	Gratuito	Gratuito	Não
Assinatura	Mês/Ano	Mês/Ano	Mês/Ano
Versão Utilizada	3.4	12	5.0
Compatibilidade Softwares 3D	Sim	Sim	Sim
Sincronizador	Sim	Sim	Sim
Curva de Aprendizado	Suave	Suave	Acentuada
Interface do Usuário	Fácil	Fácil	Difícil
Renderiza Imagens	Sim	Sim	Sim
Renderiza Animação	Sim	Sim	Não
Renderiza Panorama 360°	Sim	Sim	Sim
Renderiza Maquete Interativa	Sim	Não	Não
Renderização em Tempo Real	Sim	Sim	Não
Recursos de Realidade Virtual	Sim	Sim	Sim
Qualidade de Render Satisfatório	Sim	Sim	Sim
Tempo Médio de Render Imagem 4k	30 segundos	56 segundos	07 minutos
Tempo Médio de Render Panorama 360°	06 minutos	09 minutos	11 minutos

Fonte: o autor, 2024.

Os resultados obtidos destacam as características distintivas de cada software, evidenciando tanto suas capacidades quanto suas limitações conforme apresentadas na tabela e discutido detalhadamente a seguir:

- Teste Grátis e Versão Gratuita

Enscape e Lumion oferecem um período de teste grátis de 14 dias, enquanto o Vray proporciona 30 dias. Contudo, Enscape e Lumion têm versões educacionais gratuitas, sendo que Lumion é totalmente gratuito para estudantes e educadores, enquanto o Vray não oferece uma versão gratuita.

- Planos Pagos

Em termos de custos, o Vray tem a assinatura mensal mais acessível (R$ 225,41), seguido pelo Enscape (R$ 246,43) e Lumion (R$ 355,61). Para estudantes, tanto

Enscape quanto Vray oferecem planos a R$ 65,26 por mês, sendo que o Lumion é gratuito.

- Assinatura e Compatibilidade

Os softwares analisados oferecem planos de assinatura mensal e anual. Para esta análise foram utilizadas as versões não atualizadas ao ano vigente a esta pesquisa conforme apresentado na tabela. Todos os softwares são compatíveis com os principais softwares 3D e possuem funcionalidade de sincronização.

- Curva de Aprendizado e Interface do Usuário

A curva de aprendizado e a interface do usuário são aspectos críticos na escolha do software. Enscape e Lumion são considerados fáceis de usar com uma curva de aprendizado suave, enquanto o Vray é mais difícil, com uma curva de aprendizado acentuada.

- Renderização de Imagens, Animações e Panoramas 360°:

- Enscape: Exporta renderização de imagens, animações, panoramas 360°, maquetes interativas e renderização em tempo real.

- Lumion: Similar ao Enscape, exceto as maquetes interativas.

- Vray: Exporta renderização de imagens e panoramas 360°, mas não animações e maquetes interativas.

- Recursos de Realidade Virtual:

Todos os três softwares possuem recursos de realidade virtual, um diferencial importante para visualização imersiva.

- Qualidade de Renderização:

Em termos de qualidade de renderização, todos os softwares fornecem resultados satisfatórios. No entanto, a eficiência e a velocidade de renderização colocam o Enscape como uma escolha mais vantajosa para projetos que exigem resultados rápidos e de alta qualidade.

- Tempo de Renderização:

-Enscape: média de 30 segundos para imagens 4K e 6 minutos para panoramas 360°.

- Lumion: média de 56 segundos para imagens 4K e 9 minutos para panoramas 360°.

- Vray: média de 7 minutos para imagens 4K e 11 minutos para panoramas 360°.

Para melhor exemplificação detalhada conferir a tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Tabela comparativa do tempo de renderização individual e total de cada imagem

Software	Imagem A	Imagem B	Imagem C	Panorama	Total
Vray	2min30s	7min52s	11min19s	11min25s	33min6s
Lumion	52s	1min	58s	9min27s	12min17s
Enscape	56s	20s	18s	6min31s	8min5s

Fonte: o autor, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos na análise comparativa, concluímos que o Enscape se destaca como a opção mais equilibrada entre custo, facilidade de uso e funcionalidades avançadas, sendo ideal para a renderização de panoramas 360° assim como para imagens estáticas de projetos de arquitetura. Essa característica torna-o especialmente adequado para estudantes e profissionais que buscam eficiência e qualidade visual nas representações de seus projetos. O Lumion, embora mais caro, oferece recursos avançados que podem ser vantajosos para usuários que dispõem de sua versão educacional gratuita, destacando-se pela facilidade de criação de cenários realistas. Já o V-Ray, apesar de oferecer uma qualidade de renderização excepcional, apresenta uma curva de aprendizado mais acentuada e tempos de renderização mais longos, o que pode limitar seu uso para aqueles com menos experiência técnica ou que buscam soluções mais rápidas.

