Estudo de materiais PBR: seu desenvolvimento, aplicações e testes de resultados

Natália de Melo Bueno, Walter Dutra da Silveira Neto

INTRODUÇÃO

A renderização constitui a etapa final na síntese de imagens tridimensionais, sendo responsável por simular fenômenos óticos para viabilizar representações a partir da simulação realista de texturas, materiais e luz. Este processo desempenha um papel similar ao ato de fotografar, sendo composto por uma cena, componentes posicionados, uma fonte de iluminação e uma câmera. Além disso, a renderização permite a elaboração de cenas tridimensionais com alto nível de fidelidade visual, visando a semelhança com o mundo real (CARDOSO, 2023).

Nesse cenário, os materiais PBR *(Physically Based Rendering)*, constituem uma metodologia de representação de superfícies na computação gráfica baseados em princípios físicos reais de comportamento da luz, permitindo simulações visuais altamente realistas dos objetos tridimensionais (MCDERMOTT, 2018).

O presente artigo, de natureza metodológica, utiliza abordagem bibliográfica, exploratória e prática. Este trabalho acadêmico possui como principal objetivo investigar as principais referências de definição e construção de materiais PBR para aplicá-las e renderizá-las em modelos tridimensionais voltados no campo do design de produtos.

DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do trabalho acadêmico foi estruturado em duas etapas, uma de caráter teórico e outra de caráter prático. O estudo iniciou-se por uma pesquisa bibliográfica exploratória, fornecida pelo orientador, a qual abrangeu conceitos fundamentais de renderização, computação gráfica, materiais pbr, mapas e implementações no fluxo de trabalho. O principal embasamento teórico foi consolidado principalmente pelas obras: Introdução ao processo de renderização (CARDOSO, 2023) e *The PBR Guide* (MCDERMOTT, 2018), nos quais serviram como eixos condutores para o entendimento técnico do tema de pesquisa.

Em seguida, a etapa de caráter prático consistiu na aplicação de texturas PBR, no quais foram construídas a partir do entendimento técnico dos mapas, em modelos tridimensionais. A etapa prática contou com o apoio de dois softwares principais: o Materialize, utilizado na construção de materiais PBR, e o Autodesk 3ds Max 2027 com seu renderizador Arnold, empregado na renderização dos itens tridimensionais.

O desenvolvimento da etapa foi consistido em três momentos:

1. Testes primários na construção de materiais PBR:

- Antes da aplicação final dos materiais nos produtos, foram realizados testes iniciais para compreender o funcionamento dos softwares. As texturas PBR foram criadas a partir de imagens bidimensionais e transferidas para o Materialize. Após a configuração dos mapas, a textura foi aplicada em modelos básicos tridimensionais, como: cubo, esfera e bloco retangular.

2. Escolha dos produtos tridimensionais pré-existentes para aplicação final:

- Primeiramente, realizou-se uma curadoria em plataformas de referência que oferecem cenários e produtos tridimensionais para download, como: 3dexport, free3d, fab e sketchfab.
- Os itens tridimensionais foram selecionados com base em quatro categorias, sendo possível a combinação de categorias em um mesmo produto, sendo elas: itens de tecido, emissivos, metálicos (com aspecto enferrujado) e elementos com alto relevo.

3. Aplicação dos materiais PBR nos modelos tridimensionais:

- Após a configuração dos mapas para a criação de texturas PBR, a aplicação destas foi feita no Software 3ds Max 2027 em conjunto com o renderizador Arnold. Ao baixar a peça do site, foi utilizado o comando *"edit mesh"* , no qual separa as malhas de acordo com a delimitação de cada textura aplicada.
- A textura, previamente construída no Materialize, foi formada no software de renderização de acordo com as camadas dos mapas. No 3ds Max é possível criar um novo material em *"material editor",* na aba *"PBR material (metal/rough)"* e anexar as imagens dos mapas do material por meio do*"bitmap"* nos espaços relacionados à cada camada. É importante frisar que ao exportar as camadas do Materialize algumas denominações de mapas são distintas das abas do 3ds Max, sendo assim: O mapa diffuse corresponde à aba base/albedo; O mapa smoothness corresponde à aba roughness; O mapa ao corresponde à aba occlusion map (ao); O mapa normal corresponde à aba normal; O mapa height corresponde à aba displacement.
- A partir da correspondência entre os mapas e as abas, o material de textura é gerado e encontra-se pronto para aplicar nos modelos. Após a aplicação de todas as texturas nos modelos, basta configurar o software para o renderizador Arnold e realizar a renderização para obter o resultado final.

