

O USO DE IMAGENS HDR PARA AMBIENTAR CENAS DE RENDERIZAÇÃO DE PRODUTOS EM SOFTWARE TRIDIMENSIONAIS

THE USE OF HDR IMAGES TO SET UP PRODUCT RENDERING SCENES IN THREE-DIMENSIONAL SOFTWARE

Walter Dutra da Silveira Neto

ORCID
UDESC
walter@udesc.br

Dr. Cláudio Brandão

ORCID
UDESC
claudio.brandao@udesc.br

Dr. Célio Teodorico

ORCID
UDESC
celio.santos@udesc.br

Rhaíssa Gehrke

ORCID
UDESC
rhaissagehrke@gmail.com

PROJÉTICA

DESIGN GRÁFICO: IMAGEM E MÍDIA

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

DUTRA DA SILVEIRA NETO, W.; TEODORICO DOS SANTOS, C.; DE SÃO PLÁCIDO BRANDÃO, C.; SCHWINDEN GEHRKE, R. O uso de imagens HDR para ambientar cenas de renderização de produtos em software tridimensionais. **Projética**, Londrina, v. 16, n. 1, 2025. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/50661>.

DOI: 10.5433/2236-2207.2024.v16.n1.50661

Submissão: 20-05-2024

Aceite: 28-08-2024

Resumo: O presente trabalho criou, analisou e demonstrou a contribuição do uso de imagens de Alto Alcance Dinâmico (HDR¹) como um recurso essencial na ambientação de cenas em renderização digital de produtos. Essa técnica permitiu renderings com uma ampla gama de luminosidade e detalhes, proporcionando resultados visuais mais realistas e imersivos. Ao utilizar imagens HDR, os usuários que trabalham com renderização em ambientes 3D podem simular ambientes naturais, como a luz do sol em diferentes horas do dia ou ambientes internos com diversas fontes de iluminação. Assim, é possível criar uma atmosfera envolvente ao redor do produto, tornando-o mais atrativo para o público-alvo. O objetivo da pesquisa foi demonstrar como as imagens HDR oferecem maior flexibilidade durante o processo de pós-produção, possibilitando ajustar facilmente a exposição, o contraste e as cores da cena, garantindo que o produto seja apresentado da melhor forma possível. Ao final, demonstra-se que o uso de imagens com HDR na renderização de produtos não apenas eleva a qualidade visual das imagens, mas também aumenta a percepção das qualidades estéticas dos produtos, deixando-os mais atrativos para os consumidores.

Palavras-chave: design de produtos; imagens HDR; render; software 3D.

Abstract: *This study created, analyzed, and demonstrated the contribution of using High Dynamic Range (HDR²) images as an essential resource in scene setting for digital product rendering. This technique allowed renderings with a wide range of luminosity and details, providing more realistic and immersive visual results. By using HDR images, 3D rendering users can simulate natural environments, such as sunlight at different*

1 High Dynamic Range (HDR, ou Alta Faixa Dinâmica, em português) é um método utilizado em fotografia, computação gráfica ou processamento de imagens em geral para ampliar a faixa dinâmica (o intervalo entre o valor mais escuro e o mais claro de uma imagem) (High [...], 2023).

2 High Dynamic Range (HDR) is a method used in photography, computer graphics, or image processing in general to expand the dynamic range (the range between the darkest and brightest values of an image) (High [...], 2023).

times of day or indoor environments with various light sources. Thus, it is possible to create an engaging atmosphere around the product, making it more attractive to the target audience. The research aimed to demonstrate how HDR images offer greater flexibility during the post-production process, allowing for easy adjustment of exposure, contrast, and colors of the scene, ensuring the product is presented in the best possible way. In conclusion, the use of HDR images in product rendering not only elevates the visual quality of images but also enhances the perception of the products' aesthetic qualities, making them more appealing to consumers.

Keywords: design; HDR images; render; 3D software.

INTRODUÇÃO AO PROCESSO DE RENDERIZAÇÃO

O uso de imagens (HDR), é oportuno nos processos de renderização em ambientes virtuais proporcionando resultados visuais mais realistas e imersivos. Apesar deste artigo não tratar em profundidade sobre as definições e processos específicos de renderização em ambientes tridimensionais, algumas questões referenciais são importantes para auxiliar a compreensão do leitor.

