



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DIMENSIONAMENTO DE UM PÓRTICO PARA SISTEMA DE LINHA DE VIDA
MÓVEL**

**PAULO HENRIQUE CORRÊA CATÃO
PEDRO HENRIQUE CORRÊA CATÃO**

**Tucuruí – PA
2025**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DIMENSIONAMENTO DE UM PÓRTICO PARA SISTEMA DE LINHA DE VIDA
MÓVEL**

**PAULO HENRIQUE CORRÊA CATÃO
PEDRO HENRIQUE CORRÊA CATÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Mr. Arthur Dos Reis Lemos Fontana

Tucuruí – PA
2025

PAULO HENRIQUE CORRÊA CATÃO
PEDRO HENRIQUE CORRÊA CATÃO

**DIMENSIONAMENTO DE UM PÓRTICO PARA SISTEMA DE LINHA DE VIDA
MÓVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Mr. Arthur Dos Reis Lemos Fontana

Data de Aprovação:
Conceito:

Banca Examinadora:

Orientador
Prof. Mr. Arthur Dos Reis Lemos Fontana – UFPA

Rafael Silva Costa

Examinador Externo
Eng. Rafael Silva Costa – UFPA

Rafael Silva Costa
Eng. Mecânico
CREA-PA 15205-17344

Examinador Interno
Prof. Me. Maycon Magalhães Castro – UFPA

DEDICATÓRIA

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão ao nosso pai Salomão, nossa mãe Andréa e nossos avós Antônio e Regina, que sempre estiveram presentes em nossa vida, nos apoiando e encorajando a perseguir nossos objetivos. Sem o amor, o incentivo e os ensinamentos que recebemos deles, este trabalho não seria possível. A eles, dedicamos este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por tudo que ele me permitiu realizar ao longo da minha vida e a Nossa Senhora, pela intercessão em toda minha caminhada de vida.

Agradeço também a minha família que foi e é parte importante nessa caminhada com muito apoio e incentivo durante toda a minha vida. Agradeço principalmente aos meus pais, Andréa e Salomão, que sempre foram e são os principais incentivadores dos meus sonhos e que me fizeram seguir os melhores caminhos e que em todos os momentos da minha vida, sempre estiveram ali para me apoiar. Tenho muito orgulho de dizer que sou filho de vocês.

Aos meus avós, Regina e Antônio, minha eterna gratidão pelo carinho pelas histórias compartilhadas e pelos ensinamentos que me guiaram até aqui. Vocês são minha inspiração e motivo de orgulho.

À minha companheira Soane, meu amor, obrigado por sempre estar ao meu lado, acreditando em mim e me apoiando em tudo. E a minha filha Chloe, que com apenas 3 anos já consegue transformar os dias mais difíceis com seu sorriso e sua alegria. Vocês duas são minha maior razão para seguir em frente.

Aos meus tios Adelson e Onilde, que nos acolheram como filhos, com tanto amor e generosidade. O apoio de vocês foi fundamental em minha trajetória. Sou grato pelo carinho de sempre.

Dedico também este trabalho aos meus primos Marcos, Gabriel, Mikael e ao meu irmão Fernando. Obrigado pelo companheirismo de sempre, vocês fazem parte de momentos inesquecíveis da minha vida.

Aos meus amigos de faculdade, Ryan, Hermeson, Alex, Brunão, Jonatas, Odinaldo Jr e ao nosso eterno e grande amigo Igor Feliciano (in memoriam), minha gratidão por compartilharem comigo essa jornada cheia de desafios, aprendizados e conquistas. Vocês foram mais do que colegas; foram companheiros de batalha, sempre prontos para ajudar, incentivar e tornar os dias mais leves com amizade e bom humor. Este trabalho também é fruto da parceria e dos momentos que vivemos juntos. Obrigado por fazerem parte dessa história.

Quero também agradecer ao meu orientador, Arthur Fontana, por sua personalidade, orientação e dedicação durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à empresa Rhino Máquinas e ao engenheiro Rafael pelos ensinamentos e pela experiência prática que tanto desenvolvi para minha formação. O conhecimento adquirido

durante esse período foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho e para minha evolução como profissional. Sou grato pela oportunidade e por todo o apoio recebido

Por fim, agradeço a cada pessoa que não citei aqui, mas que contribuíram de alguma forma para a realização deste sonho que procuro concretizar. Sempre me lembrarei de toda ajuda e suporte nesta longa caminhada

Pedro Henrique Corrêa Catão

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me deu forças para superar cada obstáculo para chegar até aqui.

Agradeço à minha família, que tem sido e continua sendo uma base essencial ao longo dessa caminhada, sempre me oferecendo apoio e motivação em cada etapa da minha vida. Um agradecimento especial aos meus pais, Andréa e Salomão, que não só acreditaram nos meus sonhos, mas também me orientaram pelos melhores caminhos e estiveram ao meu lado em todos os momentos, prontos para me dar suporte. Sou imensamente grato a Deus por ser filho de vocês.

Aos meus avós, Regina e Antônio, sou grato por todo o amor, conhecimento e pelas experiências compartilhadas. Seus ensinamentos foram essenciais para o meu crescimento, e vocês são uma fonte de orgulho para mim.

Dedico também aos meus queridos tios, Adelson e Onilde. Vocês foram fundamentais em toda essa jornada. Sem a força e o carinho de vocês, essa conquista não seria possível.

Dedico aos meus primos que considero como irmãos, Marcos, Gabriel, Mikael, ao meu irmão Fernando e à minha prima Maria Gabriela. Agradeço por sempre estarem presente na minha vida.

Aos meus queridos amigos que a faculdade me deu, Jonatas, Carlos, Ryan, Hermeson, Alex, Brunão, Odinaldo Jr e, em especial, ao nosso querido e inesquecível amigo Igor Feliciano (in memoriam), meu mais profundo agradecimento. Igor, você foi uma pessoa única e sempre será lembrado. Sua amizade e energia fizeram toda a diferença em nossa caminhada. Mesmo não estando mais conosco, seu legado e as memórias que deixamos juntos permanecem vivos em nossos corações. A todos vocês, obrigado por fazerem parte dessa história e por tornarem essa jornada ainda mais significativa.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao meu orientador, Arthur Fontana, pela orientação, apoio e dedicação ao longo de toda a elaboração deste trabalho. Sua experiência,

paciência e comprometimento foram essenciais para que eu pudesse superar os desafios e alcançar os objetivos propostos.

Agradeço também à empresa Rhino Máquinas, pela parceria e pelo apoio incondicional durante o desenvolvimento deste trabalho. A empresa, com sua excelência no setor e comprometimento, foi fundamental para o sucesso desta pesquisa. Agradeço especialmente ao Andre e ao engenheiro Rafael pelo suporte técnico e pela disponibilidade em compartilhar conhecimentos e experiências que foram essenciais para a realização deste estudo. Suas orientações, dedicação e colaboração foram determinantes para o avanço deste projeto.

Também estendo meus agradecimentos a todas as pessoas que, de alguma forma, não foram citadas aqui, mas que contribuíram para o sucesso desta jornada. Cada ajuda, por menor que fosse, foi importante e será sempre lembrada com gratidão.

Paulo Henrique Corrêa Catão

" O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia"

(Robert Collier)

DIMENSIONAMENTO DE UM PÓRTICO PARA SISTEMA DE LINHA DE VIDA MÓVEL

RESUMO

Este trabalho apresenta o dimensionamento de um pórtico giratório para sistema de linha de vida móvel, utilizando o Método dos Elementos Finitos (MEF) como ferramenta de análise estrutural. O objetivo principal foi avaliar a resistência mecânica e a viabilidade do pórtico para garantir a segurança de trabalhadores em altura, conforme as normas NR-35, NBR 16325-1 e NBR 16325-2. A estrutura foi modelada e analisada considerando as condições reais de uso, com foco na identificação de tensões, deformações e deslocamentos máximos. A análise incluiu a verificação da conformidade com os requisitos de segurança e resistência dos materiais utilizados, como aço ASTM A36 e A572, além de tubos conforme a NBR 8261:2010. Os resultados demonstraram que a estrutura atende aos critérios de segurança, com tensões abaixo dos limites admissíveis e deslocamentos dentro das faixas aceitáveis. O estudo também avaliou os elementos de fixação, como parafusos, e o contra peso, comprovando sua eficácia na estabilização do sistema. Conclui-se que o pórtico dimensionado é seguro e adequado para a atividade proposta, atendendo às normas técnicas e garantindo a integridade dos usuários.

