

**DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE ANDAIMES DE AÇO UTILIZANDO
A NORMA BRASILEIRA NBR 8800:2008 E VALIDADO ATRAVÉS DO
SOFTWARE SOLIDWORKS**

Carlos Phelippe de França

Geovani Faria

Guilherme Tortato

Orientador: Prof. Dr. Júlio Ferreira

RESUMO

Este resumo descreve um estudo que teve como objetivo principal dimensionar corretamente uma estrutura utilizando a norma NBR 8800 da ABNT, bem como validar o projeto por meio do uso do software SolidWorks. O problema abordado envolve a necessidade de garantir o desempenho e a segurança de estruturas metálicas, seguindo os padrões estabelecidos pela norma. A metodologia adotada consistiu em uma combinação de pesquisa bibliográfica e análise experimental. Inicialmente, foi realizada uma revisão detalhada da norma NBR 8800, buscando compreender seus critérios e variáveis. Essa revisão bibliográfica serviu como embasamento para o estudo e para assegurar a autenticidade e confiabilidade dos resultados. Em seguida, foi desenvolvido um modelo tridimensional da estrutura utilizando o software SolidWorks, seguindo as especificações e parâmetros da norma NBR 8800. Foi realizada uma análise estrutural detalhada do modelo, aplicando cargas específicas definidas pela norma, a fim de avaliar o desempenho da estrutura. Os resultados obtidos na análise estrutural foram comparados com os resultados esperados de acordo com a norma NBR 8800. Essa comparação permitiu identificar a conformidade da estrutura aos critérios de segurança, estabilidade e rigidez estabelecidos pela norma. Como principais conclusões, verificou-se que é possível dimensionar corretamente a estrutura utilizando a norma NBR 8800, garantindo seu desempenho e segurança. O uso do software SolidWorks como ferramenta de validação demonstrou ser eficaz na análise estrutural. Os resultados e conclusões deste estudo contribuem para o avanço do conhecimento no campo da engenharia de estruturas metálicas, fornecendo uma abordagem confiável para o dimensionamento e projeto dessas estruturas. Em resumo, este estudo mostrou que a norma NBR 8800 aliada ao software SolidWorks oferecem uma metodologia precisa e confiável para o dimensionamento de estruturas metálicas, garantindo sua segurança e adequação aos critérios estabelecidos pela norma.

Palavras-chave: norma NBR 8800, estruturas metálicas, dimensionamento, projeto, desempenho, segurança, cálculos, SolidWorks.

INTRODUÇÃO

O andaime é uma estrutura temporária utilizada para auxiliar o trabalho em alturas elevadas, geralmente em obras de construção civil. Desde os tempos antigos, a humanidade já utilizava estruturas semelhantes para alcançar lugares altos, como torres e escadas (SILVA, 2014).

Com o passar do tempo, a construção de edifícios mais altos exigiu o desenvolvimento de andaimes mais avançados e seguros. Na década de 1930, os primeiros andaimes tubulares surgiram nos Estados Unidos e, desde então, foram sendo aprimorados (CARVALHO, 2017).

Atualmente, a Norma Regulamentadora NR-18, do Ministério do Trabalho e Emprego, é a principal norma brasileira que estabelece requisitos de segurança para a utilização de andaimes em obras de construção civil (BRASIL, 2018). Ela define as exigências técnicas mínimas para o projeto, a montagem, a utilização e a desmontagem de andaimes, além de estabelecer as responsabilidades dos empregadores e trabalhadores.

Além disso, existem normas internacionais que também estabelecem requisitos de segurança para a utilização de andaimes, como a EN 12811-1, da União Europeia, e a ANSI/ASSE A10.8, dos Estados Unidos. Essas normas são referências importantes para o desenvolvimento de andaimes mais seguros e eficientes em todo o mundo (FUKUTA, 2016).

A participação de um engenheiro mecânico no processo de dimensionamento de andaimes é fundamental para garantir a segurança e eficiência na construção de estruturas em altura. Com a aplicação das normas técnicas pertinentes, como a NBR 6494 da ABNT para o projeto de andaimes e a NBR 8800 para o dimensionamento de estruturas, aliadas à utilização do software SolidWorks, o engenheiro mecânico pode realizar um estudo detalhado das especificações técnicas dos andaimes, bem como desenvolver e validar o projeto de acordo com as normas de segurança estabelecidas. Dessa forma, a contribuição do engenheiro mecânico é essencial para garantir a qualidade e segurança do projeto, bem como para evitar acidentes e danos à imagem da empresa. Assim, como problema da pesquisa temos a seguinte pergunta: Qual

a importância da participação de um engenheiro mecânico no dimensionamento de andaimes?

O dimensionamento correto de andaimes é essencial para evitar acidentes graves. A norma NBR 8800 da ABNT estabelece critérios fundamentais para o dimensionamento seguro de estruturas, garantindo estabilidade e integridade. O não cumprimento da norma pode resultar em problemas estruturais.

O uso do software SolidWorks na validação do projeto de andaimes apresenta uma vantagem significativa em relação a métodos tradicionais, pois permite uma análise mais precisa e detalhada da estrutura, identificando possíveis pontos de falha e auxiliando na tomada de decisões para aprimorar o projeto.