É crucial ressaltar que a escolha do software ideal deve ser feita considerando as necessidades específicas de cada projeto e o nível de expertise do usuário. A avaliação individual dos requisitos, como a necessidade de interatividade, a complexidade do projeto e o prazo de entrega, pode orientar a seleção da ferramenta mais adequada. Além disso, a escolha pode variar conforme o foco do projeto, seja ele em apresentar visualizações através de panoramas 360° ou em enfatizar aspectos estéticos específicos com renderizações mais detalhadas.

CONTRIBUIÇÃO

Esta pesquisa contribui significativamente para o campo da arquitetura e tecnologia ao fornecer uma análise detalhada dos softwares de renderização Enscape, Lumion e V-Ray, com um foco particular na produção de panoramas 360°. Os insights fornecidos oferecem uma base referencial importante para profissionais e estudantes que desejam otimizar seus processos de design e visualização, permitindo uma escolha mais informada das ferramentas que melhor atendem suas necessidades. A compreensão das funcionalidades, custos e desempenho dos diferentes softwares promove maior eficiência e qualidade nas representações arquitetônicas, especialmente em um contexto em que a visualização espacial e a clareza do projeto são fundamentais.

Para futuras investigações, recomenda-se explorar outros softwares de renderização, bem como analisar parâmetros adicionais, como a compatibilidade com diferentes sistemas operacionais, suporte técnico, integração com outras ferramentas de design e requisitos mínimos de hardware. Uma análise mais abrangente poderia oferecer uma visão mais detalhada sobre a adequação de cada software a diferentes tipos de projeto e necessidades do usuário, enriquecendo ainda mais a escolha de soluções tecnológicas no campo da arquitetura.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas, pelo financiamento da pesquisa e provimento de bolsas de mestrado e doutorado

REFERÊNCIAS

[1] ALCOFORADO, Manoel Guedes. **Comunicação intermediada por protótipos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Recife, 2007.

[2] AS, Imdat; SCHODEK, Daniel. **Dynamic Digital Representations in Architecture: Visions in Motion**. London; New York: Taylor and Francis, 2008.

[3] REBELO, Iria B. **Realidade virtual aplicada à arquitetura e urbanismo: representação, simulação e avaliação de projetos**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

[4] GUABIRABA, Sheila Silva. **Análise da eficácia do uso de realidade virtual para apresentação de projetos arquitetônicos**. Trabalhos de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo)- Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2022.

[5] SCHODEK, Daniel L.; BECHTHOLD, Martin; GRIGG, Dennis; KAO, Kangshung; STEINBERG, Marco. ***Digital Design and Manufacturing: CAD/CAM Applications in Architecture and Design.*** John Wiley & Sons, 2019.

[6] PORTO, Carlos Augusto. **A realidade da realidade virtual em projetos arquitetônicos**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Design Gráfico) – Univates, Lajeado, 2012.

[7] BRAGA, Gisele Pinna; RIGO, Vanessa Mayer; STUMPP, Monika Maria; MANICA, Carlo Rossano. **Imagens digitais de perspectiva na apresentação de projetos de arquitetura: estudo de caso no escritório MAPA**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Positivo, Belo Horizonte, 2015

[8] SEE, Zi Siang; CHEOK, Adrian David. **Virtual reality 360 interactive panorama reproduction: obstacles and issues**. Virtual Reality, v. 19, n. 2, p. 71-81, 2014.

[9] BOURKE, P. **Synthetic stereoscopic panoramic images**. In: ZHA, H.; PAN, Z.; THWAITES, H.; ADDISON, A. C.; FORTE, M. (Eds.). **Interactive Technologies and Sociotechnical Systems**. VSMM 2006. Lecture Notes in Computer Science, v. 4270. Berlin; Heidelberg: Springer, 2006.

[10] WHYTE, Jennifer. ***Virtual Reality and the Built Environment*.** 2nd Edition. Routledge, 2018.

[11] WICKENS, C. D.; LIANG, C.; PREVETT, T.; OLMOS, O. **Egocentric and exocentric displays for terminal area navigation**. In: **Anais de Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, v. 1, p. 16-20, 1994.

[12] TORI, Romero; KINER, Cláudio; SISCOUTTO, Robson. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Belém: SBC, 2006.

[13] FIALHO, Arivelto Bustamante. **Realidade virtual e aumentada: tecnologias para aplicações profissionais**. São Paulo: Editora Ética, 2018.

[14] KOWALTOWSKI, D. K.; MOREIRA, D. de Carvalho; PETRECHE, J. R.; FABRÍCIO, M. M. (Eds.). **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.