

# ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DE UM PÓRTICO ROLANTE PARA ELEVAÇÃO DE CARGAS, DE ACORDO COM OS CRITÉRIOS DA NBR 8400

**LOPES, Lucas Azeredo da Silva**<sup>1</sup> ; **AZEVEDO, Davi Alvarenga**<sup>2</sup> ;  
**GALLO, Daniel Passos**<sup>3</sup> ; **CERQUEIRA, Niander Aguiar**<sup>4</sup> ; **SOUZA,**  
**Victor Barbosa**<sup>5</sup>

## Resumo

Em meio ao crescimento da indústria ao longo do tempo, as empresas precisaram se adaptar para maximizar a produção e, com isso, houve necessidade de mudanças na forma de transportar materiais, como pontes rolantes e pórticos. O estudo possui a finalidade de fazer uma análise estrutural de um pórtico para elevação de cargas, por método de elementos finitos, para validação e confiabilidade do equipamento, atendendo os critérios da norma NBR 8400 (ABNT, 2019). Essa análise foi sugerida por uma empresa do ramo petrolífero, com intuito de confirmar a utilização do pórtico para a carga de trabalho sugerida. O pórtico analisado possui altura de elevação e vão, ambos de 4 metros, com capacidade de elevação de cargas de até 3 toneladas. Para a análise, foi utilizado o método de estudo das tensões e deformações na viga principal e pernas. Com isso, é possível

---

<sup>1</sup> Discente; Centro Universitário Redentor, Engenharia Mecânica, Campos-RJ, lucaslopesazeredo11@hotmail.com

<sup>2</sup> Discente; Centro Universitário Redentor, Engenharia Mecânica, Campos-RJ, daviazevedo1991@gmail.com

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais; Centro Universitário Redentor, Engenharia Mecânica, Campos-RJ, daniel.gallo@redentor.edu.br

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Civil; Centro Universitário Redentor, Engenharia Mecânica, Campos-RJ, niander.cerqueira@redentor.edu.br

<sup>5</sup> Doutor em Engenharia Mecânica; Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, prof.victorbsouza@gmail.com

realizar, através do programa *Solidworks*, as simulações necessárias para verificar se o equipamento será capaz de suportar a carga aplicada. Com os resultados obtidos através das simulações e os parâmetros informados pela empresa, é possível validar ou não o uso do pórtico para elevação de cargas.

Palavras-chave: elevação de cargas; logística; movimentação de materiais; pórtico; qualidade.

## Abstract

Amid the industry growth over time, companies had to adapt to maximize production. Therefore, there was a need for changes in the way materials is transported, such as overhead cranes and gantries. This study has the purpose of making a structural analysis of a gantry for load lifting, by finite element method, for validation and reliability of the equipment, meeting the criteria of NBR 8400 (ABNT, 2019) standard. This analysis was suggested by an oil company, in order to confirm the use of the gantry for the suggested workload. The analyzed gantry has an elevation height and span, both of 4 meters, with a load lifting capacity of up to 3 tons. For the analysis, the method of studying the stresses and deformations in the main beam and legs was used. With this it is possible to carry out, through the *Solidworks* program, the necessary simulations to verify if the equipment will be able to support the applied load. With the results obtained through the simulations and the parameters informed by the company, it is possible to validate or not the use of the gantry for load lifting.

Keywords: gantry; load lifting; logistics; material handling; quality.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento industrial e necessidade no transporte de cargas, mudanças foram necessárias nas regras para as movimentações de cargas e os equipamentos, sendo a NBR 8400 (ABNT, 1984) – Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Norma que abrange informações de dimensionamentos dos equipamentos para movimentação de cargas (LORENZI, 2018).

De acordo com Passos (2011), as movimentações de cargas e suas operações são compreendidas em elevações e transportes de cargas que podem ser realizadas por pessoas de forma manual ou operando equipamentos, o uso de equipamentos para o auxílio das elevações e movimentações de cargas multiplicam a força humana e a velocidade nas realizações das tarefas.

O uso de pórticos é essencial para locais onde não há estrutura que possa suportar uma ponte rolante para elevação de cargas, trazendo diferentes possibilidades para a movimentação destes. Um pórtico bem dimensionado é capaz de sustentar enormes cargas com total segurança, como o caso do pórtico adquirido pelo Estaleiro de Rio Grande, considerado o maior já construído, este possui capacidade de carga de 2000 toneladas com vão livre de 210 metros e 100 metros de altura (GASPARETTO; PEREIRA, 2013).