O objetivo deste trabalho é utilizar a norma NBR 8800 da ABNT no dimensionamento de estruturas, validando o projeto por meio do software SolidWorks. Busca-se garantir a integridade, estabilidade e eficiência da estrutura, seguindo os critérios da NBR 8800.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentado o referencial teórico sobre andaimes, abordando os principais conceitos, normas e recomendações relacionadas à sua montagem, uso e segurança. Segundo o site da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), andaimes são "plataformas provisórias destinadas a sustentar trabalhadores e materiais no decorrer de uma obra ou serviço". Os andaimes são amplamente utilizados em construções e manutenção de edificações, proporcionando um local seguro para que os trabalhadores realizem suas atividades em altura (ABNT, 2021). Existem diversos tipos de andaimes, e cada um é projetado para atender a necessidades específicas, de acordo com as características do local e as atividades a serem realizadas. De acordo com o livro "Andaimes - Montagem e Uso Seguro" de José Antônio Alves Pereira, os andaimes podem ser classificados em fixos, móveis, suspensos e outros, sendo que cada tipo apresenta vantagens e desvantagens em relação à sua utilização (PEREIRA, 2012).

Normas e legislação

Normas e legislações utilizadas no dimensionamento de andaimes indica que é fundamental seguir as diretrizes estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pelo Ministério do Trabalho e Emprego para garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos na atividade (PEREIRA, 2012; RIBEIRO, 2019). A NBR 6494:2020 da ABNT estabelece critérios técnicos para a concepção, dimensionamento, montagem, utilização, desmontagem e manutenção dos andaimes, considerando diversos fatores como a carga a ser suportada, o tipo de andaime e o local de trabalho (ABNT, 2023). Por sua vez, a NR 18 define as diretrizes a serem seguidas para garantir a segurança dos trabalhadores na atividade de montagem e utilização de andaimes, estabelecendo desde a responsabilidade das empresas contratantes e contratadas até os requisitos para a montagem, utilização, desmontagem e inspeção dos andaimes (SEBRAE, 2023). É importante destacar que o não cumprimento das normas e legislações pode acarretar em sanções civis, administrativas e penais, além de colocar em risco a vida dos trabalhadores envolvidos na atividade (PEREIRA, 2012).

Norma NBR 6494 da ABNT

O dimensionamento de andaimes é uma etapa crítica, que envolve diversos fatores, como a carga que será suportada, a altura do andaime, o tipo de terreno e outros. A NBR 6494:2020 estabelece as fórmulas e os critérios que devem ser utilizados para o cálculo de carga e dimensionamento de andaimes, sendo que essas informações são fundamentais para garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos (ABNT, 2020).

Norma NBR 8800 da ABNT

A ABNT NBR 8800 determina condições para o projeto e manipulação de estruturas de aço e outras aplicabilidades, englobando as possibilidades de projeto, propriedades dos materiais (como resistência à tração, compressão e flexão), critérios de fabricação/montagem e os quesitos de utilização. A norma

indica os métodos para o cálculo dimensional das estruturas levando em conta variados tipos de cargas e formas geométricas. Também, define parâmetros para as tolerâncias dimensionais, seleções de perfis, conferência de fadiga e delimitações de solda. Além disso, a norma estipula exigências para a composição estrutural, apoios, conexões e fundação para as estruturas (ABNT, 2008).

Norma NR35

De acordo com a Norma Regulamentadora NR35, é fundamental garantir a proteção dos trabalhadores envolvidos em atividades em altura no Brasil. A norma visa prevenir quedas e acidentes, exigindo um planejamento prévio das atividades, treinamento adequado dos operários, priorização de medidas de proteção coletiva, fornecimento de EPIs quando necessário, capacitação em resgate e primeiros socorros, além da documentação das etapas do trabalho (NR35).

Software SolidWorks

O uso do software SolidWorks tem se tornado uma prática cada vez mais comum no dimensionamento de andaimes, uma vez que esta ferramenta pode auxiliar no processo de cálculo e análise estrutural dos elementos envolvidos na montagem do andaime, contribuindo para a segurança dos trabalhadores (ANDRADE, 2018; PEREIRA, 2020). Além disso, o SolidWorks permite a simulação virtual da montagem do andaime, facilitando a identificação de possíveis falhas e aprimorando o projeto (COSTA et al., 2017). O software também possibilita a geração automática de desenhos técnicos e listas de materiais, o que agiliza o processo de planejamento e execução da obra (SANTOS, 2021)

Software Ftool

O Ftool é um programa de análise estrutural de código aberto, desenvolvido para cálculo e dimensionamento de estruturas em geral. Sua

interface intuitiva e amigável permite que o usuário possa modelar e analisar estruturas com rapidez e precisão. No contexto dos andaimes, o Ftool tem sido utilizado para realizar cálculos de dimensionamento e análise estrutural, a fim de garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos na atividade. Segundo Costa et al. (2017), a simulação virtual realizada com o Ftool permitiu uma análise mais precisa do comportamento estrutural dos andaimes em relação às cargas aplicadas, possibilitando ajustes e melhorias no projeto. Além disso, Pereira (2020) destaca a aplicação do software CAD/CAE no dimensionamento e análise estrutural de andaimes, utilizando o Ftool como uma ferramenta eficiente e de fácil uso.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consiste em realizar o cálculo de estruturas utilizando a norma NBR 8800 da ABNT como referência. Serão aplicados os critérios e parâmetros estabelecidos pela norma para garantir a segurança e adequação das estruturas. Através de uma análise detalhada, será verificado se a estrutura projetada atende aos requisitos da norma em termos de segurança, estabilidade e demais aspectos estruturais.