De acordo com Robertson e Bertling (2014), o processo de renderização pode ser definido como a técnica de criação de uma imagem a partir de um modelo, através da simulação da interação da luz com os materiais em um ambiente virtual. Este processo busca transmitir ao observador uma representação visual que seja o mais próximo possível da forma como os objetos são vistos no mundo real, reproduzindo a aparência e o comportamento da luz de maneira precisa e detalhada.

Para Santos *et al.* (2023), o desenho é uma forma de comunicação poderosa e se torna eficiente na medida em que os ruídos desaparecem, ou seja, quando o desenho é de fácil compreensão e autoexplicativo em sua forma, materiais e texturas.

Segundo Cardoso (2023), a renderização digital é o estágio final no processo de produção de gráficos de computador 3D. Em seu livro, *Introdução do Processo de Renderização* (Cardoso, 2023), ele afirma que a renderização é a conversão de todas as etapas de desenvolvimento de uma animação digital – modelagem, *riggings*³, desenvolvimento de materiais, iluminação etc. em uma imagem estática ou vídeo. Portanto, é um elemento fundamental em campos como design gráfico e/ou industrial, de moda, animação, arquitetura, jogos, fotografia e produção cinematográfica.

Em sua essência, a renderização digital implica a conversão de modelos tridimensionais em imagens bidimensionais, aplicando técnicas de iluminação, sombreado, texturização e outras propriedades visuais para criar uma representação realista ou estilizada da cena. A qualidade da renderização dependerá de uma variedade de fatores, incluindo a complexidade da cena, a capacidade do software de renderização utilizado e a habilidade do profissional em manipular parâmetros e configurar as propriedades visuais de forma eficaz.

Posto isso, existem diferentes métodos de renderização, cada um com suas características e aplicações específicas.

De acordo com Akenine-Möller, Haines e Hoffman (2018), a renderização em tempo real é menos realista do que a renderização offline devido às restrições de tempo e recursos computacionais. Na renderização em tempo real, como em jogos e simulações interativas, as imagens precisam ser geradas a uma taxa de quadros muito alta (geralmente 30 a 60 quadros por segundo), o que limita a quantidade de cálculos complexos que podem ser realizados. Consequentemente,

³ É uma técnica de animação por computador, na qual um personagem (ou outro objeto articulado) é representado em duas partes: uma representação da superfície usada para desenhar o personagem (chamada de pele ou malha) e um conjunto hierárquico de ossos interconectados (o chamado esqueleto ou *rig*) utilizado para animar (pose e quadro-chave) a malha (Animação [...], 2024).

técnicas de simplificação e aproximação são usadas, sacrificando alguns detalhes visuais e a precisão na simulação da luz e dos materiais para garantir a fluidez e a interatividade.

Pharr, Jakob e Humphreys (2016) definem que o processo de renderização *offline* ou em nuvem, pode atingir resultados mais realistas porque não está limitado por restrições de tempo e recursos computacionais que afetam a renderização em tempo real. Essas técnicas permitem o uso de algoritmos complexos e intensivos em computação, como *ray tracing* e radiosidade, que simulam com precisão a interação da luz com os materiais e o ambiente. A renderização *offline* pode levar horas ou até dias para completar uma única imagem, permitindo um nível de detalhe e realismo muito maior, com cálculos detalhados de sombras, reflexões, refrações e iluminação global.

De acordo com Reinhard *et al.* (2010) o uso de imagens HDR em renderização offline melhora a qualidade visual ao capturar e reproduzir com precisão a iluminação global e os efeitos complexos de luz, como reflexões e refrações, contribuindo para uma representação visual mais rica e detalhada.

Kirk, Williams e Clyde (2011) apontam que a introdução de técnicas de mapeamento de tons e a capacidade de processamento das *GPUs*, permitiram a integração de imagens HDR em renderizações em tempo real, melhorando significativamente a qualidade visual e a percepção de iluminação em jogos e simulações.

Em síntese, o processo de renderização desempenha um papel importante na visualização digital, permitindo aos artistas e designers criarem mundos virtuais, produtos que ainda não existem e imagens que cativam, informam e inspiram o espectador, moldando assim a paisagem visual do mundo digital contemporâneo.

Neste trabalho, as pesquisas foram direcionadas aos resultados de renderizações digitais, objetivando o design de produtos, com ênfase no uso de imagens HDR (*High*

Dynamic Range) - intituladas HDRI⁴ (*High Dynamic Range Image*) - com o propósito de demonstrar a relevância e a contribuição dessas imagens para um resultado mais realistas das renderizações. Embora este tipo de formato de arquivo (HDR) também possa ser criado na geração de mapas de textura, esta pesquisa concentrou-se apenas no seu uso para iluminação e suas derivações.

