

ANÁLISE ESTRUTURAL COMPARATIVA POR MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE BLOCO DE FUNDAÇÃO DE GRANDE PORTE¹

CALAZANS, Gustavo Lopes²

COSTA E SILVA, Cátia³

RESUMO

O projeto de fundações de grande porte para edificações complexas exige precisão e otimização, especialmente em elementos estruturais maciços onde a distribuição de tensões é intrincada. Este trabalho propõe uma análise comparativa entre o Método dos Elementos Finitos (MEF) e o Método das Bielas e Tirantes (MBT) para o dimensionamento e a otimização da armadura desses elementos. Inicialmente, a análise estrutural é realizada por meio do MEF, utilizando o software Autodesk Robot Structural Analysis Professional, o que permite a obtenção de um campo de tensões internas detalhado. Os resultados do MEF, em particular as trajetórias das tensões principais, são então utilizados para guiar a concepção do modelo de bielas e tirantes, de acordo com as prescrições da NBR 6118. A partir dessa premissa, os resultados de dimensionamento de armadura obtidos pelos dois métodos são comparados e discutidos, visando avaliar a eficiência, a segurança e a racionalização do projeto. A aplicação dessa metodologia integrada, com a análise comparativa entre MEF e MBT, visa aprimorar a segurança, a eficiência e a sustentabilidade de projetos de fundações maciças.

Palavras-chave: Fundações; Elementos Finitos; Concreto Armado; Bielas e Tirantes.

INTRODUÇÃO

A engenharia civil moderna enfrenta um cenário de edificações cada vez mais complexas, que demandam fundações de grande porte com projeto e construção desafiadores (BEZERRA, 2024). Longe de serem simples elementos de apoio, as fundações atuam como a base de qualquer estrutura, e sua concepção e dimensionamento precisos são cruciais para a segurança e a longevidade da obra. A análise dessas fundações colossais, em especial as regiões de descontinuidade (regiões D), transcende as abordagens tradicionais (MUNHOZ, 2004)

Nesse contexto, o **Método dos Elementos Finitos (MEF)** surge como uma ferramenta indispensável, permitindo uma simulação detalhada do comportamento estrutural e da complexa distribuição tridimensional de tensões (ALVES, 2023). Ao modelar elementos de concreto de grande dimensão como placas ou sólidos (3D), o MEF fornece uma representação mais fiel das tensões internas, algo fundamental para o entendimento do comportamento estrutural. Contudo, softwares de análise estrutural como o Autodesk Robot Structural Analysis Professional não geram

¹ Projeto de pesquisa PIBIFSP edital 2025

² Estudante de bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus São Paulo; São Paulo, SP, Brasil; gustavo.calazans@aluno.ifsp.edu.br

³ Doutora, professora, Departamento de Construção Civil, IFSP, Campus São Paulo, São Paulo – SP, catiacosta@ifsp.edu.br.

automaticamente o detalhamento de armaduras para modelos de elementos sólidos, exigindo uma interpretação ativa do engenheiro (AUTODESK, sd).

Para preencher essa lacuna, o **Método das Bielas e Tirantes (MBT)** é uma solução robusta, recomendada pela NBR 6118 (ABNT, 2019). O MBT é particularmente eficaz para o dimensionamento em regiões D, onde a teoria de flexão-cisalhamento não se aplica. A grande contribuição do MEF para o MBT está na visualização das trajetórias das tensões principais, que servem como um guia visual essencial para a concepção do modelo de bielas e tirantes de forma lógica e eficiente (RESEARCHGATE, 2024).

A relevância deste trabalho se acentua com a proposição de uma **análise comparativa** entre os resultados de dimensionamento obtidos por ambos os métodos: o **MEF**, por meio da interpretação direta dos campos de tensão para o projeto da armadura, e o **MBT**, guiado pelas trajetórias de tensões principais. Essa comparação visa avaliar as diferenças e similaridades nas quantidades de aço, na distribuição da armadura e na eficiência estrutural de cada abordagem (PERIODICOS, 2025).