Para a validação do projeto, será utilizado o software SolidWorks. Por meio dele, será realizada uma análise estrutural da estrutura projetada, aplicando as cargas e condições de contorno especificadas pela norma NBR 8800. Através dessa análise, serão verificados critérios de segurança e outros parâmetros definidos pela norma.

Os resultados obtidos serão comparados com as expectativas estabelecidas pela norma NBR 8800. Caso haja discrepâncias significativas, serão identificadas possíveis melhorias ou ajustes necessários no projeto. Todos os resultados e conclusões serão registrados e documentados de forma adequada, contribuindo para o avanço do conhecimento nessa área específica.

Dessa forma, a abordagem adotada neste trabalho visa calcular as estruturas de acordo com a norma NBR 8800 e, posteriormente, utilizar o software SolidWorks para validar e verificar a conformidade das estruturas projetadas com as diretrizes da norma. Isso garantirá a segurança, confiabilidade

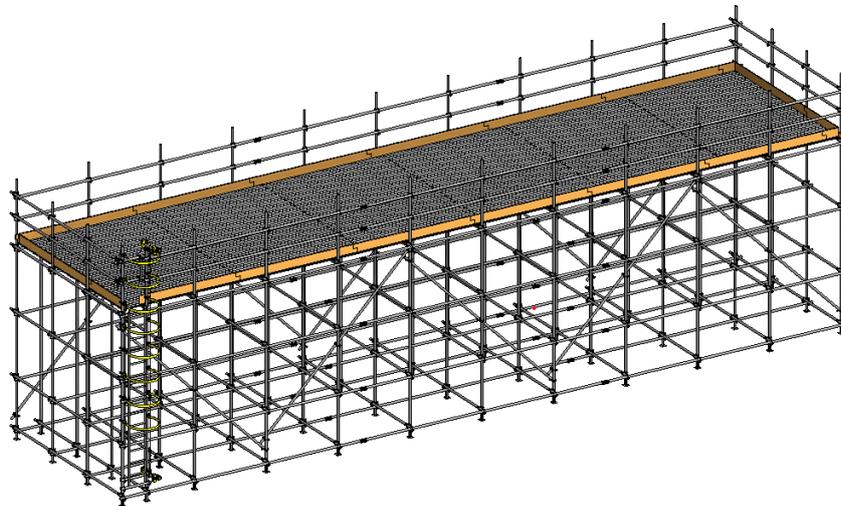
e adequação das estruturas dimensionadas.

MEMORIAL DE CÁLCULO

O dimensionamento de andaimes é uma etapa fundamental para garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos na atividade. Para isso, é necessário realizar um memorial de cálculo detalhado e preciso, que leve em consideração as cargas que serão aplicadas no andaime, as características dos materiais utilizados na sua construção e outras variáveis importantes. Neste trabalho, o próximo passo será a apresentação do memorial de cálculo utilizado no dimensionamento do andaime, visando garantir a segurança dos trabalhadores e o sucesso da atividade. Através desse memorial, será possível avaliar e verificar todas as etapas do processo de dimensionamento do andaime, incluindo cálculos de resistência dos materiais, análise estrutural e outras informações importantes.

A estrutura da Figura 1 será dimensionada conforme ABNT NBR – 8800/2008.

Figura 1 – Estrutura do Andaime



Fonte: Os autores.

1. Dados do projeto

- a) Aço 1020 laminado a frio galvanizado a fogo
- b) Peso da estrutura: 6.085 Kg
- c) Carga adicional 1: 5.000 Kg
- d) Carga adicional 2: 150kg m^2 Procurar tabela.
- e) Area total do tabuado: 83,62 m^2

- f) Diâmetro externo: 48,3 mm
- g) Diâmetro interno: 45,25 mm

No Item 4.5.2.9 da norma ABNT NBR 8800/2008 nos dá as propriedades mecânicas gerais do aço. Para efeito de cálculo devem ser adotados, para os aços aqui relacionados, os seguintes valores de propriedades mecânicas:

- a) módulo de elasticidade, $E = E_a = 200\ 000\ Mpa$
- b) coeficiente de Poisson, $\nu_a = 0,3$
- c) módulo de elasticidade transversal, $G = 77\ 000\ Mpa$
- d) coeficiente de dilatação térmica, $\beta_a = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- e) massa específica, $\rho_a = 7,850\ Kg/m^3$

2. Cálculo da área transversal

Cálculo da área da seção transversal do tubo, utiliza as equações (1) e (2).

$$D = 48,3\ mm > 4,38\ cm$$

Para calcular o diâmetro reduzido (d), subtraímos duas vezes a espessura da parede do tubo ($2 \cdot t$) do diâmetro original (D).

$$d = D - (2 \cdot t) = \tag{1}$$

$$d = D - (2 \cdot t) = 48,3 - (2 \cdot 3,05) = 42,2\ mm > 4,22\ cm$$

Em seguida, utilizamos a fórmula da área transversal (A_g) de um anel para calcular a área da seção transversal do tubo. Essa fórmula envolve subtrair o quadrado do diâmetro reduzido (d^2) do quadrado do diâmetro original (D^2), multiplicar pelo valor de pi (π) e dividir por 4 para obter a área em centímetros quadrados (cm^2).