Desta forma, as imagens HDR, ou Imagens de Alto Alcance Dinâmico, referem-se a fotografias digitais que capturam uma ampla faixa de luminosidade e detalhes, desde as áreas mais escuras até as mais claras de uma cena. Essas imagens são tipicamente geradas pela combinação de múltiplas exposições da mesma cena, capturadas em diferentes níveis de exposição (Reinhard *et al.*, 2010).

A geração de imagens HDR envolve um processo de captura e combinação de múltiplas fotografias com diferentes exposições. O objetivo é criar uma imagem final que represente com mais fidelidade a faixa dinâmica real da cena, capturando detalhes tanto nas áreas claras quanto nas escuras. Segundo Concepcion (1984), para sua geração, são obedecidas as seguintes etapas:

- **Captura de múltiplas imagens:** Várias fotos da mesma cena são tiradas com diferentes configurações de exposição, geralmente usando o modo de *bracketing*⁵ da câmera. Isso garante que diferentes níveis de luminosidade sejam registrados, desde as áreas mais claras até as mais escuras.

4 As imagens HDRI são uma evolução das imagens HDR, elas são imagens RGBA-E de 64 bits, ou seja, possuem um canal adicional chamado Alpha. Além de guardar todas as cores da cena, o HDRI também registra a intensidade luminosa de cada área. Isso permite controlar a exposição da iluminação e usar a imagem para iluminar ambientes 3D com fidelidade à cena original (Adobe, 2024).

5 Técnica fotográfica usada para garantir que você capture a exposição correta ou ideal de uma cena. Quando você usa o bracketing, a câmera tira várias fotos da mesma cena com diferentes configurações de exposição (Carr; Correll, 2009).

- **Alinhamento e calibração:** As fotos capturadas precisam ser alinhadas e calibradas para garantir que estejam perfeitamente sobrepostas e que as cores sejam consistentes entre elas. Softwares específicos são utilizados para essa tarefa.
- **Combinação das imagens:** As imagens alinhadas e calibradas são então combinadas em um único arquivo HDR. E diversos algoritmos podem ser utilizados para essa combinação, cada um com suas características e vantagens.
- **Processamento e ajuste:** A imagem HDR final pode passar por um processo de edição e ajuste para aprimorar a qualidade visual. Isso pode incluir ajustes de contraste, saturação, cores e outros parâmetros.

Figura 1 – Exemplo de imagem no formato HDR



Fonte: Poly Haven (2024).⁶

⁶ Disponível em: https://polyhaven.com/a/small_empty_room_3. Acesso em: 5 mar. 2024.

Neste estudo, foi analisada a maneira como os diferentes níveis de luminosidade são absorvidos e reproduzidos em uma renderização.

Desse modo, as imagens HDR permitem representar uma maior faixa de tons entre as áreas mais claras e mais escuras de uma cena, aproximando-se da percepção humana. Como exemplificado na imagem da figura 1, através da representação, respectivamente, de uma esfera de vidro, uma de plástico fosco, uma de metal e uma de plástico brilhante, ambientadas utilizando-se uma imagem HDR. A partir destes estudos, algumas situações foram consideradas, são elas:

- Os efeitos de reflexão, transmissão e absorção da luz nos objetos, como o vidro, a água, o metal, etc.;
- Os contrastes e as cores de uma paisagem, como o céu, o mar, a vegetação, etc.;
- As texturas e os detalhes de uma superfície, como a pele, o tecido, a pedra, etc.

As imagens HDR podem ser obtidas a partir de fotografias, mapas de ambiente ou geradas de forma procedural. Neste estudo foram utilizadas imagens disponíveis em sites, já nos formatos HDR ou geradas proceduralmente, ou seja, por meio de algoritmos que simulam a variação de luminosidade e contraste de uma imagem digital, sendo estes conversores disponibilizados em diversos sites. Essas imagens são utilizadas em cenas 3D para serem tratadas como mapas de ambiente (*environment maps*) nos softwares de modelagem e renderização 3D, projetando a luz e os reflexos nas superfícies dos objetos.

