

MODELAGEM DE ESTRUTURAS EM 3D COM ÁLGEBRA LINEAR – APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL

Ana Luíza Schwantes Maier*; Yan Carlos Rauber*; Gabriel Matsuda**

*Acadêmicos de Engenharia Civil - Uniguaçu, maieranaluiza@gmail.com; cristalmissal9@gmail.com

**Mestre Engenharia de Energia na Agricultura – UNIOESTE, enggabrielmatsuda@gmail.com.

INFORMAÇÕES

Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

RESUMO

A modelagem de estruturas em 3D é fundamental na engenharia civil, permitindo a visualização e análise detalhada de projetos complexos. Este estudo explora a aplicação da álgebra linear na modelagem tridimensional, destacando sua relevância para a representação geométrica e a análise estrutural de construções. A revisão bibliográfica sistemática abrangeu publicações dos últimos cinco anos e demonstrou como a álgebra linear, combinada com o Building Information Modeling (BIM) e softwares especializados como AutoCAD e Revit, otimiza processos e assegura a segurança estrutural. Tecnologias emergentes, como a Realidade Virtual (RV), também são discutidas por ampliarem as possibilidades de interação e comunicação com clientes, melhorando a tomada de decisões. O estudo conclui que a integração da álgebra linear na modelagem 3D é essencial para garantir a precisão, segurança e eficácia nos projetos de engenharia civil.

Palavras-chave: Aplicabilidade; Estruturação; Construção Civil.

ABSTRACT

3D structure modeling is essential in civil engineering, enabling detailed visualization and analysis of complex projects. This study explores the application of linear algebra in three-dimensional modeling, highlighting its importance for geometric representation and structural analysis of constructions. A systematic literature review covering publications from the last five years demonstrates how linear algebra, combined with Building Information Modeling (BIM) and specialized software like AutoCAD and Revit, optimizes processes and ensures structural safety. Emerging technologies, such as Virtual Reality (VR), are also discussed for enhancing client interaction and communication, thus improving decision-making. The study concludes that integrating linear algebra in 3D modeling is vital to ensuring accuracy, safety, and efficiency in civil engineering projects.

Keywords: Applicability, Structuring, Civil Construction.

Copyright © 2024, Ana Luíza Schwantes Maier; Yan Carlos Rauber; Gabriel Matsuda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citação: MAIER, Ana Luíza Schwantes; RAUBER, Yan Carlos; MATSUDA, Gabriel. Modelagem de estruturas em 3D com álgebra linear – aplicações na Engenharia Civil. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguaçú, v. 2, n. 6, p. 13-16, dez. 2024.

INTRODUÇÃO

A modelagem de estruturas em 3D tem se tornado uma prática essencial na engenharia civil, permitindo a visualização detalhada e a análise precisa de projetos complexos (MACEDO, 2024). Com o avanço das tecnologias computacionais, a utilização de métodos matemáticos, como a álgebra linear, tem se mostrado fundamental para a construção de modelos tridimensionais de estruturas. A álgebra linear, por meio de operações com matrizes e vetores, oferece

ferramentas robustas para a representação e manipulação de dados geométricos, sendo indispensável para a resolução de problemas que envolvem forças, tensões e deformações em estruturas (LOPES, 2022).

A importância da modelagem de estruturas na engenharia civil reside no fato de que ela possibilita a visualização tridimensional detalhada das construções, o que auxilia na identificação de falhas e na otimização do projeto (DA SILVA, 2023). A modelagem também é fundamental para a análise

estrutural, permitindo a simulação de diferentes cenários e a verificação da segurança e estabilidade das estruturas. Portanto, a modelagem de estruturas em 3D é uma ferramenta indispensável para a engenharia civil, contribuindo para a qualidade e eficiência das construções (JAIME; BLUMENSCHNEIN, 2023).

Neste contexto, a aplicação da álgebra linear na modelagem de estruturas em 3D permite uma abordagem mais eficaz e precisa na análise estrutural, possibilitando a otimização de projetos e a garantia de segurança e eficiência.

O presente trabalho tem como objetivo explorar a interseção entre a álgebra linear e a modelagem de estruturas em três dimensões, destacando suas aplicações práticas na engenharia civil.

METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de mapear e analisar as aplicações da álgebra linear na modelagem de estruturas em 3D na engenharia civil. A pesquisa será baseada em artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos acadêmicos, com foco naqueles publicados nos últimos cinco anos. As principais fontes de pesquisa incluem bases de dados como ScienceDirect, Google Acadêmico, além de publicações especializadas em engenharia estrutural e modelagem computacional.

Foram utilizadas palavras-chave específicas para orientar a busca, tais como "modelagem 3D", "álgebra linear", "engenharia civil", "estruturas tridimensionais", "simulação estrutural", "métodos computacionais", e "análise estrutural". As palavras-chave foram combinadas de diferentes maneiras para garantir uma abrangência adequada e a inclusão de estudos relevantes, permitindo uma análise crítica das metodologias e ferramentas utilizadas na modelagem de estruturas em 3D com o uso da álgebra linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelagem de Estruturas em 3D com Álgebra Linear

Um método de estruturas 3D utilizado, que aborda todo o projeto de elaboração, construção e documentação da obra, levando em consideração todo o seu ciclo de vida, é o BIM (do inglês, Building Information Modeling). Ele inclui, através do uso de ferramentas integradas, informações como simulação e operacionalização, por meio de levantamentos quantitativos (JALAEI; JRADE; NASSIRI, 2015).