$$A_g = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \tag{2}$$

O resultado obtido para a área transversal (A_g) é de aproximadamente 4.33 cm^2

$$A_g = 4,33\ cm^2$$

3. Cálculo do momento de inércia

Utilizando a equação (3) para calcular o momento de inércia em relação ao eixo x (I_x) e ao eixo y (I_y)

$$I_x = I_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad (3)$$

Utilizamos a fórmula do momento de inércia para um tubo circular vazio para calcular o momento de inércia em relação ao eixo x (I_x) e ao eixo y (I_y). A fórmula envolve subtrair o quarto poder do diâmetro reduzido (d^4) do quarto poder do diâmetro original (D^4), multiplicar pelo valor de pi (π) e dividir por 64 para obter o momento de inércia em centímetros elevados à quarta potência (cm^4).

$$I_x = I_y = \frac{\pi(4,83^4 - 4,22^4)}{64}$$

$$I_x = I_y = 11,14 \text{ cm}^4$$

O resultado obtido para o momento de inércia em relação aos eixos x e y ($I_x = I_y$) é de aproximadamente 11.14 cm^4 .

4. Cálculo do momento de inércia

Utilizando a equação (4) para calcular o raio de giração (R):

$$R = \sqrt{\frac{I}{A_g}} \quad (4)$$

Utilizamos a fórmula do raio de giração, que relaciona o momento de inércia (I) e a área transversal (A_g) de uma seção. O raio de giração é a medida que indica a distribuição da área em relação a um eixo, representando a distância média das áreas elementares em relação ao eixo considerado.

Substituímos os valores calculados anteriormente na fórmula do raio de giração:

$$R = \sqrt{(11.14 / 4.33)}$$

Aplicamos a raiz quadrada ($\sqrt{\quad}$) do resultado do cálculo para obter o valor final do raio de giração.

O resultado obtido para o raio de giração (R) é de aproximadamente 1.60 cm. Esse valor indica a distância média das áreas elementares em relação ao eixo

considerado, fornecendo uma medida da concentração de massa em relação ao eixo.

5. Combinações normais

Utilizando a equação (5) para calcular as combinações normais (F_d):

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} \cdot F_{gi,k}) + \gamma_{q1} \cdot F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \cdot \Psi_{0j} \cdot F_{Qj,k}) \quad (5)$$

Utilizamos a fórmula das combinações normais, que envolve somar os produtos das cargas e fatores de ponderação correspondentes. Os fatores de ponderação γ representam os coeficientes de segurança associados a cada tipo de carga.

Substituímos os valores fornecidos na fórmula das combinações normais:

$$F_d = (\gamma_{gi} * F_{gi,k}) + \gamma_{q1} * F_{Q1,k} + (\gamma_{qj} * \Psi_{0j} * F_{Qj,k}) \text{ for } j=2, i=1$$

$$F_d = (1.25 * 59.673) + (1.50 * 123) + (1.50 * 0.7 * 49.033)$$

Calculamos os produtos e somamos os resultados:

$$F_d = 74.59 + 184.5 + 51.48$$

O resultado obtido para as combinações normais (F_d) é de 310.57 kN. Isso representa a soma das diferentes cargas multiplicadas pelos fatores de ponderação, resultando na carga total a ser considerada.

6. Valores de resistências

6.1 Cálculo de resistência do material ao escoamento: Nesta etapa, utilizamos a equação (6.1) para calcular a resistência do material ao escoamento. O valor de resistência à tração do material (f_y) é dado como 250 MPa, o que corresponde a 25 kN/cm². O fator de segurança γ_m é fornecido como 1,35.

A fórmula para o cálculo da resistência ao escoamento (F_d) é dada por:
 $F_d = f_y / \gamma_m$

Substituindo os valores fornecidos na fórmula, temos: $F_d = 25 / 1,35$ $F_d = 18,51$ kN/cm²

Portanto, a resistência do material ao escoamento é de aproximadamente 18,51 kN/cm².

6.2 Cálculo de resistência do material à ruptura: Nesta etapa, utilizamos a equação (6.2) para calcular a resistência do material à ruptura. O valor de resistência à tração do material (f_u) é dado como 400 MPa, o que corresponde a 40 kN/cm². O fator de segurança γ_m é fornecido como 1,35.

A fórmula para o cálculo da resistência à ruptura (F_d) é dada por: $F_d = f_u / \gamma_m$

Substituindo os valores fornecidos na fórmula, temos: $F_d = 40 / 1,35$ $F_d = 29,62$ kN/cm²

Portanto, a resistência do material à ruptura é de aproximadamente 29,62 kN/cm²

7. Força axial de tração

7.1 Cálculo da resistência à tração (N_t, R_d): Nesta etapa, utilizamos a equação (7.1) para calcular a resistência à tração. A área da seção transversal (A_g) é calculada anteriormente como 4,33 cm². O valor de resistência ao escoamento do material (f_y) é dado como 18,51 kN/cm². O fator de segurança γ_{a1} é fornecido como 1,1.

A fórmula para o cálculo da resistência à tração (N_t, R_d) é dada por: $N_t, R_d = A_g * f_y * \gamma_{a1}$

Substituindo os valores fornecidos na fórmula, temos: $N_t, R_d = 4,33 * 18,51 * 1,1$
 $N_t, R_d = 72,86$ kN

Portanto, a resistência à tração é de aproximadamente 72,86 kN.