Neste sentido, este artigo apresenta uma série de resultados práticos a partir de experiências realizadas em um *software* tridimensional, demonstrando de que forma as imagens HDR podem contribuir para obtenção de imagens renderizadas mais próximas ao real.

CONCEITOS RELACIONADOS

Atualmente, devido ao crescente avanço dos meios tecnológicos em processamento de dados, muitas possibilidades foram disponibilizadas para computadores menores. Desta forma, máquinas com alto desempenho gráfico, deixaram de atingir exclusivamente profissionais da área e se tornaram mais acessíveis ao público em geral. Isso ampliou a busca por maior realismo em imagens geradas através dos *softwares* gráficos – tridimensionais ou bidimensionais – resultando na geração de imagens muito próximas à imagem real, observada através do olho humano. Nas seguintes seções serão detalhados os conceitos mais importantes que surgiram desses estudos.

Ademais, nas pesquisas não se conseguiu afirmar exatamente quem foi o pioneiro na extração de informações HDR, mas existem alguns nomes que se destacam na história dessa técnica. Um deles é o físico francês Pierre-Henri Dufay, que em 1930 propôs um método para combinar três imagens coloridas com diferentes filtros para obter uma imagem com maior gama de cores. Outro nome importante é o do engenheiro americano Charles Wyckoff, que em 1952 desenvolveu um filme especial capaz de registrar uma grande faixa de luminosidade, usado para fotografar explosões nucleares. Adiante, na década de 1980, o cientista da computação Paul Debevec criou algoritmos para gerar imagens HDR a partir de fotografias digitais, abrindo caminho para a aplicação dessa técnica em computação gráfica, jogos e realidade virtual.

IMAGENS HDR E LDR

Segundo Debevec (1997), as imagens HDR representam a distribuição de luz real em uma cena, com uma gama dinâmica muito maior do que a que pode ser capturada por uma câmera convencional ou reproduzida por um monitor ou impressora convencional. Em outras palavras, as imagens HDR capturam e armazenam valores de iluminação muito altos e muito baixos, que normalmente seriam perdidos ou truncados em imagens LDR (*Low Dynamic Range*). Debevec (1997) define as

imagens LDR como imagens que possuem uma faixa dinâmica limitada, ou seja, não conseguem representar adequadamente as variações de intensidade luminosa presentes no mundo real.

No entanto, para Reinhard *et al.* (2010), o conceito de imagem HDR está relacionado à representação digital de uma cena que possui um alto contraste dinâmico, ou seja, uma grande diferença entre as áreas mais claras e mais escuras. Eles corroboram com Debevec (1997), no que diz respeito às imagens HDR poderem capturar e reproduzir detalhes que seriam perdidos em uma imagem convencional, como as nuvens em um céu ensolarado – apresentado na figura 2.

Figura 2 – Formato de imagem HDR



Fonte: HDRI-Haven, 2024.⁷

Para a realização dos estudos e comparações, assim como para as análises dos resultados obtidos, foi utilizado um *software* tridimensional que possibilitou a aplicação de diversas técnicas de ambientação e a utilização de imagens HDR.

⁷ Disponível em: <https://hdri-haven.com/hdri/countryside-sunny-road>. Acesso em: 6 mar. 2024.

GERAÇÃO DE IMAGENS, APLICAÇÕES PRÁTICAS E ANÁLISES

Conforme mencionado no tópico anterior, foi utilizado um *software* 3D para possibilitar os experimentos e a obtenção dos primeiros resultados. Para a realização dos experimentos apresentados neste artigo, fez-se uso do *software Autodesk 3DsMax v.2022* em uma máquina com as seguintes especificações técnicas: processador Intel(R) Core(TM) i7-4770K CPU 3.50 GHz; 16 GB de RAM; GPU Nvidia GeForce RTX 2060 Super - 8 GB; Sistema Operacional Windows 10, 64bits.

Assim sendo, o primeiro experimento produzido é apresentado na figura 3. Nele, utilizou-se um objeto de baixa complexidade em suas superfícies, visto que a preocupação estava relacionada com a aplicação de imagens HDR. Por isso, na realização deste teste, o uso de HDRI esteve mais atrelado a geração de uma imagem renderizada de forma rápida. Desta maneira, para que possamos entender de forma simples o uso de uma imagem HDR em um *software* 3D, em uma ambientação, o *software* interpreta essa imagem como uma semiesfera oca, onde a imagem é projetada na sua face interna e os elementos posicionados na cena absorvem essa imagem, tanto como iluminação quanto reflexão, conforme se observa na imagem:

Figura 3 – Exemplo de como o *software* interpreta a imagem HDR em uma cena 3D



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

No segundo exemplo, a tecnologia aplicada em uma cena, bastante simples, na qual foi utilizada a imagem demonstrada na figura 3 como referência de iluminação e ambientação. Neste *render*, já é possível observar a contribuição da imagem HDR para um resultado mais realista, influenciando na iluminação e reflexão e gerando um resultado que simula a inserção dos objetos no ambiente.