De acordo com Succar (2016), o BIM é definido como "um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem que várias partes interessadas possam projetar, construir e operar uma instalação de

forma colaborativa". Assim, alinhada a álgebra linear, temos a ferramenta como uma ajuda no desenvolvimento de construções e análises matemáticas, auxiliando na otimização de processos e também em testes de hipóteses, lidando com equações e funções lineares, para entendimento de dimensões dentro do projeto e realizando operações nestes planos.

Aplicações Práticas na Engenharia Civil

A álgebra linear é uma das ferramentas fundamentais de um engenheiro, pois permite a análise e criação de modelos mais avançados de estruturas com alta precisão e eficácia. "Quanto mais complexa for a estrutura, maior será seu número de equações e variáveis possíveis, tornando-se mais simples e fácil ter-se um resultado fazendo a utilização da álgebra linear." (ALMEIDA et al., 2022). Com o uso da álgebra é possível determinar o desempenho de estruturas sobre condições de cargas em vários cenários. Com essa ferramenta é crucial para garantir a segurança e determinar a estabilidade das construções, o que permite modificações para que as torne mais seguras.

A modelagem 3D, incrementada por conceitos de álgebra linear, melhora a visualização de projetos, tornando-os mais visíveis para os engenheiros e seus clientes. Com a utilização de Softwares como o AutoCad, Revit ou até mesmo o Blender, que utilizam de medidas para criar objetos tridimensionais, permite uma análise mais detalhada da construção no seu meio natural. Com a utilização desses Softwares "É possível obter as seguintes informações de um projeto: geometria, detalhes construtivos, especificações de componentes, dados quantitativos inclusive com preço de materiais e fabricantes, informações construtivas, dentre outras ferramentas que a tecnologia disponibiliza" (SOUSA, 2021) que beneficia e auxilia os engenheiros para um processo mais eficiente e com maior exatidão.

Modelagem de Pontes e Viadutos

A partir do conceito apresentado inicialmente sobre BIM, começam a surgir ferramentas aplicadas a pontes, o BrIM (do inglês, Bridge Information Modeling – Modelagem de Informações de Pontes). O BrIM, passa a se tornar indispensável na engenharia das pontes, visto que não representa apenas a forma geométrica, mas sim trata a representação das mesmas de forma inteligente, contendo todas as informações necessárias do seu ciclo de vida (MARZOUK; HISHAM, 2012).

A definição do conceito de BIM, atrelado ao caso de pontes e viadutos, também denominados de Obras de Arte Especiais (OAE), é desenvolvida por Pinto (2016), como: "um conceito, metodologia ou tecnologia que consiste na criação de um modelo virtual tridimensional coordenado da ponte, onde todos

os documentos de construção e as características intrínsecas de toda a estrutura são armazenados numa base de dados, inteiramente ligada às características geométricas da ponte e partilhada por todos os intervenientes durante todas as fases do ciclo de vida da ponte (projeto, construção, manutenção, demolição), nomeadamente entre as diversas especialidades, construtores e o dono de obra.”

Futuro da Modelagem de Estruturas em 3D

A modelagem 3D, aliada a aplicativos e softwares focados para a engenharia e desing de interiores estão se tornando cada vez mais completos e avançados. Eles permitem a criação de projetos virtuais, com detalhamentos de alocação de mobiliários e espaços, permitindo também a produção e personalização de objetos, e oferecendo recursos de cálculos precisos de dimensão e métodos quantitativos. Desso modo, é possível analisar as preferências e gostos do cliente a qual a obra será executada, de maneira mais prática e que atendam as suas necessidades (BARBOSA, 2023).

Existem, além do BIM, softwares especializados na modelagem 3D, como exemplo Revit, AutoCAD, SketchUp e Blender. Eles nos mostram através de maquetes virtuais, como ficará o ambiente através da conclusão do projeto, podendo ser feita a experimentação com diferentes modelos de layout, materiais a serem usados, estilos de decoração, a fim de se ter uma tomada de decisão mais eficaz e acertiva, a fim de serem evitados também custos desnecessários de materiais e mão de obra (BARBOSA, 2023).

De acordo com Eastman et al. (2021), citam que “a adoção generalizada do BIM e o uso de um modelo digital abrangente ao longo do ciclo de vida de uma edificação seriam um passo na direção certa para eliminar tais custos resultantes de interoperabilidade de dados inadequada”. Aliado a esse conceito, Deloitte (2023) adiciona de que esses custos afetam também a margem de lucro e a competitividade dentro do mesmo, e que, portanto, é de extrema importância que se invistam nas tecnologias a fim de reduzir custos e aumentar a eficiência e entrega do projeto ao consumidor final.