7.2 Cálculo da força solicitante (N_t, S_d): Nesta etapa, utilizamos a equação (7.2) para calcular a força solicitante. O valor de carga de projeto (N_k) é fornecido como 7,05 kN e o fator de segurança γ é fornecido como 1,1.

A fórmula para o cálculo da força solicitante (N_t, S_d) é dada por: $N_t, S_d = \gamma * N_k$

Substituindo os valores fornecidos na fórmula, temos: $N_t, S_d = 1,1 * 7,05$ $N_t, S_d = 7,75$ kN

Portanto, a força solicitante é de aproximadamente 7,75 kN.

Podemos concluir que os valores calculados acima atendem as especificações da norma ABNT NBR 8800/2008.

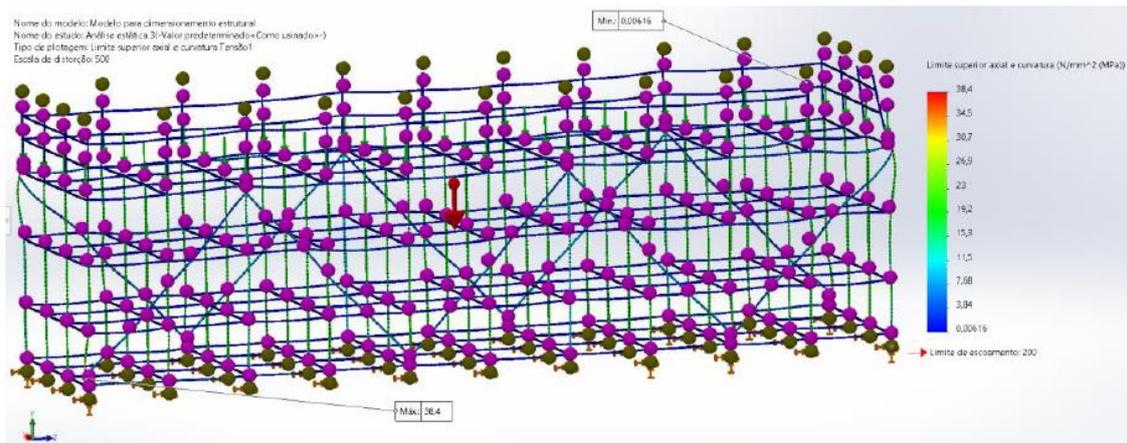
8. Análise dos resultados

8.1 Análise da tensão na estrutura.

Na análise da estrutura foi utilizado o software solidWorks para

análisarmos a integridade da estrutura com aplicação da carga calculada acima. Nessa simulação utilizando método de elementos finitos e aplicamos uma carga distribuída de 7,75 KN de força solicitante Nt, Sd em cada poste na vertical. Essa análise tem por finalidade verificar a tensão na estrutura, deslocamento e força resultante na estrutura.

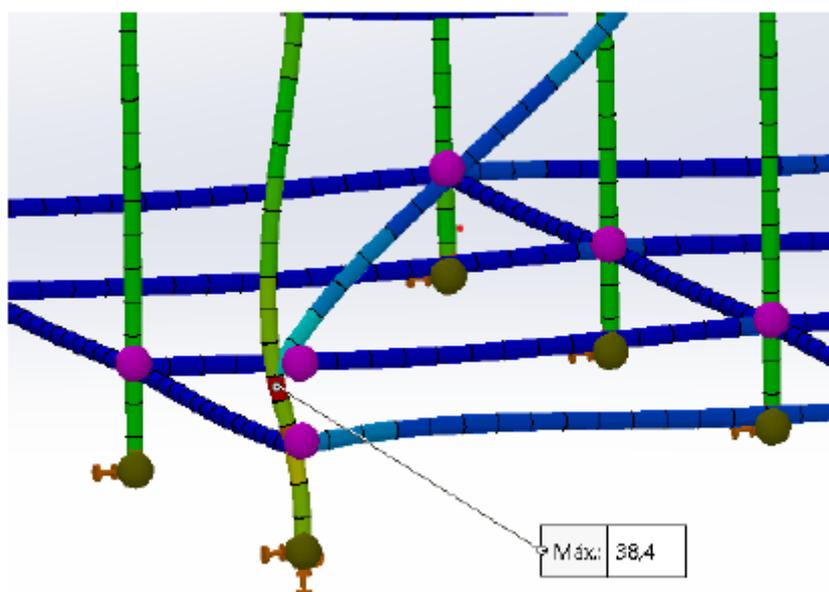
Figura 2



Fonte: Os autores.

Aplicando uma carga distribuída de 7,75 KN em cada poste na estrutura obtivemos um atenção de 38,4 Mpa, não excedendo o limite de escoamento do material que é de 200 Mpa.