Figura 4 – Teste de ambientação e iluminação de uma imagem HDR em uma cena 3D



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Como pode ser observado na imagem da figura 4, nenhuma iluminação foi adicionada à cena; toda a iluminação observada é gerada em decorrência da própria imagem HDR utilizada. Neste caso, a imagem é aplicada à função que guarda a informação de ambiente, determinada como *“environment”*. Essa função, usualmente, se refere a um conjunto de parâmetros ou configurações que definem o ambiente no qual uma cena 3D é renderizada.

Como comentado anteriormente, a geração de uma imagem HDR (ou imagem de alto alcance dinâmico) envolve a combinação de várias imagens da mesma cena,

com diferentes exposições, para criar uma única imagem que representa com mais precisão a gama completa de luz e sombra visíveis ao olho humano.

O processo de criação de uma imagem HDR ocorre pela captura de várias fotografias da mesma cena, com diferentes configurações de exposição – normalmente uma subexposta, uma corretamente exposta e uma superexposta. Em seguida, essas imagens são alinhadas para que correspondam exatamente em termos de posicionamento de objetos na cena. Após o alinhamento, as imagens são mescladas usando algoritmos especializados que selecionam e combinam as melhores partes de cada imagem em termos de detalhes de luz e sombra. Atualmente esses algoritmos foram incorporados a ambientes de Inteligência Artificial, como por exemplo, *AKVIS HDRFactory*⁸, *Fotor*⁹, *WidsMob*¹⁰, entre outros.

Figura 5 – Sequência de imagens para geração de uma HDR



Fonte: Fotor, 2024.¹¹

8 Disponível em: <https://akvis.com/pt/hdrfactory/index.php>. Acesso em: 9 abr. 2024.

9 Disponível em: <https://www.fotor.com/>. Acesso em: 9 abr. 2024.

10 Disponível em: <https://pt.widsmob.com/hdr>. Acesso em: 9 abr. 2024.

11 Disponível em: <https://www.fotor.com/features/hdr.html>. Acesso em: 9 mar. 2024.

Na figura 5 observa-se o resultado de uma imagem HDR, que é construída pela captura de múltiplas exposições. Ou seja, são capturadas várias fotos da mesma cena com diferentes níveis de exposição (subexpostas, expostas corretamente e superexpostas). Isso permite capturar detalhes em áreas que seriam normalmente muito escuras ou muito claras em uma única foto. As imagens capturadas são combinadas usando softwares especializados, como, por exemplo, *Adobe Photoshop*, *Adobe Lightroom*, *Photomatix Pro*, *Aurora HDR*, entre outros. O objetivo é aproveitar o melhor de cada exposição para criar uma única imagem que representa uma gama mais ampla de luminosidade.

Por fim, a imagem HDR resultante é submetida ao processo de *tonemapped*, o que significa que o contraste da imagem é ajustado para que possa ser exibido corretamente em monitores padrão, que geralmente não suportam a visualização de imagens HDR nativamente. Esse processo de *tonemapping* também permite que o fotógrafo aplique um estilo ou efeito artístico à imagem final. Assim, a imagem HDR final oferece uma representação mais rica e detalhada da cena original, com uma gama de cores e luminosidade mais próxima daquela que experimentamos naturalmente com nossos olhos.