Palavras-chave: *Trabalho em altura, Método de elementos finitos, Resistência de materiais, Análise estrutural.*

DESIGN OF A GANTRY FOR A MOBILE LIFELINE SYSTEM

ABSTRACT

This work presents the design of a rotating gantry for a mobile lifeline system, using the Finite Element Method (FEM) as a structural analysis tool. The main objective was to evaluate the mechanical resistance and viability of the gantry to guarantee the safety of workers at heights, in accordance with standards NR-35, NBR 16325-1 and NBR 16325-2. The structure was modeled and analyzed considering real conditions of use, focusing on identifying stresses, deformations and maximum displacements. The analysis included checking compliance with the safety and resistance requirements of the materials used, such as ASTM A36 and A572 steel, in addition to tubes in accordance with NBR 8261:2010. The results demonstrated that the structure meets safety criteria, with stresses below allowable limits and displacements within acceptable ranges. The study also evaluated the fixing elements, such as screws, and the counterweight, proving their effectiveness in stabilizing the system. It is concluded that the designed gantry is safe and suitable for the proposed activity, meeting technical standards and guaranteeing the integrity of users.

Keyword: Work at height, Finite element method, Strength of materials, Structural analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Linha de vida horizontal móvel.....	16
Figura 2. Linha de vida horizontal fixa Figura.....	17
Figura 3. Linha de vida vertical.....	17
Figura 4. Pórtico monoviga.	18
Figura 5. Pórtico Biviga.	18
Figura 6. Semipórtico.	19
Figura 7. Pórtico Giratório	19
Figura 8. Tipos de elementos finitos.	20
Figura 9. Pórtico com contra peso	22
Figura 10. Malha.	24
Figura 11. Detalhes da fixação.	25
Figura 12. Detalhes dos esforços.....	26
Figura 13. Tensão máxima de Von Misses.	27
Figura 14. Deslocamento linear.....	27
Figura 15. Deslocamento linear.....	28
Figura 16. Contrapeso.	29
Figura 17. Componentes do contrapeso.	30
Figura 18. Malha do contrapeso sem a luva.	31
Figura 19. Fixação do contrapeso sem a luva.....	31
Figura 20. Aplicação da carga na caixa.	32
Figura 21. Tensão de Von Misses.	33
Figura 22. Deslocamento linear.....	33
Figura 23. Malha da luva.	34
Figura 24. Fixação da luva	35
Figura 25. Carga aplicada no tubo.....	35
Figura 26. Tensão de Von misses.....	36
Figura 27. Deslocamento linear.....	37
Figura 28. Deslocamento linear.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dimensões gerais.....	22
Tabela 2. Propriedades do material ASTM A36.	23
Tabela 3. Propriedades do material NBR 8261:2010.....	23
Tabela 4. Propriedades do material ASTM A572 (Grau 50).....	23
Tabela 5. Propriedades do material NBR5590:2015	24
Tabela 6. Detalhes da malha.....	24
Tabela 7. Detalhes da fixação.....	25
Tabela 8. Detalhes dos esforços.	26
Tabela 9. Força resultante.....	26
Tabela 10. Elemento de fixação.	28
Tabela 11. Cálculos	28
Tabela 12. Cálculos MA M16X2X40.....	29
Tabela 13. Cálculos MA M20X2,5X60.....	29
Tabela 14. Detalhes da malha do contra peso sem a luva.	30
Tabela 15. Detalhes da malha fixação do contra peso.....	31
Tabela 16. Detalhes da aplicação da carga na caixa.....	32
Tabela 17. Forças resultantes na caixa.	32
Tabela 18. Descrição da malha da luva.	34
Tabela 19. Detalhes da fixação da luva.	34
Tabela 20. Detalhes da carga.....	35
Tabela 21. Forças resultantes.....	36
Tabela 22. Deslocamento linear.	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVO.....	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivo específicos.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 LINHA DE VIDA.....	16
2.1.1 Linha de Vida Horizontal Móvel.....	16
2.1.2 Linha de vida horizontal fixa.....	16
2.1.3 Linhas de vida verticais.....	17
2.2 PÓRTICOS.....	17
2.2.1 Pórtico monoviga.....	18
2.2.2 Pórtico biviga.....	18
2.2.3 Semipórtico.....	19
2.2.4 Pórtico giratório.....	19
2.3 METODOS DE ELEMENTOS FINITOS.....	19
2.4 CRITÉRIO DE FALHA DE VON MISES.....	20
2.5 CONSIDERAÇÕES QUANTO A NR-35 – TRABALHO EM ALTURA.....	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS E SUAS PROPRIEDADES.....	23
4 RESULTADOS.....	24
4.1 TENSÃO ADMISSÍVEL.....	24
4.1.1 Procedimento de simulação da estrutura superior sem o contrapeso.....	24
4.1.2 Resultados por elementos finitos.....	27
4.2 ELEMENTOS DE FIXAÇÃO.....	28
4.2.1 Parafuso MA M16X2X40.....	29
4.2.2 Parafuso MA M20X2,5X60.....	29

4.3 PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO DO CONTRA PESO.....	29
4.3.1 Tensão admissível.....	30
4.3.2 Procedimento de simulação.....	30
4.3.3 Resultados por elementos finitos da caixa.....	33
4.4 PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO DA LUVA.....	34
4.4.1 Resultados por elementos finitos no tubo.....	36
4.5 CALCULO DE TOMBAMENTO DO PÓRTICO.....	37
5 CONCLUSÃO.....	38
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a NR-35, considera-se trabalho em altura todas atividades acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda. O trabalho em altura gera grandes desafios em relação à segurança, sendo um dos setores que mais apresentam riscos de acidentes graves, ocasionando lesões irreversíveis ou até mesmo o óbito. Tendo em vista, muito se investe em mecanismos que possam neutralizar tal problema, a linha de vida fixada em pórtico giratório é um deles.

Esse tipo de mecanismos é muito utilizado em indústrias onde a segurança em altura é crucial, como na manutenção de grandes equipamentos, como trens, caminhões e aeronaves. A mobilidade do pórtico permite que o mesmo seja deslocado conforme as necessidades, se adaptando a diversas zonas de trabalho. Conforme Cargnin (2022), os Pórticos giratórios são de fácil manuseio e projetados para suportar altos ciclos de trabalho com baixa necessidade de manutenção.

Os pórticos existem desde a época dos gregos e romanos, esses equipamentos evoluíram bastante ao longo do tempo, hoje em dia são elementos chave na indústria metalúrgica, construção civil, automobilística, aérea, entre outras.

O método dos elementos finitos é uma ferramenta de análise estrutural amplamente utilizada para avaliar a resistência e o comportamento de estruturas. De acordo com Lima (2023), tal método permite modelar a estrutura de forma detalhada, dividindo-a em elementos menores para calcular as tensões e deformações em cada região, tornando possível identificar áreas de alta concentração de tensões que podem indicar possíveis falhas estruturais.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a estrutura de um pórtico para sistema de linha de vida móvel utilizando o método de elementos finitos (MEF), comprovando a sua resistência mecânica e a viabilidade no uso da atividade proposta.

1.1.2 Objetivo específicos

- Análise linear Estática por elementos Finitos utilizando elementos tipo sólido para avaliar as condições iniciais da estrutura e termos de Força e Concepção estrutural;
- Análise de tensões pelo critério de Von Mises;

- Análise de deformações;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LINHA DE VIDA

Segundo Freitas (2021), a linha de Vida é o termo utilizado para se referir a um equipamento de segurança para trabalho em altura. Linhas de vida podem ser classificadas em fixa ou móvel, podendo ser horizontais ou verticais, tanto a linha de vida fixa ou móvel fornece alta mobilidades ao operador, até mesmo em posições verticais, desde que estejam equipados com o dispositivo de travamento adequado (BORGES 2021).

2.1.1 Linha de Vida Horizontal Móvel

As linhas horizontais móveis podem ser montadas, desmontadas ou movimentadas de seu ponto de utilização, são usadas principalmente para manutenção e instalação de sistemas tubulares e máquinas.

Figura 1. Linha de vida horizontal móvel.



Fonte: Master Safe Brasil (2024).

2.1.2 Linha de vida horizontal fixa

Normalmente é composto por cabos de aço ou trilho metálico com pontos de ancoragem no meio e nas suas extremidades. Esse tipo de linha é bastante utilizado em locais como telhados, galpões e silos, podendo suportar um ou mais operadores ao mesmo tempo.