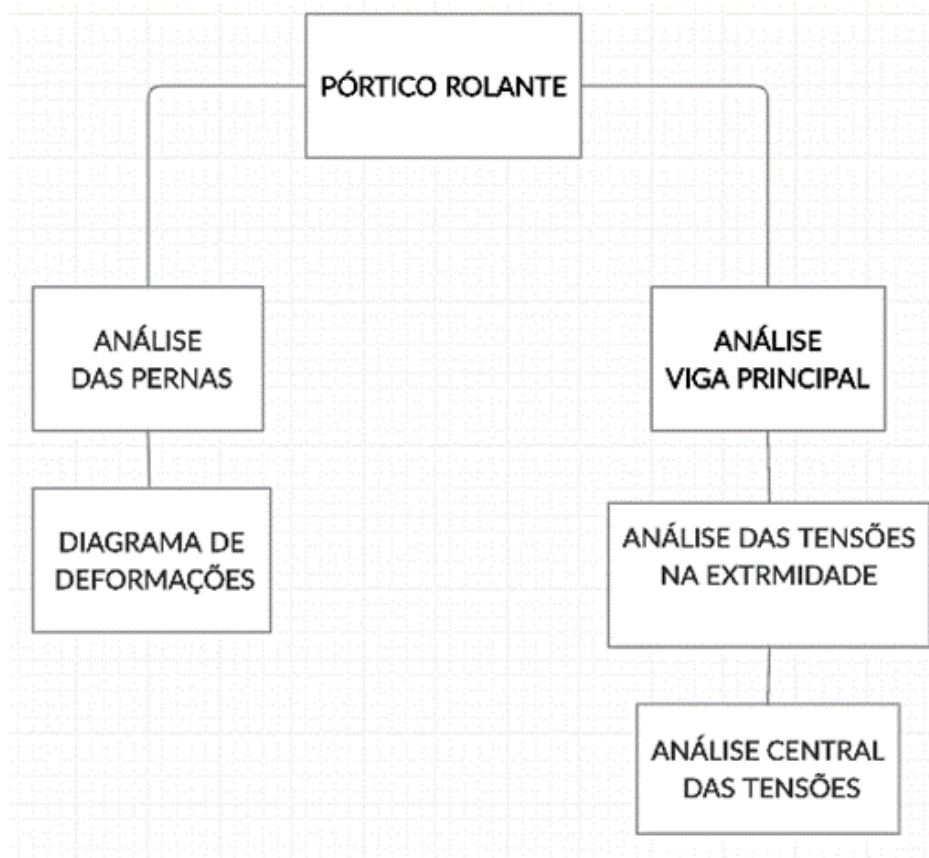
Este estudo abordará a análise por elementos finitos de um Pórtico rolante com intuito de validar o pórtico já existente. Uma empresa do ramo de óleo e gás, localizada em São João da Barra - RJ, no Porto do Açú. O pórtico terá a finalidade de auxiliar na movimentação de carga para materiais que serão expedicionados e inspecionados, com isso será possível otimizar a atividade e garantir a melhor qualidade na entrega do produto.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Os parâmetros empregados são baseados na necessidade da empresa de validar um pórtico que já foi confeccionado, porém necessita de análise para confirmar se o material já aplicado atende as cargas a serem içadas pelo equipamento. As configurações serão realizadas no material já contido no pórtico, sendo este, composto de uma viga

principal de perfil W 206 x 22,5 com o aço ASTM A36. A figura trata-se de um organograma das etapas aplicadas para melhor atender à exigência do cliente.

**Figura 1: Organograma das exigências das análises.**



Fonte: os autores

As análises feitas estão divididas em tópicos para melhor interpretação dos parâmetros simulados, sendo estes, divididos em análise da viga principal e pernas, para atender as especificações pedidas de um modo a garantir a confiabilidade.

- Análise viga principal – A análise da viga principal foi realizada em duas etapas, sendo estas, análise das tensões nas extremidades e análise central das tensões, sendo estes subdivididos em: análise das tensões, análise das forças de cisalhamento, análise do momento fletor e diagrama de deformação;
- Análise das pernas - Será apresentada a análise das tensões nos pilares, diagramas de deformação em função da carga exercida nas pernas, sendo aplicadas também as tensões das cargas no centro do pórtico, o momento aplicado e as tensões de cisalhamento.