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é **analisar e comparar a eficácia de duas metodologias para o dimensionamento de blocos de fundação de grande porte: o Método dos Elementos Finitos (MEF) e o Método das Bielas e Tirantes (MBT).**

Para atingir este objetivo, o estudo se propõe a:

- **Modelar e analisar um bloco de fundação de grande porte** por meio do Método dos Elementos Finitos (MEF), utilizando softwares de análise estrutural.
- **Extrair e interpretar o campo de tensões internas** do modelo de elementos finitos, identificando as regiões de maior solicitação e as trajetórias de tensões principais, que servirão de base para a concepção do modelo de bielas e tirantes.
- **Dimensionar a armadura do bloco de fundação** utilizando o Método das Bielas e Tirantes (MBT), concebendo o modelo com base na interpretação dos resultados do MEF.
- **Comparar os resultados de dimensionamento** obtidos pelos dois métodos (MEF e MBT) em termos de consumo de aço, distribuição da armadura e aderência às prescrições normativas.

METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza como um estudo de caso aplicado à fundação do edifício Patriani Sirius Bosque, em Campinas, São Paulo, que possui em sua fundação um bloco estaqueado por 63 estacas que suporta o núcleo rígido do edifício. Atualmente sendo o edifício mais alto do município.

Análise por Elementos Finitos (MEF): Será realizada a modelagem e a análise do bloco de fundação no software Autodesk Robot Structural Analysis Professional, utilizando elementos de casta e sólidos para uma representação fiel do comportamento tridimensional do concreto (RESEARCHGATE, 2024). A interação com o solo será considerada com base nas características geotécnicas do terreno, fornecidas pelo escritório de geotecnia responsável pelo projeto original.

Aplicação do Método: Os resultados da análise MEF, como as trajetórias de tensões principais, serão interpretados para conceber a análise de tensões. Com base neste modelo e nas forças obtidas, será feita a comparação de tensões encontradas no método de bielas e tirantes originalmente realizada pelo escritório responsável pelo projeto estrutural.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E DISCUSSÕES

A seção de discussão deste resumo expandido se concentrará na análise de tensões em blocos de fundação de grande porte. O Método dos Elementos Finitos (MEF) é empregado para modelar o comportamento tridimensional do concreto, permitindo a visualização de um campo de tensões detalhado. A interpretação desse campo é crucial, pois revela as trajetórias de tensões principais, indicando as regiões de compressão (bielas) e tração (tirantes). Essa visualização serve de base para a formulação do modelo do Método das Bielas e Tirantes (MBT), uma abordagem consagrada pela NBR 6118 que simplifica o complexo estado de tensões em um sistema de bielas de compressão e tirantes de tração. A discussão central do trabalho reside na comparação rigorosa de como cada método aborda e representa a distribuição de tensões, avaliando suas implicações para o dimensionamento subsequente da armadura, e não apenas no dimensionamento final.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo busca demonstrar a viabilidade e a eficiência de uma metodologia integrada que une análise estrutural avançada e dimensionamento normativo. A expectativa é que o confronto entre os objetivos estabelecidos e os resultados obtidos mostre que essa abordagem não apenas garante a segurança estrutural de fundações maciças, mas também representa um avanço em termos de eficiência, economia de material e alinhamento com as tendências de digitalização e sustentabilidade da indústria da construção.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, Bruno. Elementos de fundação: indicação de aplicação partindo do pré-projeto. Ciências exatas e tecnológicas Aracaju, v. 8, n.2, p. 25-41, maio 2024, Disponível em: periodicos.set.edu.br. Acesso em 07 jun. 2025

MUNHOZ, F. S. Análise do comportamento de blocos de concreto armado sobre estacas submetidos à ação de força centrada. 2004. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

ALVES, B. ANÁLISE NUMÉRICA DE ELEMENTOS FINITOS 3D PARA PROJETOS DE FUNDAÇÕES. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/44218/2/An%C3%A1liseNum%C3%A9ricaElementos.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2025.

RESEARCHGATE. Aplicação do método dos elementos finitos (MEF) em uma plataforma de elevação de paletes. 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/386990586_Aplicacao_do_metodo_dos_elementos_finitos_MEF_em_uma_plataforma_de_elevacao_de_paletes. Acesso em: 13 jun. 2025.

AUTODESK. Robot Structural Analysis Ajuda | Tipos de elementos finitos usados no programa. [s.d.]. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/PTB/ROBOT-what-types-of-finite-elements-are-used-in-the-program.html>. Acesso em: 04 jun. 2025.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.

PERIODICOS.UEM.BR. Análise de sensibilidade dos parâmetros geotécnicos de um radier estaqueado modelado utilizando o método dos elementos finitos. [s.d.]. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/actascitechnol/index.php/ActaSciTechnol/article/download/5467/5467/16531>. Acesso em: 28 jun. 2025.