Figura 2. Linha de vida horizontal fixa



Fonte: Master Safe Brasil (2024).

2.1.3 Linhas de vida verticais

As linhas de vida verticais são empregadas em acessos que necessitam do movimento de subir ou descer de estruturas e escadas. De acordo com Borges (2021), A linha de vida vertical é utilizada conectando-se à conexão frontal do cinto de segurança do paraquedista por meio de um dispositivo antiqueda específico, de modo que possa fornecer proteção adequada contra quedas ao trabalhar em altura.

Figura 3. Linha de vida vertical.



Fonte: BS MATERIAS (2024).

2.2 PÓRTICOS

De acordo com Passos (2011), são equipamentos constituídos por vigas elevadas e autossustentáveis sobre trilhos. Os pórticos rolantes são equipamentos comumente utilizados

para aplicações em áreas exteriores a edifícios. São muito práticos, pois, ao contrário das pontes rolante, não necessitam de uma estrutura predial para serem instalados (MAZENGA 2022).

2.2.1 Pórtico monoviga

Segundo Seixas (2020), possuem apenas uma viga principal, com o sistema de movimentação ligado diretamente a ela. Devido sua estrutura que utiliza apenas uma viga principal, apresenta uma capacidade de elevação moderada, são bastante utilizados em galpões industriais.

Figura 4. Pórtico monoviga.



Fonte: Multi Talhas (2024).

2.2.2 Pórtico biviga

De acordo com Lorenzi (2018), o Pórtico rolante dupla viga é uma solução utilizada com a finalidade de aumentar a produtividade de grandes empresas. Este equipamento possui capacidade de carga geralmente acima de 20 toneladas.

Figura 5. Pórtico Biviga.



Fonte: Brevil (2024).

2.2.3 Semipórtico

De acordo com Seixas (2020), possuem estrutura de sustentação metálica em apenas em uma das extremidades da viga principal, a outra extremidades é sustentada por uma estrutura civil apropriada. Sua capacidade de carga é geralmente moderada, contudo, pode ser construído com biviga aumentando sua capacidade de elevação.

Figura 6. Semipórtico.

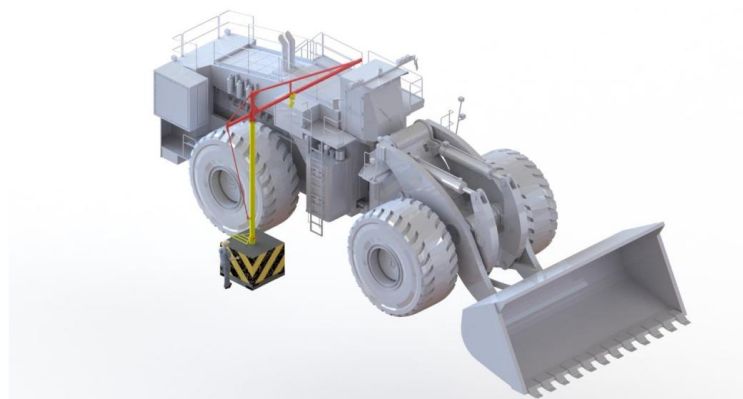


Fonte: DGCRANE (2024).

2.2.4 Pórtico giratório

Possui braço giratório que gira em torno de um eixo central, proporcionando 360 graus de mobilidade para trabalhadores ou movimentação de cargas. É amplamente utilizado como linha de vida para trabalho em altura garantindo segurança e liberdade de movimento.

Figura 7. Pórtico Giratório



Fonte: Autoral (2024).

2.3 METODOS DE ELEMENTOS FINITOS

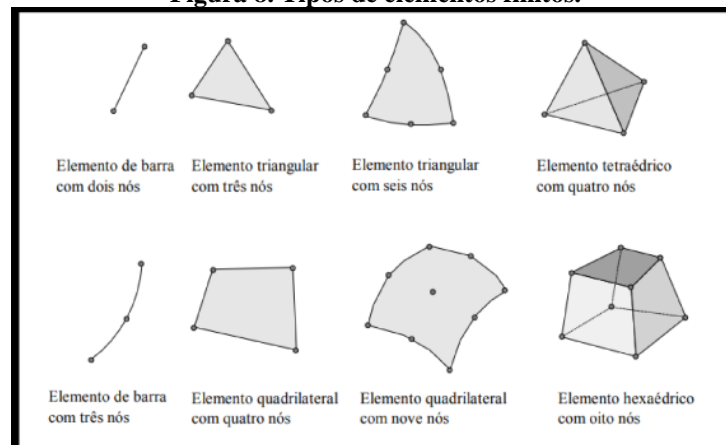
No campo da Engenharia Estrutural, o Método dos Elementos Finitos (MEF) é amplamente utilizado para determinar tensões e deformações em corpos com geometria

complexa submetidos a forças externas. Com os avanços significativos ocorridos na década de 1960, aliados à crescente disponibilidade de computadores, o MEF possibilitou a análise rotineira de estruturas com diversas configurações geométricas, compostas por materiais distintos e sujeitas a diferentes tipos de carregamentos. Isso permitiu o desenvolvimento de soluções precisas para problemas estruturais que antes eram de difícil abordagem analítica. (AZEVEDO, 2003).

Segundo Lima (2023), o modelo elementos finitos é composto por um conjunto de pontos denominados nós, conectados de maneira a formar o elemento finito (EF), a união destes elementos forma aquilo que é conhecido como malha. A precisão do método depende da quantidade de nós e elementos, do tamanho e tipo dos elementos presentes na malha.

Existem vários tipos de elementos finitos, com diversas formas geométricas a depender do tipo de problema a se resolver, podendo ser uni, bi ou tridimensional. A figura a baixo demonstra a diversidade de elementos finitos.

Figura 8. Tipos de elementos finitos.



Fonte: SOUZA, 2023 P.2

2.4 CRITÉRIO DE FALHA DE VON MISES

Ao se analisar um corpo sujeito à carga estática e que se encontra dentro do regime elástico do material, o critério de falha da energia de distorção máxima (ou apenas critério de von Mises) pode ser utilizado. Tal teoria baseia-se em encontrar uma tensão equivalente para um estado multiaxial de tensão impondo que a energia de distorção envolvida para tal seja igual a energia de distorção presente em um corpo de prova sujeito a um ensaio de tração quando submetido a esta tensão equivalente.

$$\sigma_{cp} = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)} \leq \sigma_{adm}$$

Onde;

- σ_{cp} - Tensão Von Misses;
- σ_x - Tensão normal em X;
- σ_y - Tensão normal em Y;
- τ_{xy} - Tensão de cisalhamento agindo no plano normal a direção de σ_x (ou σ_y);
- σ_e - Tensão de escoamento do material;
- σ_{adm} – Tensão admissível do material.

2.5 CONSIDERAÇÕES QUANTO A NR-35 – TRABALHO EM ALTURA

- a) 35.1.2 Considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda;
- b) 35.4.5.1 A Análise de Risco deve, além dos riscos inerentes ao trabalho em altura, considerar;
- A seleção, inspeção, forma de utilização e limitação de uso dos sistemas de proteção coletiva e individual, atendendo às normas técnicas vigentes
- c) 35.5.2 O sistema de proteção contra quedas deve:
- Ser adequado à tarefa a ser executada;
 - Ser selecionado de acordo com Análise de Risco, considerando, além dos riscos a que o trabalhador está exposto, os riscos adicionais;
 - Ser selecionado por profissional qualificado em segurança do trabalho;
 - Ter resistência para suportar a força máxima aplicável prevista quando de uma queda;
 - Atender às normas técnicas nacionais ou na sua inexistência às normas internacionais aplicáveis.
- d) 35.5.7 O SPIQ deve ser selecionado de forma que a força de impacto transmitida ao trabalhador seja de no máximo 6KN quando de uma eventual queda.
- O limite máximo de força de impacto ao trabalhador é de 6KN (seis quilo newton, aproximadamente 600 kgf). Esse valor segue as normas europeias de EPI. O projeto de um SPIQ de retenção de quedas deve incorporar meios para garantir que a força de retenção máxima no trabalhador não ultrapasse esse valor.
 - Além de proteger o trabalhador, o limite de impacto de 6 KN é importante para manter a integridade do SPIQ, vez que ele é projetado tendo em conta esse parâmetro. Por exemplo, as normas NBR 16325-1 e 16325-2 preveem que os dispositivos de ancoragem

projetados para um usuário sejam submetidos a ensaio estático com uma força de 12 KN, levando em consideração que a força de impacto não excederá 6 KN, mantendo um fator de segurança de 2,0.