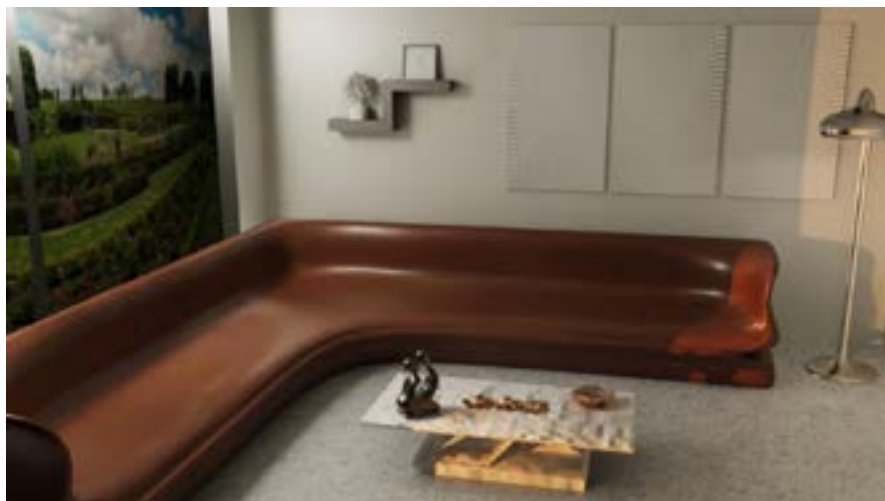
Para realizar outro estudo de iluminação, foram feitos testes em uma cena mais complexa – figura 6 – sendo esta primeira imagem o ambiente modelado no *software* 3D, sem aplicação de nenhum material. Este ambiente foi utilizado para que fosse possível obter diferentes resultados comparativos: um utilizando a iluminação nativa do software e outro utilizando a iluminação gerada pelo uso de imagem HDR. No primeiro - figura 7 - foi utilizada a iluminação do renderizador nativo do *software*, onde o estudo e análise da iluminação iniciaram com a possibilidade de utilizar apenas as luzes disponíveis no software, incluindo luzes direcionais, multidirecionais e luzes solares. Estas luzes foram ajustadas da melhor forma possível para alcançar resultados realistas.

Figura 6 – Cena utilizada nos testes



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 7 – Cena utilizada nos testes com iluminação do software



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Após a realização dos testes de luzes apresentados anteriormente – figura 7 – a iluminação da cena foi removida e foram acrescentadas imagens HDR para fazer os testes comparativos. Para as imagens HDR foram utilizados arquivos no formato 4K, visto que não havia necessidade de se utilizar arquivos com formatos maiores, como 8 ou 16k, pois a diferença de definição nem seria notável nos monitores que estavam à disposição dos autores. O objetivo dos testes estava voltado apenas para a iluminação do ambiente. Quanto ao *software* utilizado para modelamento da cena, usou-se o *Autodesk 3ds Max* e para o desenvolvimento das texturas aplicadas aos objetos, foi utilizado o seu renderizador nativo “*Arnold*”. Para este estudo, preferiu-se utilizar uma imagem de fundo/*background*, que se aproximasse o mais possível da imagem HDR, optando-se pelo uso de uma das imagens que compunham o arquivo HDR – apresentado neste artigo como figura 8.

Figura 8 – Backplate, imagem de fundo

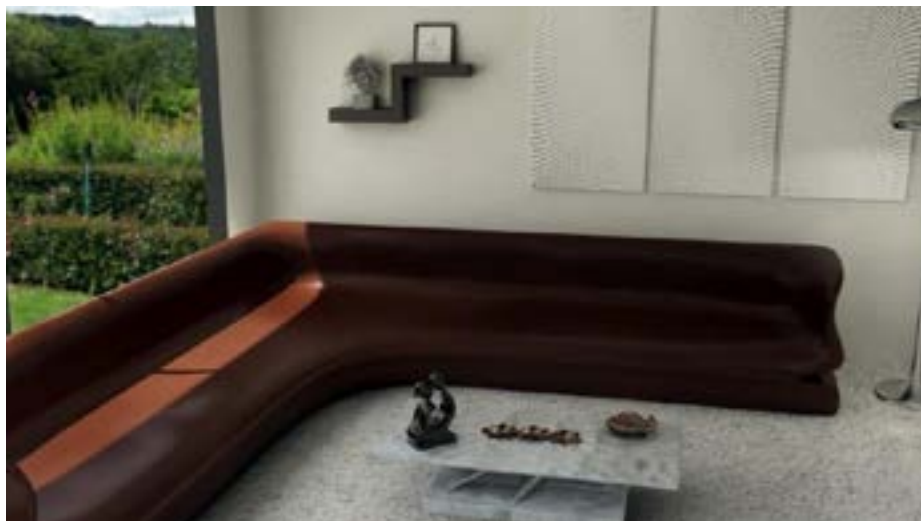


Fonte: Poly Haven, 2024.¹²

¹² Disponível em: https://polyhaven.com/a/symmetrical_garden_02. Acesso em: 23 abr. 2024.