## 2.1 Informações gerais sobre o pórtico para elevação de cargas

De acordo com as características adquiridas no pórtico, analisando também o local de instalação, é visto que ele apresenta as seguintes especificações:

**Tabela 1: Características do pórtico.**

Temperatura de trabalho	~25°C
Carga Nominal	3 ton
Altura de Elevação (H)	4,0 m
Vão	4,0 m
Ciclagem média (N)	6 ciclos/h
Aplicação	Inspeção de peças
Velocidade de elevação (VL)	0,25 m/s
Velocidade de deslocamento VD	0,4 m/s
Tempo de trabalho (T)	2 h/dia
Gravidade	9,81 m/s <sup>2</sup>

Fonte: os autores

Para a realização dos cálculos do pórtico rolante foram adotados os critérios da NBR 8400 (ABNT, 2019), que fala sobre equipamentos de elevação e movimentação de carga, onde ela descreve as variáveis a serem levadas em consideração para a elaboração do projeto. Para validação da análise foi utilizado o programa *Solidworks* para realização da simulação das cargas e tensões sofridas pelo pórtico e, com isso, validar o projeto.

## 2.2 Análise e simulação do pórtico para elevação de cargas

### 2.2.1 Análise e simulação do pórtico para elevação de cargas

Para o dimensionamento da viga principal, consideram-se para os cálculos os resultados dos valores de tensão de flexão máxima e tensão de cortante máxima, e, também, foi verificado que para a viga W 206 x 22,5 com o aço ASTM A36 as tensões

de flexão máxima e cortante máxima são menores que o valor do limite de escoamento com o fator de segurança de 1,5.

A seguir estão descritos nas tabelas os valores utilizados para a realização dos cálculos para a viga principal e pernas.

**Tabela 2: Características do pórtico.**

	<b>Valor</b>	<b>Convertendo para o S.I</b>
Gravidade	9,81 m/s <sup>2</sup>	-
Comprimento	4 m	-
Peso Pontual da viga	90 Kg	882,9 N
Carga Pontual	3140 Kg	30803,4 N

Fonte: os autores

**Tabela 3: Características do aço ASTM A36.**

Limite de escoamento	250 Mpa
Limite de resistência	400 Mpa
Fator de segurança	1,4
Tensão admissível	178,57 Mpa

Fonte: os autores

**Tabela 4: Dados da viga principal, Perfil "I".**

Bitola	8 Kg/m
Peso	22,5 Kg
Altura (d)	206 mm
Alma (tw)	6,2 mm
Mesa (bf)	102 mm
Mesa (tf)	8 cm <sup>2</sup>
Área (bf*tf)	29,00 cm <sup>4</sup>
Inércia (X)	2029 cm <sup>4</sup>
Inércia (Y)	142 cm <sup>4</sup>

Fonte: os autores

**Tabela 5: Dados da viga das pernas, perfil quadrado.**

Altura	80	mm
Base	0,08	m
Área	0,0064	m <sup>2</sup>
Espessura	3,75	mm

**Tabela 5: Dados da viga das pernas, perfil quadrado.**

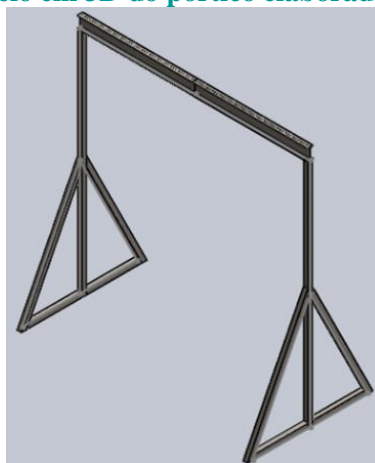
(conclusão)

Peso	9,22	Kg/m
Inércia	3,41E-06	m <sup>4</sup>

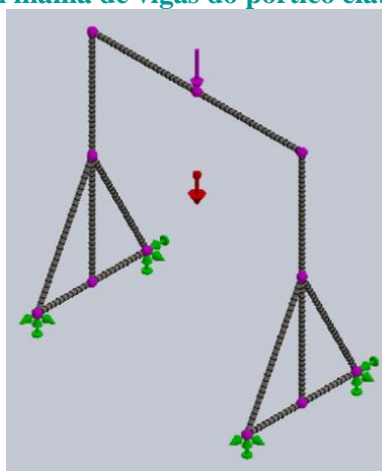
Fonte: os autores.

### 2.1.1 Carregamento das informações e simulações

As informações das tabelas 02 a 05 foram inseridas no programa *Solidworks* para realização das simulações para análise e, com isso, foram verificadas a deformação máxima, momento máximo, tensão máxima, reações de apoio, cortante e momento fletor.