3 METODOLOGIA

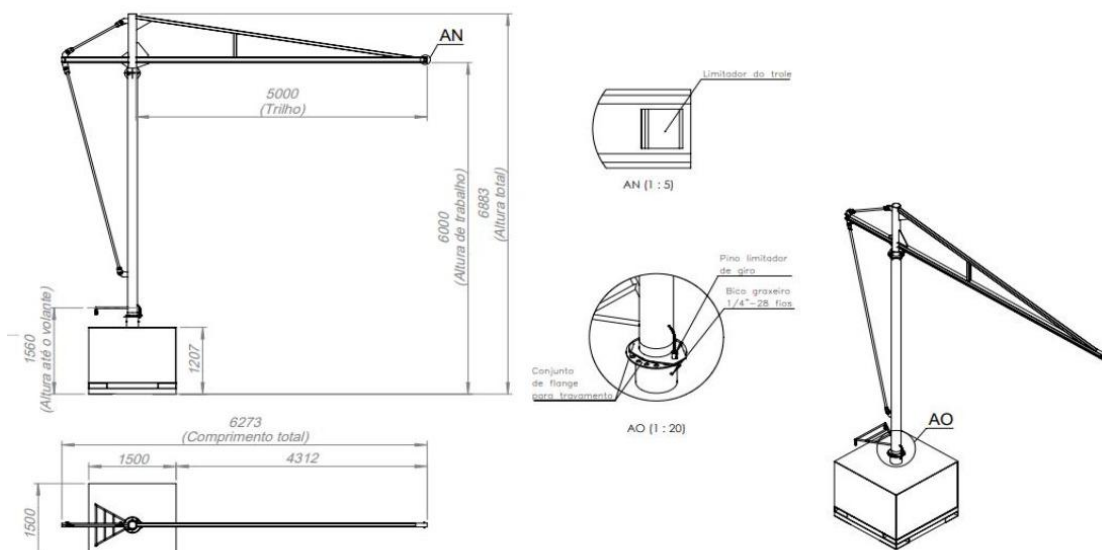
Foi dimensionado um Pórtico giratório com contra peso (caixa metálica preenchida por concreto) para ser utilizado como um dispositivo de segurança em atividades em altura, capacidade para apenas uma pessoa.

Tabela 1. Dimensões gerais.

DIMENSÕES GERAIS DA ESTRUTURA			
ITEM	PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
01	Comprimento total	6273	mm
02	Largura total	1500	mm
03	Altura total	6883	mm
04	Altura de trabalho	6000	mm
DIMENSÕES DO CONTRA PESO			
05	Comprimento do contra peso	1500	mm
06	Largura do contra peso	1500	mm
07	Altura do contra peso	1200	mm

Fonte: Autoral (2024).

Figura 9. Pórtico com contra peso



Fonte: Autoral (2024).

Visando uma maior segurança e uma maior confiabilidade de projeto, foi realizado um cálculo estrutural feito por Elementos Finitos utilizando as principais normas vigentes NR 35, NBR 16325-1 e 16325-2.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS E SUAS PROPRIEDADES

Tabela 2. Propriedades do material ASTM A36.

MATERIAL ASTM A36		
TIPO: CHAPA (CH)		
DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
Limite de escoamento (σ_e)	250	MPa
Limite de Resistencia a tração (σ_T)	400	MPa
Alongamento (l)	23%	N/A
Módulo de elasticidade (E)	200	GPa
Módulo de Cisalhamento (G)	79,3	GPa
Fator de segurança (FS)	1.50	N/A
Tensão admissível (σ_{adm})	167	MPa

Fonte: Autoral (2024).

Tabela 3. Propriedades do material NBR 8261:2010

NBR 8261:2010		
TIPO: TUBO 8"x3/8"		
DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
Limite de escoamento (σ_e)	400,40	MPa
Limite de Resistencia a tração (σ_T)	503,50	MPa
Alongamento (l)	43%	N/A
Módulo de elasticidade (E)	200	GPa
Fator de segurança (FS)	2,00	N/A
Tensão admissível (σ_{adm})	200,20	MPa

Fonte: Autoral (2024).

Tabela 4. Propriedades do material ASTM A572 (Grau 50)

MATERIAL ASTM A572 (Grau 50)		
TIPO: CHAPA DOS OLHAIS		
DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
Limite de escoamento (σ_e)	345	MPa
Limite de Resistencia a tração (σ_T)	450	MPa
Alongamento (l)	20%	MPa
Módulo de elasticidade (E)	200	Gpa
Módulo de Cisalhamento (G)	72,2	Gpa
Tensão admissível (σ_{adm})	207	MPa

Fonte: Autoral (2024).

Tabela 5. Propriedades do material NBR5590:2015

NBR 5590:2015 – GR B		
TIPO: TUBO 6" – SCH 80s		
DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
Limite de escoamento (σ_e)	407,70	MPa
Limite de Resistencia a tração (σ_T)	488,30	MPa
Alongamento (l)	46%	N/A
Módulo de elasticidade (E)	200,00	GPa
Fator de segurança (FS)	2,00	N/A
Tensão admissível (σ_{adm})	203,85	MPa

Fonte: Autoral (2024).

4 RESULTADOS

4.1 TENSÃO ADMISSÍVEL

Para o cálculo de tensão admissível usou os critérios apresentados nas normas NBR 16325-1 e 16325-2, da qual elas preveem que os dispositivos de ancoragem projetados para um usuário sejam submetidos a ensaio estático com uma força de 12 KN, levando em consideração que a força de impacto não excederá 6 KN, mantendo um fator de segurança de 2,0.

4.1.1 Procedimento de simulação da estrutura superior sem o contrapeso

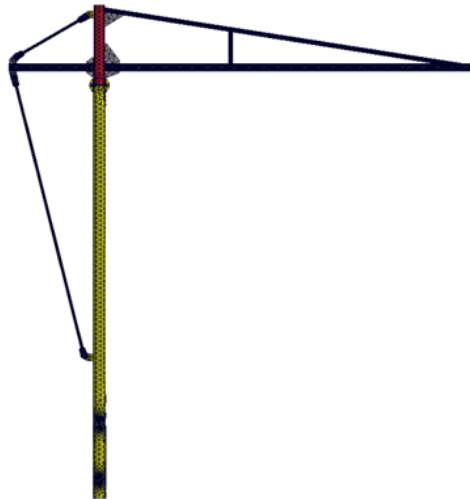
A simulação foi realizada no software solidworks simulation 2024, das quais foi transformado um modelo 3D em elementos discretos usando como aplicação a teoria de elementos finitos. A descrição da malha é mostrada na tabela a seguir.

Tabela 6. Detalhes da malha

Detalhes tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado	Malha mesclada com base em curvatura
Pontos Jacobianos para malha de alta qualidade	16 pontos
Tamanho máximo do elementos	25,8468 mm
Tamanho mínimo do elementos	1,29234 mm
Qualidade da malha	Alta
Total de nós	67828
Total de elementos	33387
Proporção máxima	19,878
Porcentagem de elementos com proporção < 3	79,4
Porcentagem de elementos com proporção > 10	5,15
Porcentagem de elementos distorcidos	0
Número de elementos distorcidos	0
Refazer malha de peças falhas de maneira independente	Desativada
Reutilizar malha para corpos idênticos	Desativada
Número de corpos que reutilizaram a malha	0
Tempo para a conclusão da malha (hh:mm:ss)	00:00:11

Fonte: Autoral (2024).

Figura 10. Malha.



Fonte: Autoral (2024).

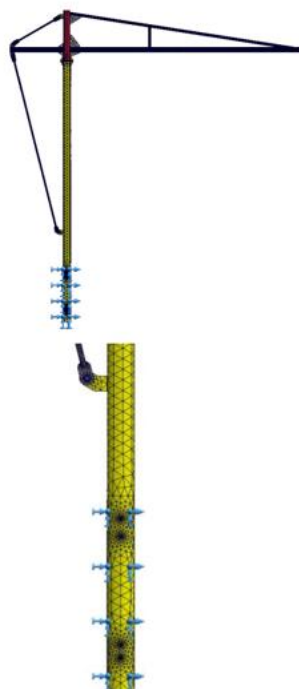
A fixação da estrutura se deu na região onde ficaria posicionada dentro da luva do contra peso. A tabela 7 e figura 11 representam a ilustração.

Tabela 7. Detalhes da fixação.