Vale ressaltar que quando há uma cena de área externa ou que haja a necessidade de uma visualização externa, conforme a cena modelada e utilizada para os testes, e, principalmente quando sua iluminação provém de uma imagem HDR, é importante, para sua ambientação, que seja utilizada uma referência da geração do arquivo HDR, chamadas de *backplates*. Essas imagens originam-se das capturas utilizadas para a geração do arquivo, pois devemos lembrar que estas são resultado de três ou mais imagens, com tonalidades diferentes, que resultam em uma imagem HDR, conforme teste realizado – ver figura 9.

Figura 9 – Simulação de imagem HDR em área interna e background



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Como se pode observar, as imagens HDR contribuem significativamente para os *renders*, melhorando a qualidade e o realismo das cenas 3D e oferecendo uma gama mais ampla de luminosidade. Isso, permite uma representação mais precisa das variações de luz e sombra em uma cena, resultando em imagens mais realistas e ricas em detalhes.

RESULTADOS

A pesquisa realizada se concentrou no uso e contribuição das imagens HDR (*High Dynamic Range*) para a renderização em design de produtos e/ou de ambientações. As imagens HDR - que capturam uma ampla faixa de luminosidade e detalhes, além de amplitudes claras e escuras de uma cena - foram identificadas como um recurso valioso para aumentar o realismo das renderizações. Isso se aplica tanto ao uso das iluminações das cenas, quanto às imagens utilizadas em seus backgrounds, conforme o render gerado (figura 8).

A análise dos testes buscou entender como diferentes níveis de luminosidade são absorvidos e reproduzidos em uma renderização. Observou-se que as imagens HDR permitem representar uma maior faixa de tons entre as áreas mais claras e mais escuras de uma cena, aproximando-se da percepção humana. Além disso, quando comparadas com o teste de iluminação, utilizando as luzes disponibilizadas pelo *software*, há muita dificuldade em ajustar o posicionamento dessas luzes quando é necessário utilizar imagens externas auxiliares na ambientação. Com o uso de imagens HDR, é muito mais fácil projetar luzes que possibilitem simular a iluminação aproximada destas imagens, como se realmente o produto/objeto estivesse inserido na cena, o que permite uma maior aproximação ao real.

Ademais, os resultados da pesquisa indicam que as imagens HDR foram essenciais para capturar e reproduzir a distribuição real da luz em uma cena tridimensional, principalmente quando os *renders* precisam simular a introdução de um objeto em uma cena real e ambientá-lo adequadamente. As imagens proporcionam uma gama dinâmica ampla que vai além das capacidades dos *renders* convencionais, ou seja, daqueles que utilizam apenas as luzes fornecidas pelo *software* de renderização.

Para o resultado do estudo vários parâmetros foram considerados nesta pesquisa, como os efeitos de reflexão, transmissão e absorção da luz nos objetos e seus variados materiais, como o vidro, a água, o metal, entre outros.

Em síntese, a pesquisa demonstrou que as imagens HDR contribuem para melhoria das renderizações, apresentando resultados mais realistas, desempenhando um papel importante na visualização digital. Elas permitem aos artistas e designers criar mundos virtuais, produtos e imagens que cativam, informam e inspiram o espectador. Portanto, concluiu-se que o uso de imagens HDR é recomendado para melhorar a qualidade e o realismo das renderizações em design de produtos.

DISCUSSÃO

Os estudos e análises partiram, em um primeiro momento, do desenvolvimento de uma cena com objetos prontos - disponibilizados pelo software 3D - onde essa primeira cena tinha o objetivo de verificar o uso de imagens HDR em sua iluminação. Para esse fim, foram utilizados materiais com diferentes propriedades ópticas, como características refletivas, de refração e material fosco, conforme mostrado na figura 4. O objetivo foi verificar o comportamento da iluminação sobre as superfícies dos objetos a fim de se obter uma prévia na aplicação deste tipo de iluminação. Em um segundo momento, foram modelados alguns objetos para criar um ambiente interno de uma casa, semelhante a uma sala de estar com uma janela com vista para a área externa da casa. Neste caso, o objetivo era possibilitar dois testes de análise, um com uso de iluminação fornecida pelo software e outro com iluminação através de um arquivo no formato HDR. O objetivo dos dois testes de iluminação foi verificar qual forma de iluminação chegaria ao resultado mais próximo ao real.

