

APLICAÇÃO DE MÉTODOS NÚMERICOS E ÁLGEBRA LINEAR NA ANÁLISE DE SISTEMAS HIDRÁULICOS EM ENGENHARIA CIVIL

Mônica Cristina Matik*; Hellen Adriadne de Paula Batista*; Gabriel Matsuda**

*Acadêmico de Engenharia Civil, e-mail: matikmonica@gmail.com; hellenariadne3@gmail.com.

**Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, enggabrielmatsuda@gmail.com.

INFORMAÇÕES

Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024
Aceite: 12 nov. 2024
Publicação online: dez. 2024

RESUMO

Este trabalho explora a aplicação de métodos numéricos e álgebra linear na análise de sistemas hidráulicos, fundamentais para a engenharia civil. O estudo aborda o uso de sistemas lineares para a modelagem de fenômenos hidráulicos, permitindo previsões precisas sobre o comportamento de redes de abastecimento de água, sistemas de drenagem e saneamento. A pesquisa se baseia em uma metodologia qualitativa e quantitativa, com revisão bibliográfica em bases como ScienceDirect e Google Acadêmico, utilizando palavras-chave relevantes. Dentre os métodos analisados, destaca-se o Gauss-Seidel, eficiente na resolução de sistemas lineares, acelerando o processo de cálculo. Além disso, foram discutidas leis fundamentais da hidráulica, como o princípio de Pascal e Bernoulli, e suas aplicações práticas em projetos de infraestrutura. A pesquisa conclui que a utilização de matrizes e sistemas lineares é essencial para garantir a eficiência no planejamento e operação de sistemas hidráulicos, proporcionando uma ferramenta robusta para a engenharia civil.

Palavras-chave: métodos numéricos; álgebra linear; engenharia hidráulica; sistemas lineares; infraestrutura.

ABSTRACT

This study explores the application of numerical methods and linear algebra in the analysis of hydraulic systems, which are essential for civil engineering. The research examines the use of linear systems to model hydraulic phenomena, enabling accurate predictions about the behavior of water supply networks, drainage systems, and sanitation infrastructure. The methodology combines qualitative and quantitative approaches, including a literature review from databases such as ScienceDirect and Google Scholar, using relevant keywords. Among the analyzed methods, Gauss-Seidel stands out for efficiently solving linear systems, streamlining the calculation process. Additionally, fundamental hydraulic laws, such as Pascal's and Bernoulli's principles, were discussed, along with their practical applications in infrastructure projects. The research concludes that using matrices and linear systems is crucial to ensuring efficiency in the planning and operation of hydraulic systems, providing a robust tool for civil engineering.

Keywords / Palabras clave: numerical methods; linear algebra; hydraulic engineering; linear systems; infrastructure.

Copyright © 2024, Mônica Cristina Matik; Hellen Adriadne de Paula; 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: MATIK, Mônica Cristina; DE PAULA, Hellen Adriadne; MATSUDA, Gabriel. Aplicação de métodos numéricos e álgebra linear na análise de sistemas hidráulicos em Engenharia Civil. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 24-27, dez. 2024.

INTRODUÇÃO

A engenharia civil é uma área fundamental para o desenvolvimento da sociedade, abrangendo a construção de infraestruturas como estradas, pontes, edifícios e sistemas hidráulicos (Oliveira, 2024). A engenharia civil desempenha um papel crucial na

concepção e manutenção de estruturas que atendem às necessidades da população e proporcionam conforto e segurança. Já os sistemas hidráulicos são essenciais para o transporte, tratamento e distribuição de água, bem como para o controle de inundações (Pinheiro, 2012; Silva, 2012). A compreensão desses sistemas é de extrema

importância para garantir o funcionamento adequado das cidades e a qualidade de vida das pessoas.

A análise de sistemas hidráulicos desempenha um papel crucial na engenharia civil, sendo essencial para o planejamento, projeto e operação de infraestruturas hidráulicas, como redes de abastecimento de água, sistemas de drenagem e saneamento. Para realizar uma avaliação precisa e eficaz desses sistemas, é indispensável o uso de ferramentas matemáticas robustas, como os métodos numéricos e a álgebra linear. Esses métodos permitem a resolução de equações complexas e a modelagem de fenômenos hidráulicos que são essenciais para prever o comportamento dos sistemas em diferentes condições operacionais (Bonfim, 2023).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo explorar a aplicação de métodos numéricos e álgebra linear na análise de sistemas hidráulicos, demonstrando como essas técnicas podem ser utilizadas para solucionar problemas práticos na engenharia civil.

METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada para este trabalho consiste em uma abordagem qualitativa e quantitativa, com ênfase na pesquisa aplicada. Serão utilizadas técnicas de coleta de dados para análise de sistemas hidráulicos em engenharia civil, a fim de garantir a relevância e precisão dos resultados.

O trabalho constituiu em realizar uma revisão aprofundada da literatura científica para fundamentar teoricamente a aplicação de métodos numéricos e álgebra linear em sistemas hidráulicos. Palavras-chave como "métodos numéricos", "álgebra linear", "engenharia hidráulica" e "análise de sistemas" serão usadas para pesquisar em bases de dados como ScienceDirect, Google Acadêmico, e ResearchGate. A revisão abordará conceitos fundamentais, técnicas existentes e estudos de caso relevantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Normalmente, sistemas lineares são definidos na matemática onde se há uma ou mais equações lineares com duas ou mais incógnitas. Mas é possível também definir sistemas lineares na hidráulica como algo que recebe informações ou entrada do meio ambiente, reagindo sobre ele mesmo obtendo uma saída ou resposta, onde o sistema respeitou o princípio de superposição que define "o efeito da soma das ações é a soma de cada efeito de cada ação".

A mesma coisa acontece em sistemas hidráulicos, onde há uma força é aplicada sobre um ponto do sistema, que é transmitida através da água para o resto do sistema. Alguns sistemas podem não ser lineares, sendo não estáveis onde então é preciso ter a

linearização desse sistema, sendo executada por uma aproximação linear do sistema em torno de um ponto de operação ou ponto de equilíbrio. Onde é desenvolvido cálculos que acabam utilizando métodos como as matrizes (DILDA, 2013).

O nome Gauss-seidel dá-se em homenagem a dois matemáticos alemães Carl Friedrich Gauss e Philipp Ludwig von Seidel, sendo esse método uma adaptação do método de Jacobi (MONTEIRO, 2012). O método de seidel é utilizado para uma solução de sistemas lineares mais fácil, precisando de menos interações para se obter o valor resultado final.

Considere um sistema de equações dado por:

Figura 1. Sistema de equações

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3n}x_n = b_3 \\ \vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nn}x_n = b_n \end{cases}$$

Fonte: Autor (2024)

No método Gauss-Seidel o sistema linear $Ax = b$, onde A é a matriz dos coeficientes, x é o vetor de incógnitas e b é o vetor de termos independentes, se transforma na forma equivalente $x = Hx + g$.

A separação de diagonal, então, a cada atualização, os valores são calculados dentro da iteração corrente, agilizando o processo iterativo. Assim, com uma estimativa inicial ($x(0)$), é possível calcular uma sequência com soluções aproximadas para o Sistema de Equações.

Esse método de gauss pode ser utilizado nos cálculos da hidráulica, sendo mais proveitoso pois é mais rápido de obter resultado, polpando tempo (BARROS,2022).

Análise de Sistemas Hidráulicos - Leis Fundamentais da Hidráulica

Sistemas hidráulicos podem ser entendidos como o sistema que realiza a locomoção dos fluidos em uma construção, tornando-os de extrema importância para um bom funcionamento de um projeto (DA SILVA, 2022). Além disso, também é necessária uma atenção extra no dimensionamento de suas peças e no sistema em geral, para evitar o acontecimento de erros que venham a causar prejuízos.

A hidráulica é baseada em princípios fundamentados e leis físicas (DA SILVA, 2022). Como por exemplo, os principais: a Lei de Pascal, formulada pelo físico e matemático Blaise Pascal, estabelece que a pressão aplicada em um sistema fechado a um fluido incompressível transmite-se de forma igualitária em todas as direções. Ou seja, caso uma força seja aplicada em determinado ponto de um sistema hidráulico, será

distribuída igualmente; O Princípio de Bernoulli diz que, no interior de um fluxo de fluido horizontal, o ponto de maior velocidade terá menor pressão que os de menor velocidade; A Lei da conservação de energia também é importante na hidráulica e afirma que a energia não se perde, mas sim se transforma em outro tipo (DA SILVA, 2015).