Nome do estudo	PORTICO*(-Valor predeterminado-)
Nome de carga	Fixo-1
Entidades	1 face(s)
Tipo	Geometria fixa
Identificador	13

Fonte: Autoral (2024).

Figura 11. Detalhes da fixação.



Fonte: Autoral (2024).

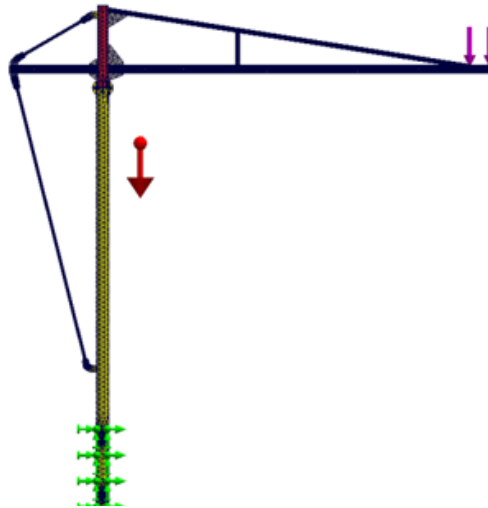
A carga por sua vez, foi aplicada na extremidade do trilho (local mais crítico da estrutura sujeita a combinação de esforços), com um valor de 6 KN. É importante ressaltar que o peso da estrutura foi levado em consideração, ou seja, somada ao valor da solicitação, com um valor de aceleração gravitacional de 9,81 m/s². A seguir tem-se a distribuição de cargas na estrutura.

Tabela 8. Detalhes dos esforços.

Nome do estudo	PORTICO*(-Valor predeterminado-)	Nome do estudo	PORTICO*(-Valor predeterminado-)
Nome da carga	Foça-1 (:Por item; 600 kgf.)	Nome da carga	Gravidade-1 (:-9,81 m/s^2:)
Entidades	1 face(s)	Entidades	
Tipo	Aplicar força normal	Tipo	Plano superior
Valor	600	Valor	0 0 -9,81
Unidades	Metric (G)	Unidades	SI
Identificador	15	Identificador	24

Fonte: Autorial (2024).

Figura 12. Detalhes dos esforços.



Fonte: Autorial (2024).

As forças resultantes geradas pela aplicação da carga são demonstradas abaixo:

Tabela 9. Força resultante

Forças resultantes

Forças de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	-0,997778	5.883,98	-0,648128	5.883,98

Momentos de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N.m	0	0	0	0

Forças de corpo livre

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	0	0	0	0

Momentos de corpo livre

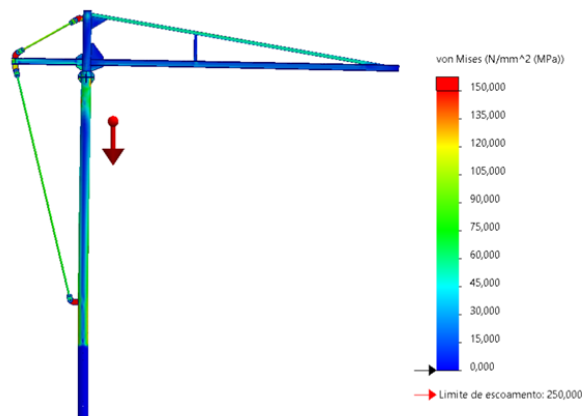
Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N.m	0	0	0	0

Fonte: Autorial (2024)

4.1.2 Resultados por elementos finitos

De acordo com os resultados obtidos a partir da análise de elementos finitos observou-se que a maior tensão encontrada na estrutura foi de 150 MPa (figura 13), localizada na face frontal do olhal superior, todavia, o material utilizado nos olhais foi o ASTM A572 Grau 50, que possui um limite de escoamento de 345 MPa, logo se enquadrará nos requisitos mínimos apresentados pela norma de apoio em que o fator de segurança tem que ser igual a $FS = 2$.

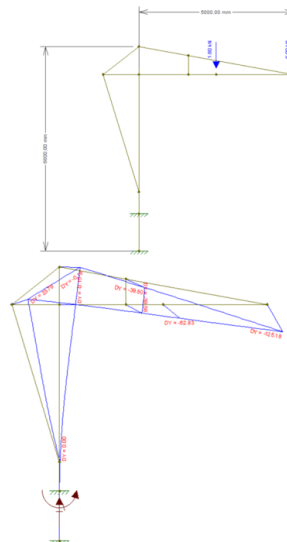
Figura 13. Tensão máxima de Von Mises.



Fonte: Autoral (2024)

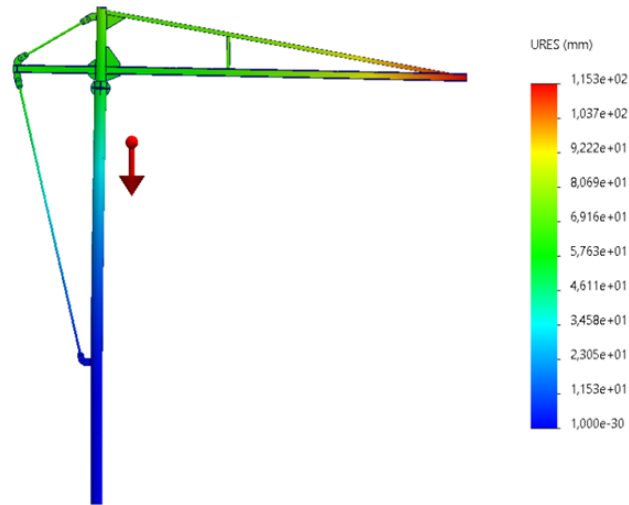
Para o deslocamento linear foi realizado uma pré-análise no ftool, da qual encontrou-se um deslocamento com valor de 125 mm de flexa (figura 14). De maneira análoga, na simulação por elementos finitos no solidworks encontrou um deslocamento de 115 mm (figura 15). Como a diferença entre valores é pequena, para o cálculo de zona livre de queda foi considerado o maior valor de 125 mm a fim de fornecer maior segurança para o sistema.

Figura 14. Deslocamento linear.



Fonte: Autoral (2024)

Figura 15. Deslocamento linear.



Fonte: Autoral (2024)

4.2 ELEMENTOS DE FIXAÇÃO

Para verificação dos parafusos usou-se o cálculo aplicando na norma NBR 8800: 2008.

Tabela 10. Elemento de fixação.
ELEMENTO DE FIXAÇÃO - PARAFUSO

ITEM	TIPO	DESCRIÇÃO	CLASSE	ESCOAMENTO	TRAÇÃO
01	Parafuso - DIN 933	MA M16X2X40 mm	8.8	640 MPa	800 Mpa
02	Parafuso - DIN 933	MA M20X2,5X60 mm	8.8	640 MPa	800 Mpa

Fonte: Autoral (2024).

Tabela 11. Cálculos

Cálculo do diâmetro efetivo
$dr = d - 1,23 * P$
Cálculo da área líquida do parafuso
$Al = \frac{\pi}{4} * dr^2$
Cálculo de tração do parafuso
$\sigma T = \frac{F}{Al}$
Cálculo de cisalhamento do parafuso
$\tau = \frac{Fc}{Al}$

Fonte: Autoral (2024).

4.2.1 Parafuso MA M16X2X40

Tabela 12. Cálculos MA M16X2X40.

Diâmetro efetivo
13,5 mm ²
Area líquida do parafuso
143 mm ²
Tração do parafuso
173,4 Mpa

Fonte: Autoral (2024).

Como o valor encontrado encontra-se abaixo do limite de escoamento, logo não haverá deformações permanentes nos componentes.

4.2.2 Parafuso MA M20X2,5X60

Tabela 13. Cálculos MA M20X2,5X60.

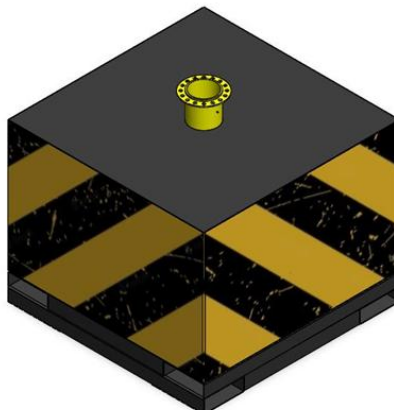
Diâmetro efetivo
16,93 mm ²
Area líquida do parafuso
225,2 mm ²
Cisalhamento do parafuso
161,5 Mpa

Fonte: Autoral (2024).