**Figura 2: Modelo em 3D do pórtico elaborado no *Solidworks*.**


Fonte: os autores

**Figura 3: Modelo em malha de vigas do pórtico elaborado no *Solidworks*.**


Fonte: os autores

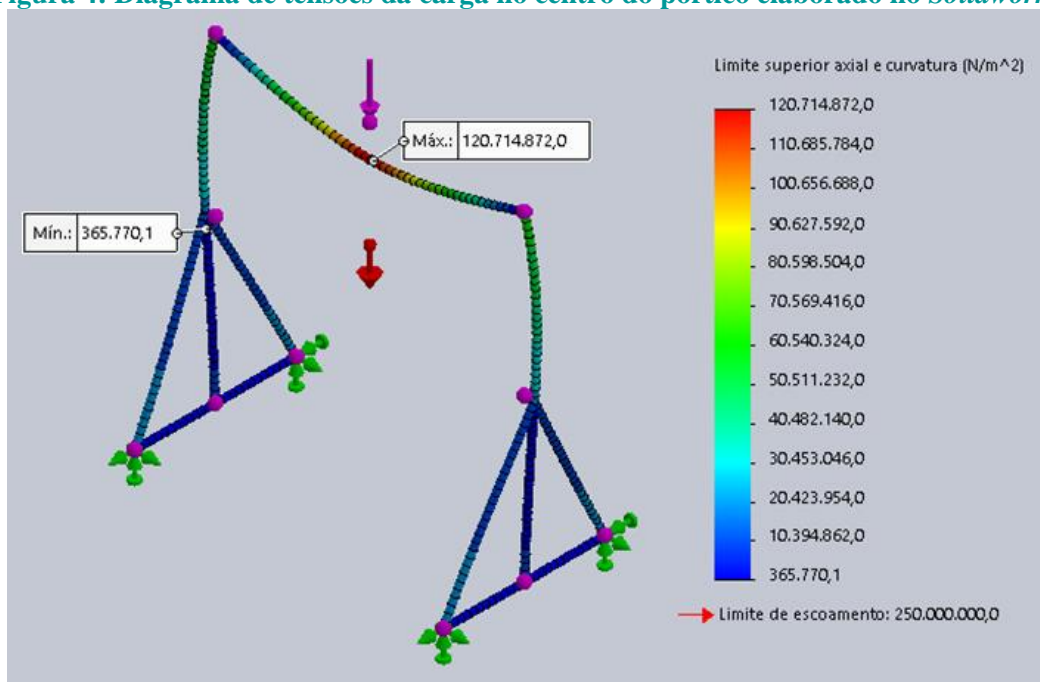
### 3 SIMULAÇÕES E RESULTADOS

#### 3.1 Análise da viga principal

##### 3.1.1 Análise das tensões

A primeira verificação está na análise do diagrama das tensões e com este resultado é possível verificar se a viga falhará ou resistirá aos efeitos da tensão aplicados sobre ela, conforme simulações mostradas nas figuras 4 e 5 abaixo é conclusivo que a viga principal resistirá às tensões sofridas, pois o valor da tensão está abaixo do limite de escoamento. Com o limite de escoamento de 250 MPa com o fator de segurança de 1,5 normatizado pela NBR 8400 (ABNT, 2019), logo a tensão admissível será de aproximadamente 167 MPa e o pórtico com a carga de 30 kN sofrerá tensão máxima de aproximadamente 121 MPa, e, isso indica que o pórtico está sofrendo uma tensão aproximadamente de 38% abaixo da tensão admissível. Conforme análises mostradas nas figuras 4 e 5 abaixo.