Deste modo, a metodologia utilizada integrou o embasamento teórico à prática, resultando na construção de materiais baseados em física *(Physically Based Rendering)* e em sua aplicação em modelos tridimensionais.

RESULTADOS

Os resultados obtidos na parte teórica evidenciam a importância dos materiais PBR nos fluxos de trabalhos e no avanço da renderização fotorrealista. Segundo a Adobe *[s.d]*, diferentemente dos métodos tradicionais de renderização que dependiam de ajustes manuais e processos de tentativa e erro, o fluxo PBR estrutura a definição das propriedades ópticas dos materiais a partir de fórmulas com precisão físicas, o que garante consistência visual sob diferentes condições de iluminação. Essa padronização reduz o tempo de produção e desloca o esforço do artista e da resolução de problemas técnicos na etapa criativa do processo.

O fluxo do trabalho de materiais PBR fundamenta-se na organização de camadas de mapas de texturas, no qual possui a função direta de traduzir os atributos físicos da superfície (MCDERMOTT, 2018). Sendo eles: base color/albedo, roughness, normal, height/displacement, metallic, emissive e ambient occlusion. No âmbito físico, o funcionamento dos materiais PBR está relacionado ao princípio de conservação de energia, no qual a luz refletida por uma superfície nunca é mais intensa que a luz incidente sobre ela (MCDERMOTT, 2018). A caracterização destas superfícies dependem da distinção entre reflexão especular e reflexão difusa: a primeira ocorre quando a luz é refletida em ângulo igual ao de incidência, conforme a lei da reflexão, enquanto a segunda surge quando a irregularidade da superfície faz com que os raios de luz dispersem em direções aleatórias (MCDERMOTT, 2018; BIRN, 2000).

Os resultados obtidos na parte prática evidenciam a agilidade do fluxo de trabalho dos materiais PBR. Foram renderizados três modelos tridimensionais: uma cama, uma luminária e uma caixa de ferramentas. O modelo da cama foi escolhido pela presença de tecido, elementos com alto relevo e metal com aspecto enferrujado. Já o modelo da luminária foi selecionado pela presença de luz emissiva e material transparente. Por fim, a caixa de ferramentas foi escolhida por apresentar diferentes tipos de materiais enferrujados.

Tanto na construção das camadas de mapas dos materiais PBR quanto na etapa de renderização, os modelos tridimensionais da cama e caixa de ferramentas atingiram os resultados esperados, sem a ocorrência de falhas ou defeitos. Portanto, o modelo tridimensional da luminária apresentou uma falha no efeito de transparência do vidro da cúpula, no qual a textura tornou-se opaca e bloqueou a

iluminação originária do material emissivo da lâmpada. Foi identificado que na criação do material não se utiliza o *"PBR material (metal/rough)"*, mas sim utiliza o comando *"OpenPBR Material"*. Para a configuração da transparência do material é preciso alterar a *"transmission"* para 1,0, com o objetivo de permitir a passagem da luz através do vidro. Como também, alterar o índice de refração (IOR) para 1,52, pois é utilizado para vidro comum. Por fim, alterar o *"roughness"* para 0,10 para manter a transparência e suavizar os reflexos. Após esses ajustes, foi possível obter o efeito de transparência esperado para o material da cúpula de vidro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho acadêmico evidencia a importância da renderização nas representações tridimensionais digitais, como também, a relevância dos estudos em materiais PBR *(Physically Based Rendering)*. A metodologia aplicada permitiu que o objetivo principal da pesquisa fosse atingido, uma vez que, os resultados provenientes do embasamento teórico auxiliaram na construção das texturas e aplicação dos materiais na etapa de renderização. Os modelos tridimensionais selecionados possibilitaram testar diferentes características materiais e superficiais, exigindo configurações específicas dos materiais para cada objeto. Conclui-se que a utilização da metodologia PBR permite a agilidade do processo de representações, como também, a geração de texturas com alto nível de fidelidade visual em renderizações tridimensionais digitais, melhorando o fluxo de trabalho no campo do design de produtos.

Palavras-chave: Materiais PBR; Renderização digital; Texturas; Design de Produto; 3ds Max.