O valor encontrado encontra-se abaixo do limite de escoamento, tornando viável sua utilização no projeto.

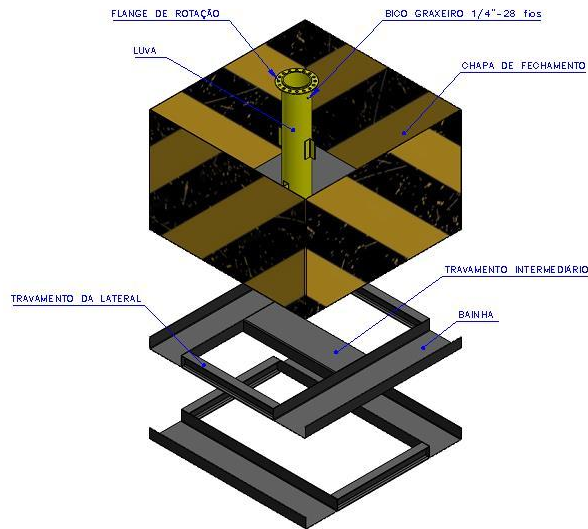
4.3 PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO DO CONTRAPESO

Figura 16. Contrapeso.



Fonte: Autoral (2024).

Figura 17. Componentes do contrapeso.



Fonte: Autoral (2024).

4.3.1 Tensão admissível

Para a verificação de resistência do contra peso quando sujeito aplicação do concreto, usou-se um fator de segurança de $FS=1,5$. A luva por sua vez, foi analisado o impacto que ela teria quando submetido a carga de 6 KN com fator de segurança de segurança de $FS=2,0$.

4.3.2 Procedimento de simulação

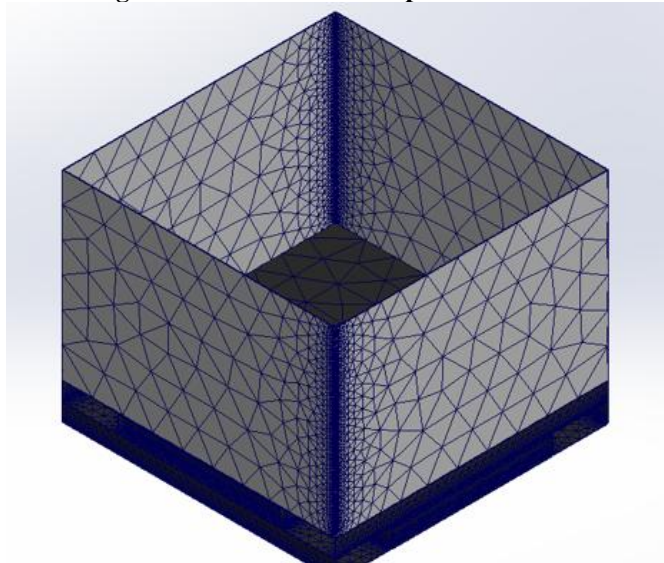
Para esse procedimento, foi analisado a caixa do contra peso quando submetido a compressão do concreto (figura 18). A descrição da malha é apresentada abaixo:

Tabela 14. Detalhes da malha do contra peso sem a luva.

Nome do estudo	Análise estática. 1*(-Valor predeterminado-)
Detalhes tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado	Malha mesclada com base em curvatura
Pontos Jacobianos para malha de alta qualidade	16 pontos
Tamanho máximo do elementos	162,771 mm
Tamanho mínimo do elementos	8,13855 mm
Qualidade da malha	Alta
Total de nós	251726
Total de elementos	125502
Proporção máxima	386,99
Porcentagem de elementos com proporção < 3	64,8
Porcentagem de elementos com proporção > 10	3,31
Porcentagem de elementos distorcidos	0
Número de elementos distorcidos	0
Refazer malha de peças falhas de maneira independente	Desativada
Reutilizar malha para corpos idênticos	Desativada
Número de corpos que reutilizaram a malha	0
Tempo para a conclusão da malha (hh:mm:ss)	00:00:12

Fonte: Autoral (2024).

Figura 18. Malha do contrapeso sem a luva.



Fonte: Autoral (2024).

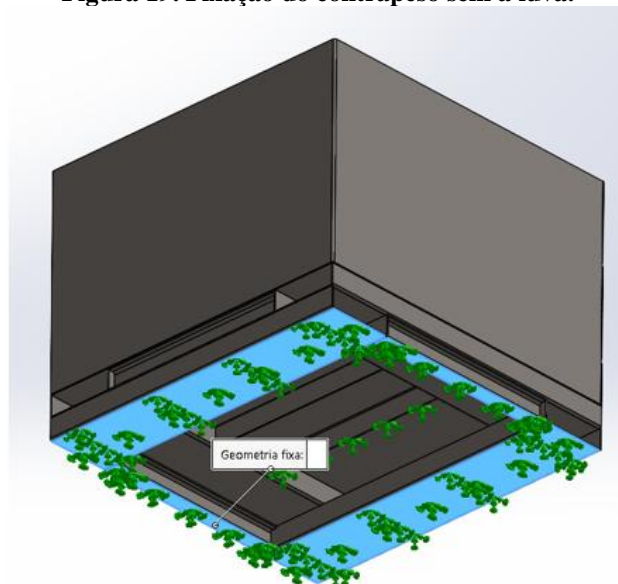
A fixação se deu na face inferior que entraria em contato com o piso (figura 19).

Tabela 15. Detalhes da malha fixação do contrapeso

Nome do estudo	Análise estática. 1*(-Valor predeterminado-)
Nome da carga	Fixo-1
Entidades	4 face(s)
Tipo	Geometria fixa
Identificador	1

Fonte: Autoral (2024).

Figura 19. Fixação do contrapeso sem a luva.



Fonte: Autoral (2024).

Para a aplicação de carga na caixa do contrapeso, levou em consideração a ação dos esforços de compressão do concreto contra as paredes da caixa, o peso do concreto analisado

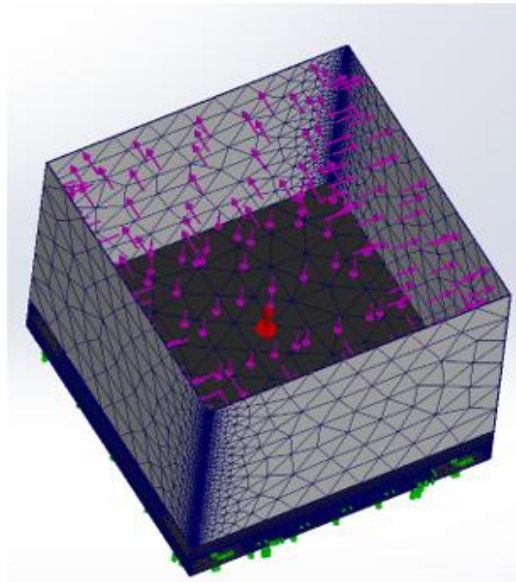
foi de 5300 Kg (figura 20). É importante ressaltar que foi considerado o peso próprio dos componentes a partir de uma aceleração gravitacional de 9,81 m/s².

Tabela 16. Detalhes da aplicação da carga na caixa.

Nome do estudo	Análise estática 1*(-Valor predeterminado-)	Nome do estudo	Análise estática 1*(-Valor predeterminado-)
Nome da carga	Força-1 (:Total: 5.300 kgf:)	Nome da carga	Força-2 (:Total: 5.300 kgf:)
Entidades	2 face(s)	Entidades	4 face(s)
Tipo	Aplicar força normal	Tipo	Aplicar força normal
Valor	5.300	Valor	5.300
Unidades	Metric (G)	Unidades	Metric (G)
Identificador	3	Identificador	5

Fonte: Autoral (2024).

Figura 20. Aplicação da carga na caixa.



Fonte: Autoral (2024).

Tabela 17. Forças resultantes na caixa.