No primeiro experimento, figura 4, pode-se observar, com o uso de uma imagem HDR, a capacidade de sua utilização tanto para iluminar a cena quanto para proporcionar, com o uso dos materiais aplicados aos objetos, a impressão de que eles estão realmente imersos nela. Neste primeiro momento, é possível verificar uma facilidade maior em alcançar imagens mais próximas do real.

No segundo teste, a proposta era avançar ainda mais, utilizando a iluminação do próprio *software* em vez de utilizar a iluminação pelo uso de uma imagem HDR. Neste sentido, houve a necessidade de modelar um ambiente mais apropriado para a realização das análises. Assim, enfrentamos uma grande dificuldade na utilização das luzes dispostas no *software*, exigindo diversos estudos de posicionamento e uso de luzes distintas. O objetivo era aproximar-se ao máximo de uma cena real, no entanto, conforme podemos observar na figura 7, enquanto conseguíamos obter uma boa iluminação interna da cena, a paisagem externa perdia sua iluminação. Isso ocorria porque ela era proveniente de uma das imagens utilizadas na geração do arquivo HDR, ou seja, utilizamos uma das imagens para gerar o arquivo HDR, no formato de arquivo “tif”. O resultado foi uma cena com boa iluminação interna, mas com o escurecimento do arquivo utilizado como plano de fundo, a imagem “tif”. Em contraponto, ao utilizar uma imagem HDR, sem nenhuma luz auxiliar, ou seja, utilizando-a como plano de fundo e para iluminação da cena, pode-se observar um ganho significativo na qualidade de iluminação e realismo, conforme mostrado na figura 9.

Também pode-se afirmar, neste estudo, que não houve grandes diferenças de tempos de renderização entre as figuras geradas. No entanto, ao comparar o tempo gasto no posicionamento e definição das luzes do *software*, pode-se concluir que o uso de imagens HDR foi significativamente mais rápido e apresentar resultados superiores.

CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo analisar e comparar os resultados do uso de iluminação disponibilizadas, em softwares tridimensionais com o uso de iluminação proveniente de imagens HDR e *renders* finais.

Neste sentido, pode-se concluir que o uso de imagens HDR para ambientar cenas de renderização de produtos em ambientes tridimensionais é uma técnica que oferece maior realismo, economia de tempo e recursos, além de flexibilidade de

iluminação. As imagens HDR capturam a intensidade luminosa do ambiente real e permitem reproduzi-la na cena virtual, criando efeitos de reflexão, sombra e transparência mais próximos à realidade. Além disso, constatou-se que o uso de imagens HDR dispensa a criação de fontes de luzes auxiliares, o que reduz o tempo, e, por consequência, o custo de produção das cenas/renderizações. Isso destaca sua contribuição para a qualidade, o realismo e a fidelidade visual das imagens geradas.

Como conclusão, as imagens HDR oferecem a flexibilidade de ajustar a iluminação da cena conforme as exigências do projeto, mantendo intacta a qualidade do resultado do *render*. Este estudo confirma que a utilização de imagens HDR se revela uma ferramenta valiosa para os profissionais envolvidos na renderização de produtos e ambientações em software tridimensionais.

KIRK, David; WILLIAMS, Paul; CLYDE, Richard. *Real-time rendering techniques*. New York: ACM SIGGRAPH, 2011.

PHARR, Matt; JAKOB, Wenzel; HUMPHREYS, Greg. *Physically based rendering: from theory to implementation*. 3rd. Burlington: Morgan Kaufmann, 2016.

REINHARD, Erik; HEIDRICH, Wolfgang; DEBEVEC, Paul; PATTANAIK, Sumanta; WARD, Greg; MYSZKOWSKI, Karol. *High Dynamic Range Imaging: acquisition, display, and image-based lighting*. 2. ed. São Francisco: Morgan Kaufmann, 2010.

ROBERTSON, Scott; BERTLING, Thomas. *How to render*. Culver, CA: Design Studio Press, 2014.

SANTOS, Célio Teodorico dos; BRANDÃO, Cláudio de São Plácido; NETO, Walter Dutra da Silveira; RAZZIA, Cristiano; BRITTO, Luane. *An analysis of representation drawing as a design tool*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2023. livro digital. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/720937>. Acesso em: 4 mar. 2024.