Figura 3

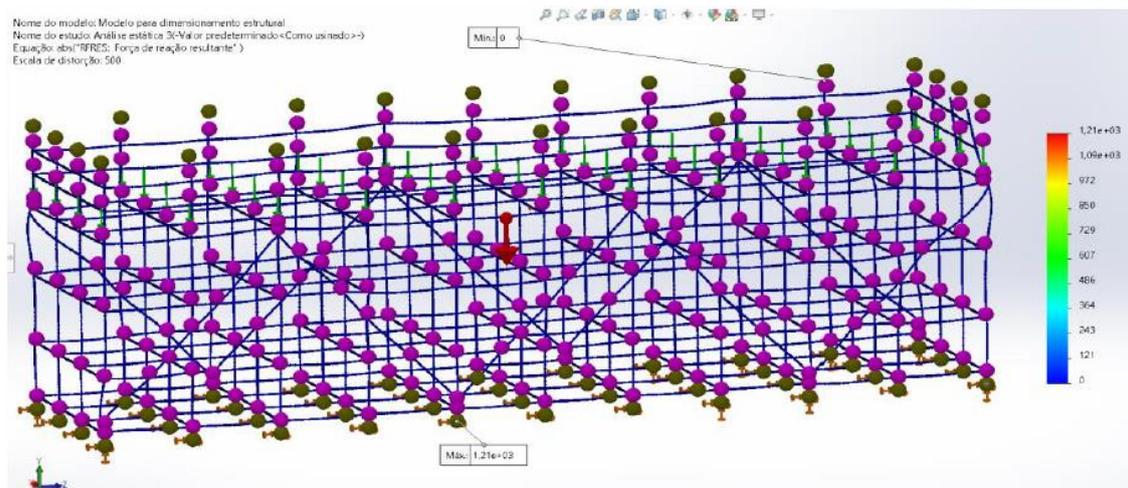


Fonte: Os autores.

Podemos ver que o ponto de maior tensão na estrutura, tensão de 38,4 Mpa.

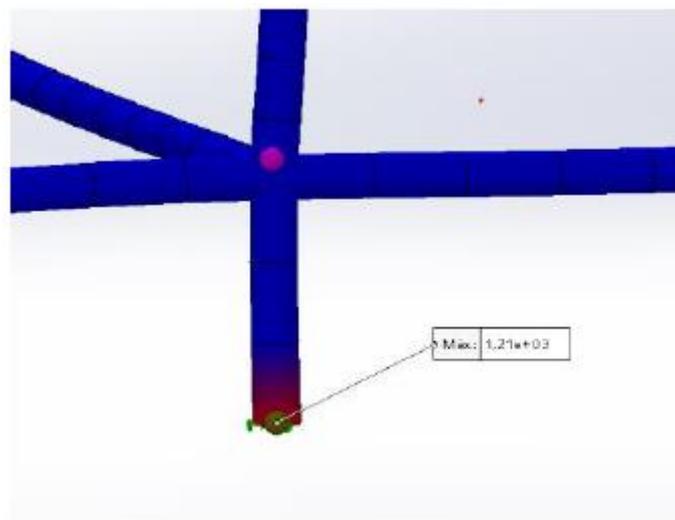
8.2 Análise da força resultante

Figura 4



Fonte: Os autores.

Figura 5

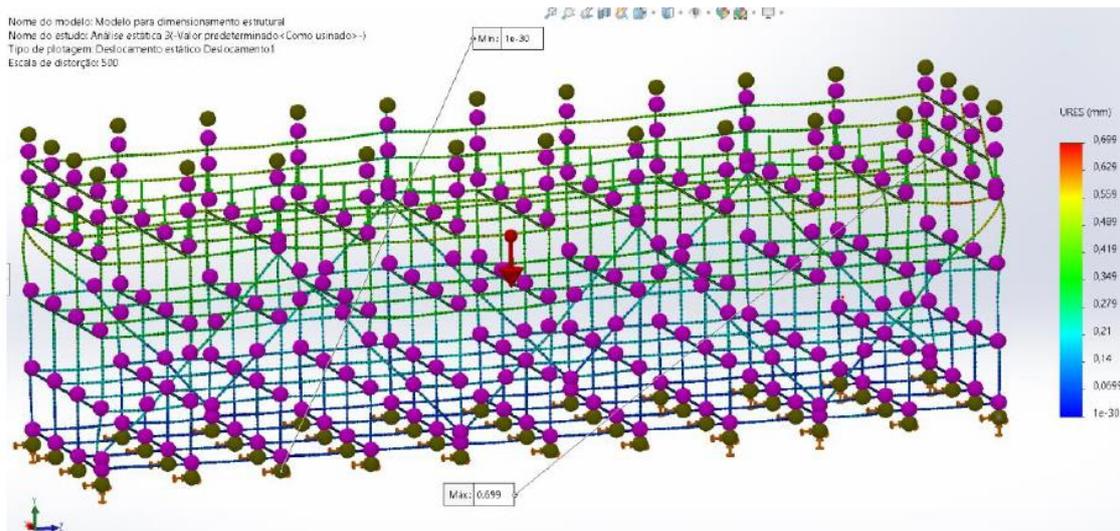


Fonte: Os autores.

Tendo o ponto de maior força resultante 1.210 Kgf.

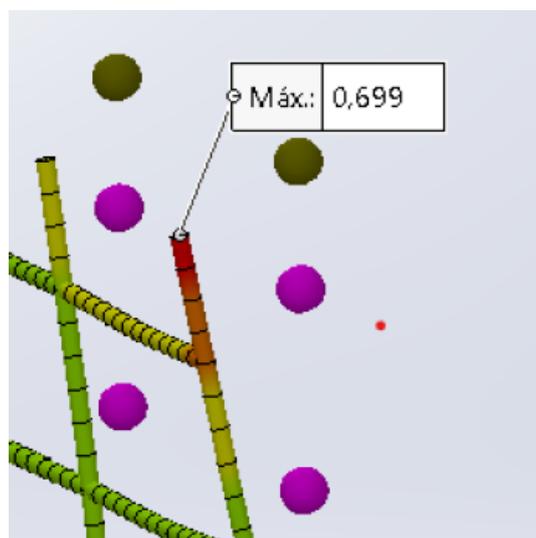
8.3 Análise do deslocamento

Figura 6



Fonte: Os autores.