Forças resultantes

Forças de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	-14,0042	56.706,8	8,61217	56.706,8

Momentos de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N.m	0	0	0	0

Forças de corpo livre

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	-366,732	2.810,46	305,136	2.850,66

Momentos de corpo livre

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N.m	0	0	0	1e-33

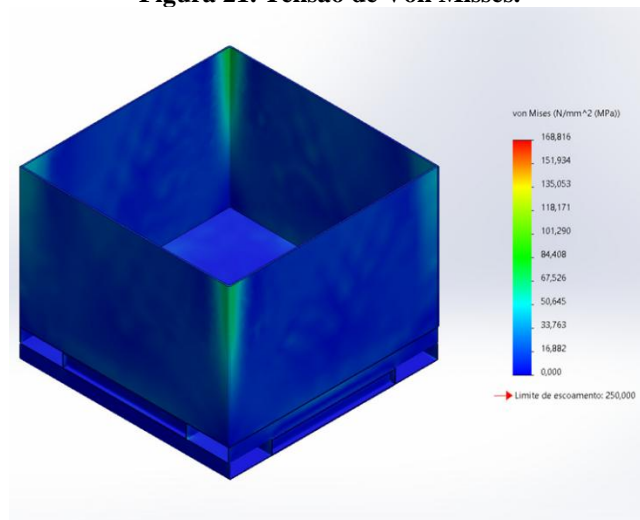
Fonte: Autoral (2024).

4.3.3 Resultados por elementos finitos da caixa

A partir dos resultados obtidos com a análise de elementos finitos observou-se que a maior tensão encontrada na estrutura após a aplicação do concreto foi de 168,8 Mpa (figura 21), como o valor encontrado foi menor que a tensão admissível do material (ASTM A36), logo se enquadrara nos requisitos mínimos apresentados pelo fator de segurança.

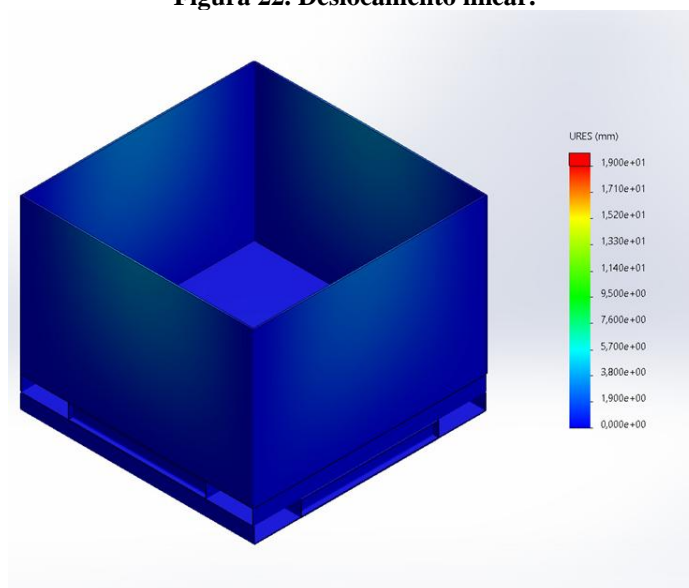
O deslocamento linear encontrado na aplicação do concreto foi de 19 mm (figura 22), todavia, tal valor encontra-se no limite elástico do material, fornecendo assim segurança e qualidade para a estrutura.

Figura 21. Tensão de Von Mises.



Fonte: Autoral (2024).

Figura 22. Deslocamento linear.



Fonte: Autoral (2024).

4.4 PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO DA LUVA

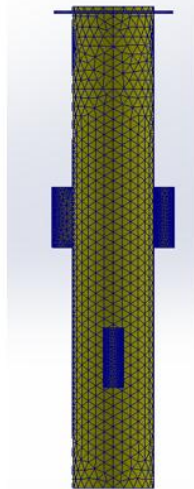
Para a verificação da luva verificou o esforço gerado durante uma possível queda com aplicação de uma carga de 6 KN e fator de segurança de FS=2. A descrição da malha é demonstrada a seguir.

Tabela 18. Descrição da malha da luva.

Nome do estudo	Análise estática. 1*(-Valor predeterminado-)
Detalhes tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado	Malha mesclada com base em curvatura
Pontos Jacobianos para malha de alta qualidade	16 pontos
Tamanho máximo do elementos	25,8468 mm
Tamanho mínimo do elementos	1,29234 mm
Qualidade da malha	Alta
Total de nós	67828
Total de elementos	33387
Proporção máxima	19,878
Porcentagem de elementos com proporção < 3	79,4
Porcentagem de elementos com proporção > 10	5,15
Porcentagem de elementos distorcidos	0
Número de elementos distorcidos	0
Refazer malha de peças falhas de maneira independente	Desativada
Reutilizar malha para corpos idênticos	Desativada
Número de corpos que reutilizaram a malha	0
Tempo para a conclusão da malha (hh:mm:ss)	00:00:11

Fonte: Autoral (2024)

Figura 23. Malha da luva.



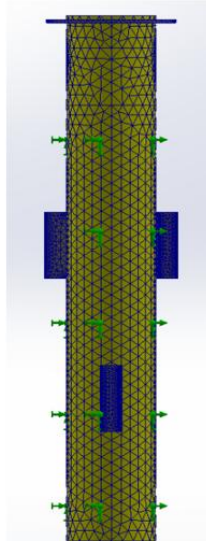
Fonte: Autoral (2024)

A fixação se deu na face cilíndrica do tubo, conforme e apresentado na figura 24.

Tabela 19. Detalhes da fixação da luva.

Nome do estudo	Análise estática 1*(-Valor predeterminado-)
Nome da carga	Fixo-3
Entidades	1 face(s)
Tipo	Geometria fixa
Valor	600
Unidades	Metric (G)
Identificador	6

Fonte: Autoral (2024)

Figura 24. Fixação da luva

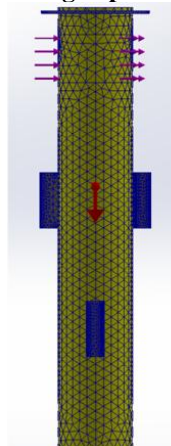
Fonte: Autoral (2024)

Para a carga aplicada realizou a combinação das solicitações do peso próprio do conjunto (sem o contra peso) com valor de carga aplicada de 6 KN. A demonstração da carga é apresentada abaixo:

Tabela 20. Detalhes da carga.

Nome do estudo	Análise estática 1*(-Valor predeterminado-)	Nome do estudo	Análise estática 1*(-Valor predeterminado-)
Nome da carga	Força-2 (:Por item: 1.050 kgf:)	Nome da carga	Gravidade-1 (:-9,81 m/s^2:)
Entidades	1 face(s), 1 Plano(s)	Gravidade	
Referência	Plano frontal	Referência	Plano Superior
Tipo	Aplicar força	Valores	0 0 -9,81
Valores	1.050; -; -	Unidades	SI
Unidades	Metric (G)	Identificador	4
Identificador	8		

Fonte: Autoral (2024)

Figura 25. Carga aplicada no tubo.

Fonte: Autoral (2024)

As forças resultantes geradas pela aplicação da carga são demonstradas abaixo:

Tabela 21. Forças resultantes.

Forças resultantes**Forças de reação**

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	-10.297	535,792	-0,000345459	10.310,9

Momentos de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N.m	0	0	0	0

Forças de corpo livre

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	0	0	0	0

Momentos de corpo livre

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N.m	0	0	0	0

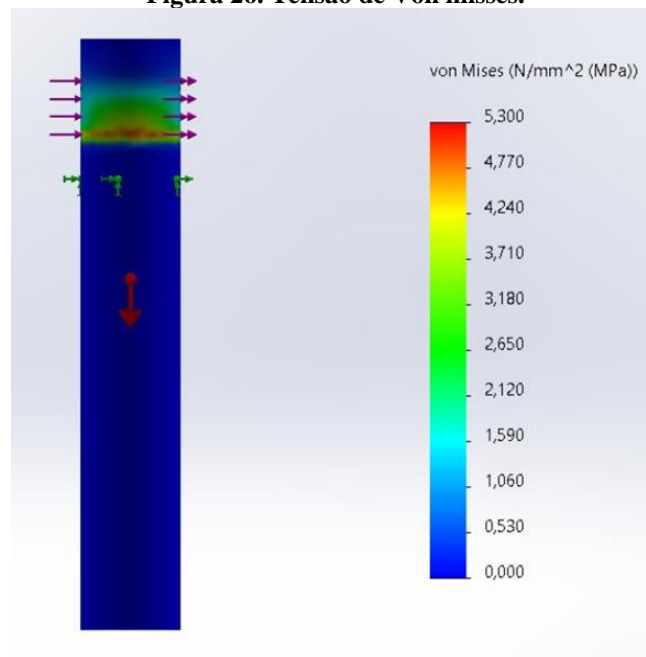
Fonte: Autoral (2024)

4.4.1 Resultados por elementos finitos no tubo

Com os resultados obtidos em virtude da análise de elementos finitos observou-se que a maior tensão encontrada na estrutura após a aplicação da carga de 6 KN em uma queda, foi de 5,3 MPa (figura 26), como o valor encontrado foi menor que a tensão admissível do material (NBR 8261:2010), logo se enquadrara nos requisitos mínimos apresentados pelo fator de segurança $FS = 2$.