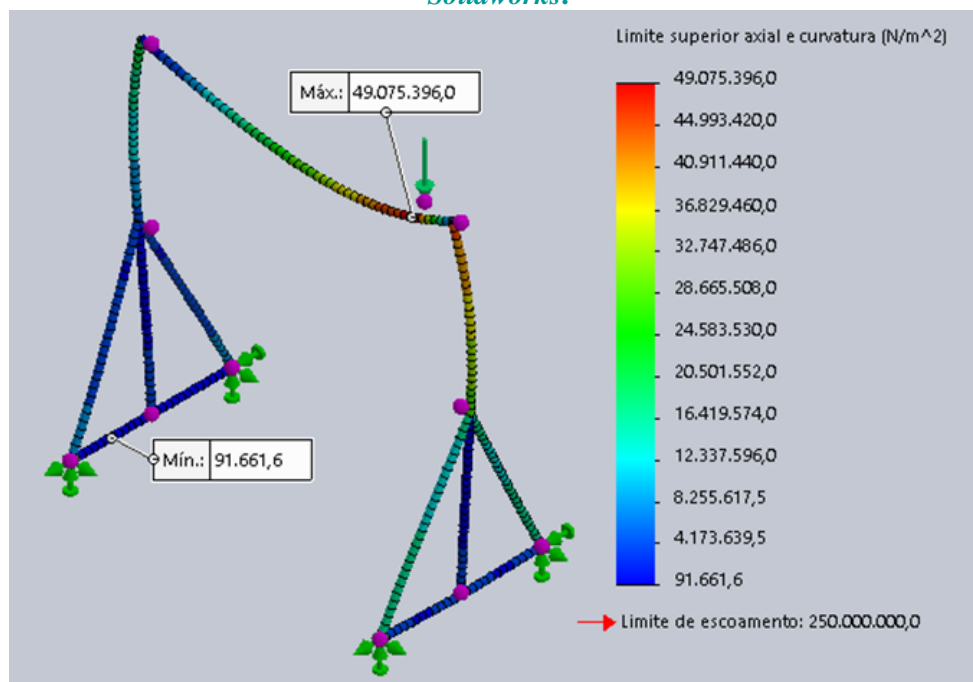
Figura 4: Diagrama de tensões da carga no centro do pórtico elaborado no *Solidworks*.



Fonte: os autores



**Figura 5: Diagrama de tensões da carga na extremidade do pórtico elaborado no *Solidworks*.**

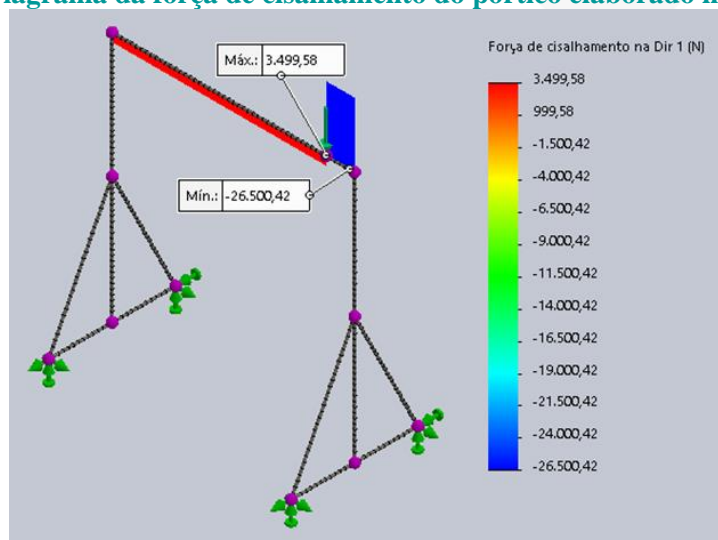


Fonte: os autores

### 3.1.2 Análise das forças de cisalhamento

Para a realização das simulações das forças de cisalhamento sofridas pela viga principal, para o cálculo realizado, aplica-se a força na extremidade, onde é o local que sofre maior cisalhamento na estrutura e a força de cisalhamento máxima sofrida pelo equipamento é inferior à carga aplicada, sendo a carga aplicada de 30 kN e força cisalhante máxima de 26,5 kN.