Figura 7



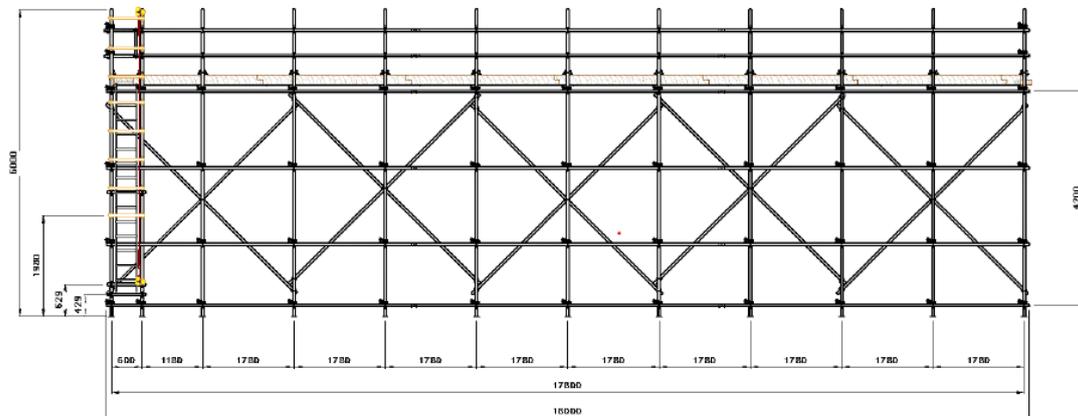
Fonte: Os autores.

Com o ponto de maior deslocamento na estrutura 0,699 mm.

8.4 Análise das cargas na estrutura

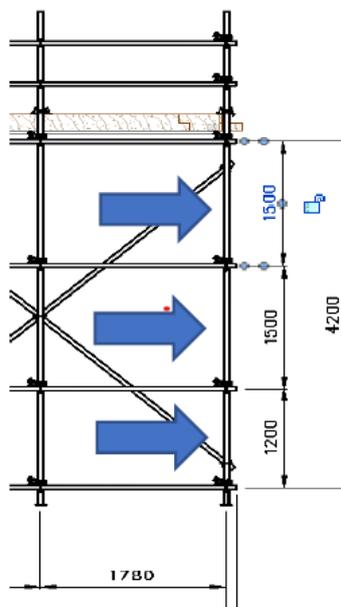
Realizado uma análise de gráfico da capacidade x aplicação que está sendo submetida a estrutura. No gráfico abaixo temos uma demonstração da carga aplicada e capacidade nas seções de 150 cm e 120 cm, podemos observar que a carga de aplicação não excedeu a capacidade calculada acima.

Figura 8



Fonte: Os autores.

Figura 9

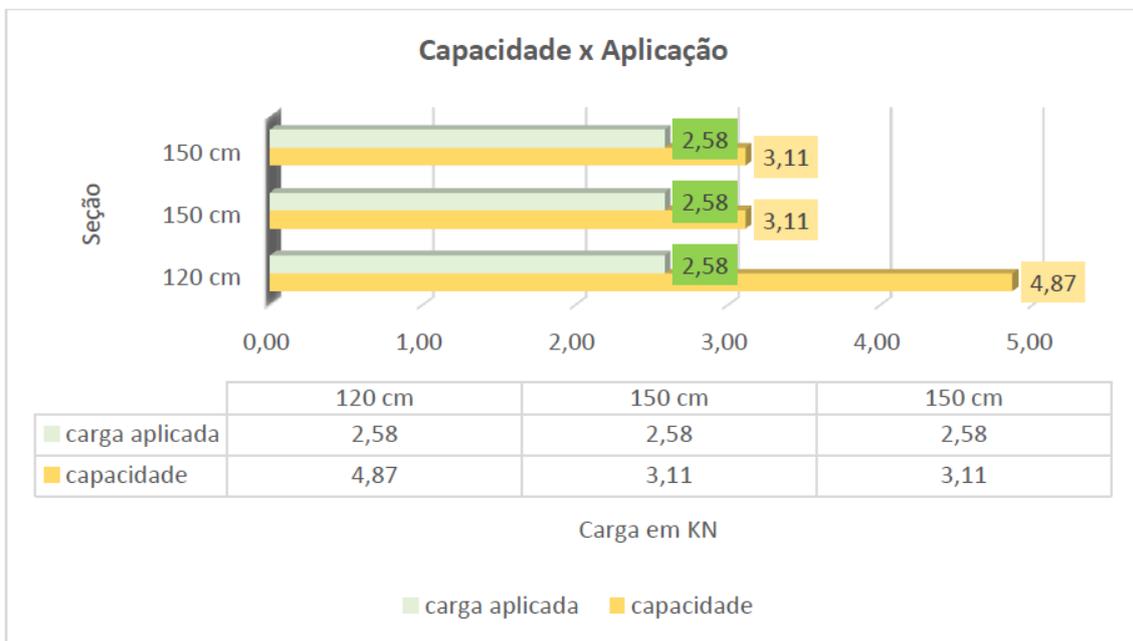


Fonte: Os autores.