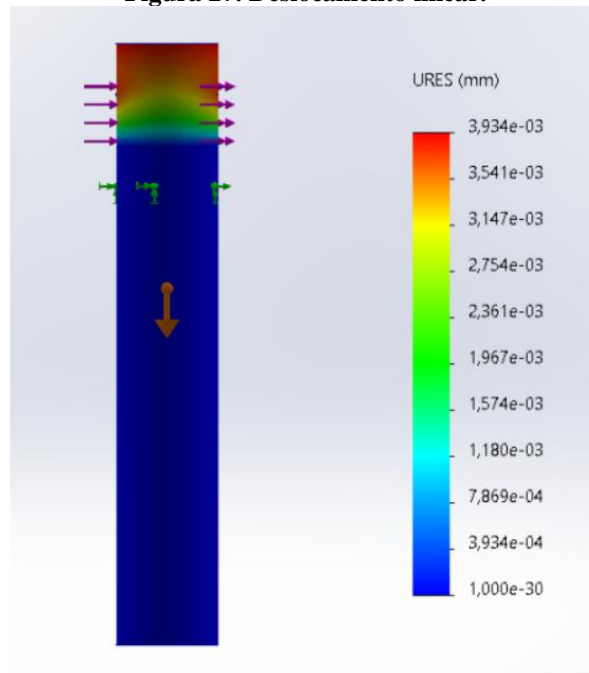
O deslocamento linear encontrado na aplicação do concreto foi de 0,003 mm (figura 27), logo a estrutura mostra-se segura para utilização no serviço proposto.

Figura 26. Tensão de Von misses.



Fonte: Autoral (2024)

Figura 27. Deslocamento linear.



Fonte: Autoral (2024)

4.5 CALCULO DE TOMBAMENTO DO PÓRTICO

Para o cálculo de tombamento levou-se em consideração os critérios de conservação de momento, logo tem-se:

$$\sum Mx = \sum My$$

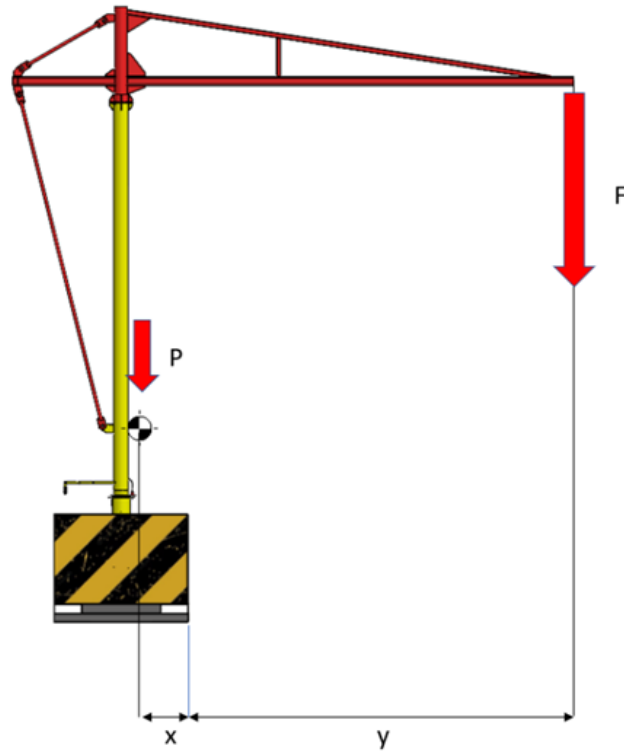
$$P * x = F * y$$

Onde;

- P = Força peso da estrutura;
- F = Carga de impacto de 6 KN.
- X = Distância do centro de gravidade da estrutura até o ponto de tombamento;
- Y = Distancia da aplicação de carga de impacto até o ponto de tombamento.

Para não haver iminência de tombamento, o momento gerado pela carga de impacto tem que ser menor que o momento gerado pela estrutura, logo ($Mx > My$).

Figura 28. Deslocamento linear.



Fonte: Autoral (2024)

O resultado obtido dos momentos em X e Y são demonstrados a seguir:

Tabela 22. Deslocamento linear.

PARÂMENTO	VALOR	UNIDADE
Distância em X	0,544	m
Distância em Y	4,312	m
Carga em X	6328	Kgf
Carga em Y	600	Kgf
Momento em X	3442,4	Kgf.m
Momento em Y	2587,2	Kgf.m

Fonte: Autoral (2024)

5 CONCLUSÃO

Este trabalho explorou a análise estrutural utilizando o método dos elementos finitos, destacando sua relevância na engenharia moderna. Esse método permitiu uma avaliação detalhada do comportamento estrutural sob diferentes condições de carregamento, evidenciando sua importância para a concepção e o desempenho de projetos. A análise linear estática, com uso de elementos tipo sólido, foi fundamental para compreender a distribuição de forças internas, otimizando o uso de materiais e garantindo eficiência e sustentabilidade.

O critério de Von Mises foi empregado para identificar pontos críticos de tensão, proporcionando uma avaliação confiável das regiões sujeitas a possíveis falhas. Essa abordagem assegurou o cumprimento de normas de segurança e desempenho, além de validar soluções de projeto antes de sua aplicação prática, minimizando riscos e custos. A análise de deformações complementou o estudo ao avaliar deslocamentos induzidos por forças, garantindo integridade estrutural e respeitando limites de funcionalidade.

Dessa forma, este estudo demonstrou a aplicabilidade prática de abordagens analíticas detalhadas no desenvolvimento de projetos estruturais. A integração de métodos como o critério de Von Mises e a análise de deformações pavimentou o caminho para avanços técnicos e inovações na área, assegurando maior segurança, eficiência e confiabilidade na engenharia.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Analisar o sistema utilizando outros métodos;
- Realizar testes experimentais com protótipos do pórtico dimensionado para comparar os resultados obtidos nas simulações com os dados práticos;
- Dimensionar o sistema para cargas maiores ou para suportar mais de um operador simultaneamente.

REFERÊNCIAS

ABNT, Norma NBR 8400. **Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas -Procedimento**, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8400: **Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas**. ABNT, Brasil, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. ABNT, Brasil, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NR 35: **Trabalho em altura. NR35**, 2012.

Azevedo, A.F.M. **Método dos elementos finitos. Faculdade de Engenharia do Porto**.1ª edição. Portugal. 2003.

BARDELLA, F. et al. **Pórticos Sistemas de Movimentação e Transporte**. Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Araçatuba, São Paulo, Brasil, 2019.

BAXTER, M. R. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. Tradução de Itiro Iida 3. ed. São Paulo: Blucher, Brasil, 2011.

BORGES, Willyandro Coelho Rosa. **PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE UMA LINHA DE VIDA HORIZONTAL**. 2021.

BRASIL, H. V. **Máquinas de Levantamento**. Editora Guanabara Dois S.A, Rio de Janeiro, Brasil, 1985.

BRASS, R. **Pórtico móvel manual**. 2016. Disponível em:<<https://www.logismarket.ind.br/varejao-de-maquinas/portico-movel-manual-5-tvdm53036/9202650368-p.htmlsupplier-info>>.

FREITAS, Bruno Félix Keirche et al. **Pórtico automatizado**. 2023.

FREITAS, Pedro Henrique. Metodologia para dimensionamento de linha de vida horizontal. 2021.

LIMA, Josean Silva. Avaliação de sistema monovia para içamento de carga através da ferramenta cype 3D. 2023.

LORENZI, R. T. Dimensionamento estrutural de um pórtico rolante para levantamento de cargas de até 10 toneladas. 2018

MAZENGA, Edmundo Sousa. Projeção de estrutura metálica para elevação de carga pesada. 2022.

PASSOS, L. C. Apostila: Técnicas de instalação, operação, manutenção, testes e inspeção: pontes rolantes, guindastes giratórios e acessórios de movimentação de cargas. Make Engenharia, Assessoria e Desenvolvimento. 2011

SEIXAS, Andrei Righi. Projeto de pórtico rolante para movimentação de transformadores no Instituto de Redes Inteligentes (INRI). 2020.

YÁÑEZ VILCHEZ, Gonzalo Antonio; ZAHR VIÑUELA, Jorge; MORALES PÁVEZ, Gustavo Adolfo. Diseño de un puente grúa de 2 toneladas.