Tendências e Inovações na Área

A nova tendência para a modelagem 3D chamada de RV (Realidade Virtual) esta revolucionando o modo como se interage com os projetos. Essa tecnologia inovadora permite que engenheiros e arquitetos interajam diretamente com seus projetos no mundo virtual, “A Realidade Virtual é também uma mais valia para os projetistas e para o cliente nas reuniões de projeto, nomeadamente na comunicação de problemas e soluções” (SOUSA, 2020), essa tecnologia não só facilita na identificação de problemas como auxilia na apresentação para o cliente com uma visão mais completa e profissional, tonando a comunicação

mais ágil e efetiva ,o que acelera as tomadas de decisões e aumenta a satisfação do cliente com a obra.

A aplicação de álgebra linear em conjunto com a RV esta aumentando as possibilidade de análise de estruturas. As simulações em mundo virtual, integradas a álgebra linear permite a modelagem e a resolução de problemas de modo mais eficaz e ágil. “Usando o software “Cave Automatic Virtual Environment” (CAVE) (Ambiente Automático Virtual Cave) é possível que os gerentes e projetistas visualizem as implicações em termos de segurança que diferentes projetos podem apresentar” (SOARES; FRIAS, 2020) isso auxilia na visualizar o comportamento das estruturas, o que permite que abordagens mais flexíveis e dinâmicas para a solução de problemas.

CONCLUSÕES

A modelagem de estruturas em 3D, junto da álgebra linear, revela-se uma ferramenta imprescindível na engenharia civil contemporânea. Este estudo desta a intersecção entre essas disciplinas, evidenciando como a álgebra linear permite a criação de modelos precisos e a análise eficaz de estruturas.

Os resultados da pesquisa mostram que a aplicação do Building Information Modeling (BIM) e suas variações, como o Bridge Information Modeling (BrIM), não apenas facilitam o planejamento e a execução de obras, mas também promovem uma gestão eficiente ao longo do ciclo de vida das construções. A utilização de softwares avançados, como Revit e AutoCAD, demonstra como a tecnologia pode otimizar processos e minimizar erros, contribuindo para a segurança e a estabilidade das estruturas. Além disso, a introdução de tecnologias emergentes, como a Realidade Virtual (RV), abre novas perspectivas para a visualização e interação com projetos, aprimorando a comunicação entre profissionais e clientes.

Diante do exposto, conclui-se que a integração da álgebra linear na modelagem 3D não é apenas uma tendência, mas uma necessidade para garantir a eficácia e a segurança nas práticas de engenharia civil.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V et al. APLICAÇÕES DA ALGEBRA LINEAR NA ENGENHARIA CIVIL. XVII Semana Universitária, **Anais... XVI Encontro de Iniciação Científica e IX Feira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, Centro Universitário de Mineiros - Unifimes, ano 2022, v. 1, n. 1, 6 dez. 2022.

BARBOSA, Leonidas. **Tecnologias emergentes: o futuro do design**. Realidade Virtual. Manaus, 2023. p. 3-7. Disponível em:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/106241619/LEONIDAS_BARBOSA-libre.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.

DA SILVA, R. O. V. R. (2023). **Visão computacional e inteligência artificial aplicadas à avaliação do progresso de construções em simulações BIM 4D**. 2023. 148f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

EASTMAN, Chuck; SACKS, Rafael; TEICHOLZ, Paul; GHANG, Lee. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

JAIME, I. S.; BLUMENSCHNEIN, R. N. As cidades inteligentes e a Modelagem da Informação da Cidade (City Information Modeling): convergência de inteligência artificial, IoT, Big Data e Blockchain. **Scientific Journal ANAP**, v. 1, n. 3 p. 297-313, 2023.

JALAEI, F.; JRADE, A.; NASSIRI, M. Integrating Decision Support System (DSS) and Building Information Modeling (BIM) to Optimize the Selection of Sustainable Building Components. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 20, n. 25, p. 399-420, 2015

LOPES, Antônio Charles Nogueira. **Proposição de utilização da metodologia BrIM na elaboração de um projeto de ponte em concreto armado**. 2022. 59f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade de Ari de Sá, Fortaleza.

MACÊDO, Matheus Santos de. **Os benefícios do uso do BIM na redução dos custos de obra decorrentes da não compatibilidade entre projetos de engenharia: revisão sistemática de literatura**. 2024. 68f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MARZOUK, M.; HISHAM, M. Bridge information modeling in sustainable bridge management. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE DESIGN AND CONSTRUCTION**, 2011, Kansas City. Proceedings [...]. Kansas City: ASCE, 2012. p. 457-466.

PINTO, Ricardo Filipe Freitas. **Aplicação da metodologia BIM ao projeto de pontes: Caso prático**. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

SOARES, Fernando José; FRIAS, Romão Coutinho. **Utilização da estratégia de jogos para formação na área da prevenção de acidentes na construção**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construção) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

SUCCAR, B. **Building Information Modeling: organisational implementation & macro adoption**. In: INTERNATIONAL FORUM ON BIM, 2016.