Disposições das seções da estrutura conforme indicado nas setas, foi realizado a análise nessas seções aplicando uma carga de 7,75 KN no poste e realizado os cálculos conforme norma NBR 8800/2008.

Gráfico da capacidade x aplicação nas seções.

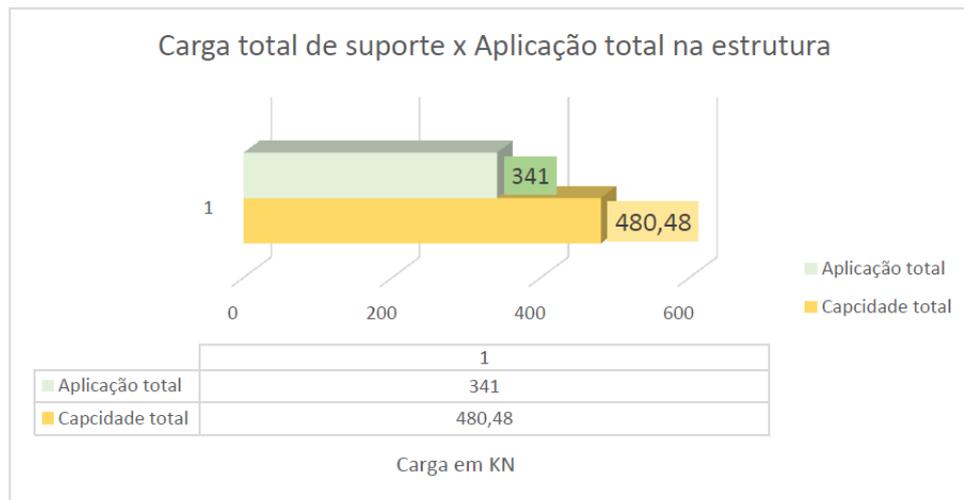
Figura 10



Fonte: Os autores.

Gráfico da carga total aplicada x a carga total que a estrutura suporta. Nessa análise multiplicamos o valor calculado que a somatória das cargas em cada seção, 7,75 KN multiplicado por 44 poste, e 10,92 multiplicado por 44 poste temos os valores abaixo indicado no gráfico.

Figura 11



Fonte: Os autores.

CONCLUSÃO

Após realizar os cálculos e utilizar o software SolidWorks, concluímos que é viável e adequado dimensionar corretamente a estrutura utilizando a norma ABNT NBR 8800. Essa norma desempenha um papel essencial na engenharia, fornecendo diretrizes confiáveis para o dimensionamento e projeto de estruturas metálicas, garantindo seu desempenho e segurança.

Ao seguir os critérios e parâmetros estabelecidos pela norma NBR 8800, asseguramos a conformidade da estrutura de aço. Além disso, a norma é reconhecida internacionalmente por sua qualidade e confiabilidade, o que facilita a exportação e importação de estruturas de aço baseadas nesses padrões.

A utilização do software SolidWorks como ferramenta de validação permitiu uma análise detalhada da estrutura, avaliando aspectos como segurança, estabilidade e rigidez. Essa abordagem combinada de norma e tecnologia proporciona uma base sólida para o processo de projeto, garantindo resultados confiáveis e eficientes.

Em resumo, a aplicação da norma NBR 8800 em conjunto com o software SolidWorks demonstrou a possibilidade de dimensionar adequadamente a estrutura, cumprindo as diretrizes estabelecidas e garantindo sua segurança. Essa abordagem contribui para a qualidade e confiabilidade das construções no campo da engenharia de estruturas metálicas.

REFERENCIAS

ABNT. NBR 6494:2020 - Andaimes - Requisitos e Métodos de Ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT. NBR 8800. Disponível:
em:https://engcivil20142.files.wordpress.com/2018/03/nbr8800_2008_1.pdf.
Acesso em: 25 jun. 2023.

ABNT. NR 35. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-35.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2023.

ANSI/ASSE A10.8-2011. Scaffolding safety requirements. Des Plaines: American Society of Safety Engineers, 2011.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília: MTE, 2018.

CARVALHO, L. P. M. Análise comparativa de sistemas de andaimes para edifícios de grande altura. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

COSTA, F. S. et al. Simulação virtual na engenharia civil: estudo de caso em projeto de andaime. Revista UNIABEU, Belford Roxo, v. 7, n. 17, p. 175-186, 2017.

EN 12811-1. Temporary works equipment. Part 1: Scaffolds - Performance requirements and general design. Brussels: European Committee for Standardization, 2004.

FUKUTA, M. T. A segurança nos trabalhos em altura em canteiros de obras. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

nbr8800_2008_1.pdf (wordpress.com) - Acesso em: 27/05/2023

PEREIRA, L. M. Aplicação de software CAD/CAE no dimensionamento e análise estrutural de andaimes. Revista Científica do IFSC, São Carlos, v. 7, n. 2, p. 39-52, 2020.

RIBEIRO, J. S. Dimensionamento de andaimes tubulares utilizando software de cálculo estrutural. 2019. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

SANTOS, L. C. M. Utilização de software CAD/CAE no dimensionamento de andaimes: estudo de caso em uma empresa de engenharia civil. 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2021.

SEBRAE. NR 18 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Brasília: SEBRAE, 2023.

SILVA, José A. S. A importância da segurança no trabalho com andaimes. Revista Científica do Centro de Estudos Jurídicos e Econômicos do Trabalho, v. 1, n. 1, p. 35-40, 2014.