A junção dessas leis resulta em equações algébricas, que admitem soluções analíticas para esses tipos de caso (SODEK, 2021). É nesse momento que a Álgebra Linear se torna útil através de suas equações lineares e matrizes como métodos para resolver o sistema de equações lineares, à exemplo da conservação de energia que os fluidos apresentam na hidráulica, como citado anteriormente.

Aplicações Práticas em Engenharia Civil - Estudos de Caso em Sistemas Hidráulicos

Foi-se analisado um caso onde, considerando um sistema de equações resultante em problemas de análise na distribuição de água pela expressão:

$$Ax = b$$

Onde A é a matriz dos coeficientes, x é o vetor incógnita e b é o vetor solução. A estrutura das matrizes dos coeficientes A (nxn) pode ser montada da seguinte forma:

$$A \ C \ D \ C$$

onde C (mxn) é a matriz de incidência dos nós, t é o operador de transposição e D (mxm) é uma matriz diagonal das perdas de carga dos trechos expressa por:

Figura 2. Matriz

$$D = \begin{bmatrix} K_1 |Q_1|^{\alpha-1} & & & & \\ & K_2 |Q_2|^{\alpha-1} & & & \\ & & \dots & & \\ & & & \dots & \\ & & & & K_m |Q_m|^{\alpha-1} \end{bmatrix}$$

Fonte: Autor (2024)

Em que K_i é a resistência hidráulica no trecho i, Q_i é a vazão no trecho i e α é o expoente da equação de perda de carga.

Este tipo de matriz pode ser resolvido por meio de diversas metodologias, para que a análise desses sistemas da análise de distribuição de água seja melhor compreendido em termos matemáticos.

CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que sistemas hidráulicos são de extrema importância e relevância para a Engenharia Civil. Portanto, através do analisado e apresentado nesse resumo, mostrou-se o conceito de matrizes e

sistemas lineares e a utilidades desses elementos quando utilizados na área de hidráulica.

Especialmente a utilização de matrizes, que provou-se ser um método de resolução de sistemas no contexto de distribuição de água. Assim, pode ser considerado uma alternativa sólida e efetiva para realizar esses tipos de análises com a utilização da álgebra linear.

REFERÊNCIAS

BARROS, Iris Lobato. Resolução de um sistema linear utilizando o método de Gauss-Seidel. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Baixo Tocantins, Abaetetuba, 2022.

BONFIM, Michelle Tuane Gomes. Estado da arte da drenagem urbana no município de Goiânia – GO. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2023.

BRESSAN, Glaucia Maria. Controle de sistemas não lineares utilizando inferência Fuzzy e controle interpolado. Revista Engenharia e Tecnologia, v. 14, n. 1, p. 12-23, mar. 2022.

DA SILVA, Ana Carolina Bezerra. Lei da conservação de energia. Infoescola, 2015. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/lei-da-conservacao-de-energia/>. Acesso em: 01 out. 2024.

DA SILVA, Milton Cardoso; STELLE, Melany. Sistema hidráulico: conceito e aplicações. 2022.

DILDA, Vanessa. Controle de sistemas lineares sujeitos a zona morta no atuador. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Automação e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

FORMIGA; FAZAL H. Chaudhry; Peter B. Cheung; Fernando G. Braga da Silva; Alexandre K. Soares. Métodos para solução de equações lineares empregados na análise hidráulica de redes de distribuição de água. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2024.

MONTEIRO, M. T. T. Métodos numéricos: exercícios resolvidos aplicados à engenharia e outras ciências. 2012. Universidade do Minho.

OLIVEIRA, Rebeca Marinho Ramos. Revisão da literatura sobre diretrizes para construção de UTIs. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Ari de Sá, Fortaleza, 2024.

PINHEIRO, Susana Manuela Teixeira. Edifícios sustentáveis em construção metálica. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho, Portugal, 2012. Disponível em: ProQuest Dissertations & Theses. Número de Acesso: 30227216.

SILVA, M. B. F. A. Índice de remoção de barragens cearenses (IREB) sob um enfoque multicritério. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SODEK, Daniela Bonazzi et al. Simulador hidráulico de sistemas a condutos forçados com módulo científico Python de alta performance. 2021.