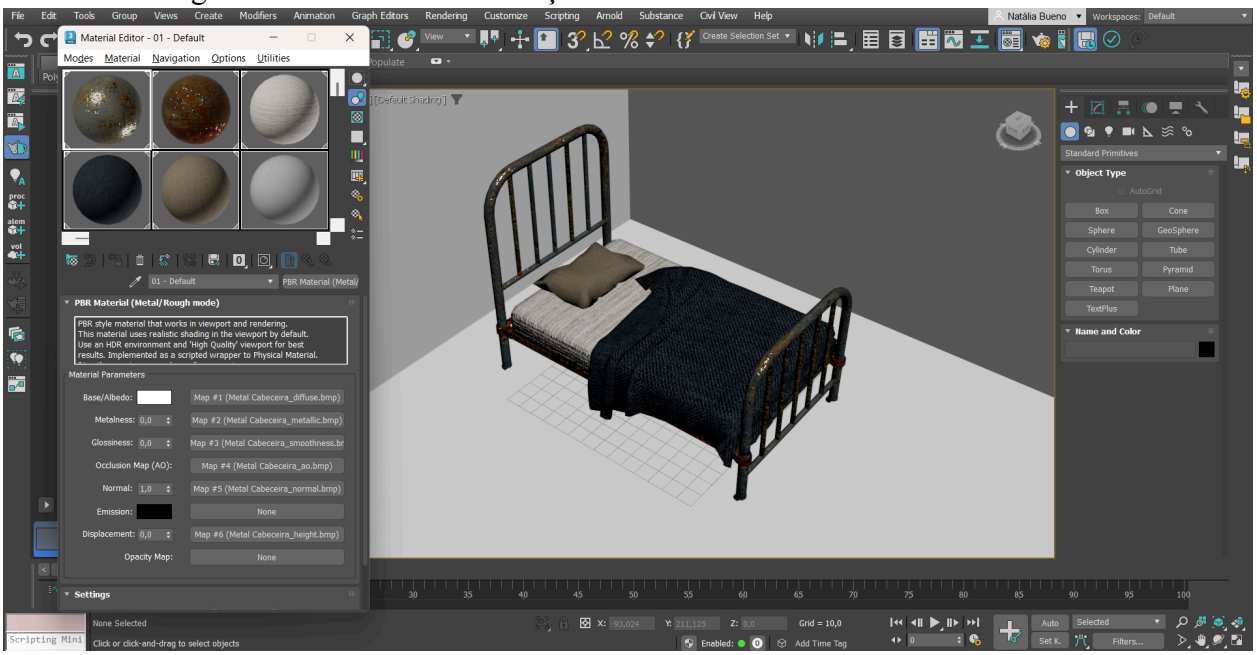
ANEXOS

Figura 1- Aplicação das texturas nos modelos tridimensionais



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Figura 2- Interface da construção de texturas no Software 3ds Max 2027



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOBE, Tudo que você precisa saber sobre renderização baseada em física, *[s.d]*. Disponível em:https://www.adobe.com/br/products/substance3d/discover/pbr.html. Acesso em: 17 de março de 2026.

BIRN, Jeremy. Digital Lighting & Rendering. 1 ed. New Riders, 2000.

BURLEY, Brent. Physically Based Shading at Disney. Walt Disney Animation Studios, 2012. Disponível em:https://media.disneyanimation.com/uploads/production/publication_asset/48/asset/s2012_pbs_disney_brdf_notes_v3.pdf. Acesso em: 5 de novembro de 2025.

CARDOSO, Leandro da Conceição. Introdução ao processo de renderização. 1 ed. Brasil: InterSaberes, 2023.

LOXFEAR, "Hospital Bed", Modelo 3D, Sketchfab, 2015. [Online]. Disponível em: https://sketchfab.com/3d-models/hospital-bed-f8c13a19e84343e7b644c19f7b9488d3. Acesso em: 23 de julho de 2026.

MCDERMOTT, Wes. The PBR Guide: Part 1: The Theory of Physically Based Rendering and Shading; Part 2: Practical Guidelines for Creating PBR Textures. 3. ed. Clermont-Ferrand: Allegorithmic, 2018. E-book. ISBN 978-2-490071-00-5. Acesso em: 27 de setembro de 2025.

PHARR, Matt; JAKOB, Wenzel; HUMPHREYS, Greg. Physically Based Rendering: From Theory to Implementation. 3. ed. Cambridge, MA: Morgan Kaufmann, 2017. E-book. ISBN 978-0-12-800645-0. Acesso em: 25 de dezembro de 2025.

3DEXPORT. Night Lamp Free 3D Models, 2026 [Online]. Disponível em: https://3dexport.com/3d-model-night-lamp-444904. Acesso em: 23 de julho de 2026.