**Figura 6: Diagrama da força de cisalhamento do pórtico elaborado no *Solidworks*.**

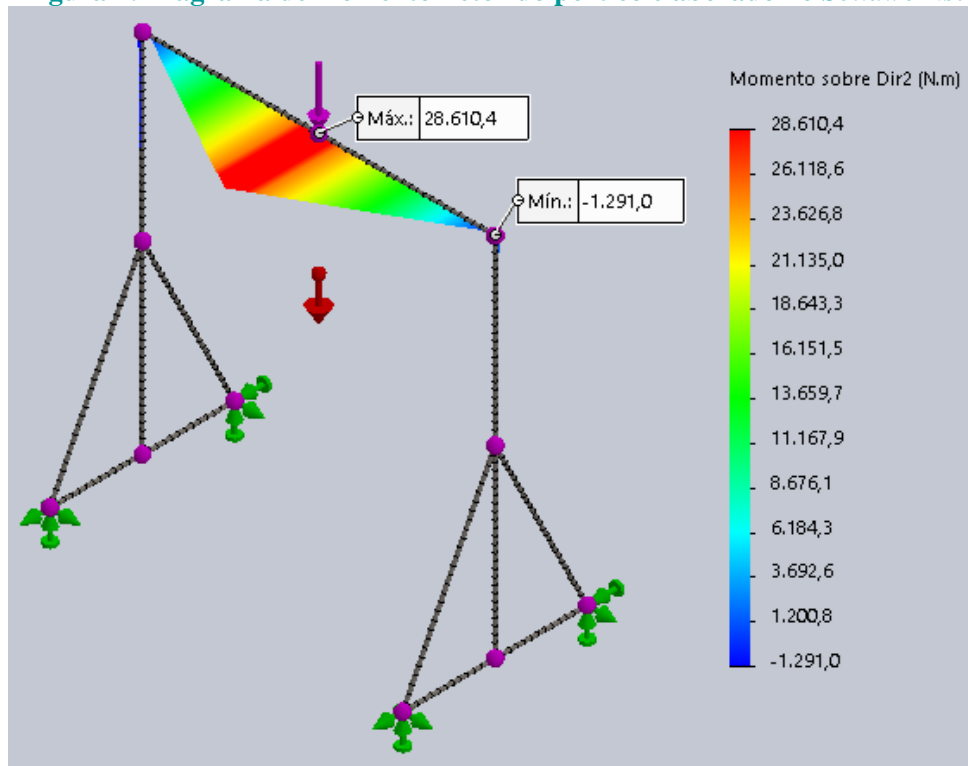


Fonte: os autores

### 3.1.3 Análise do momento fletor

Com o resultado da simulação do momento fletor é possível verificar que a viga atende aos critérios de projeto, atestando que o equipamento suporta a carga aplicada, pois o momento máximo sofrido pela viga não ultrapassa a carga aplicada, sendo estes, momento máximo de 28,6 kN.m e carga de 30 kN.

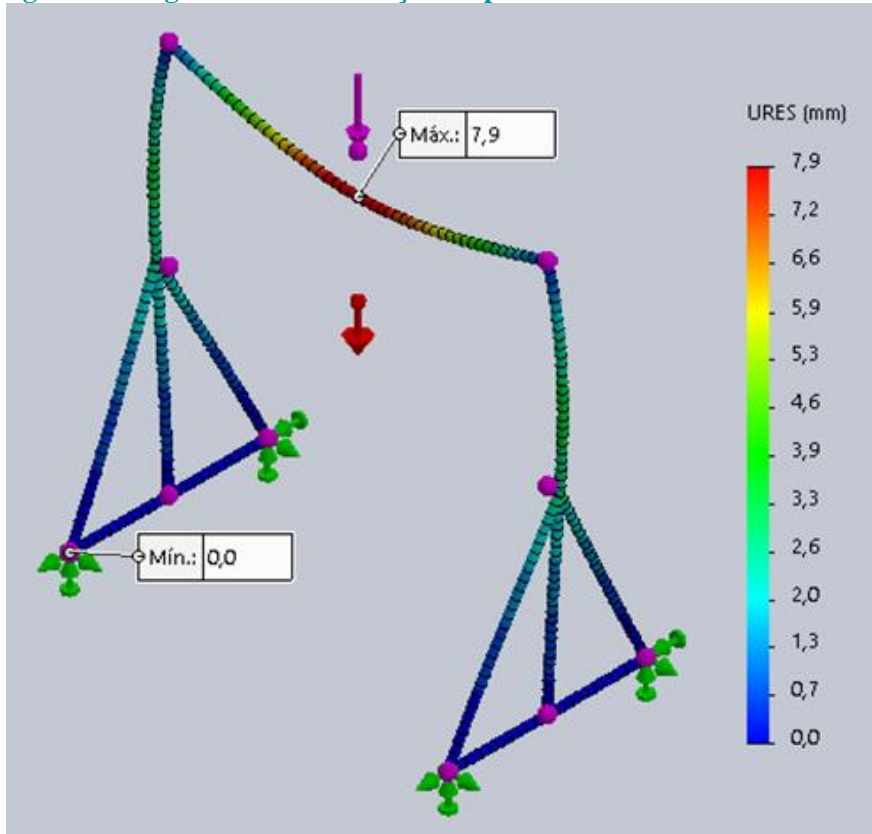
**Figura 7: Diagrama de momento fletor do pórtico elaborado no *Solidworks*.**



Fonte: os autores.

### 3.1.4 Análise da deformação

É possível verificar através da simulação que a maior deformação sofrida pela viga principal é quando a carga está aplicada no centro, fazendo com que ela se desloque 7,9 mm.

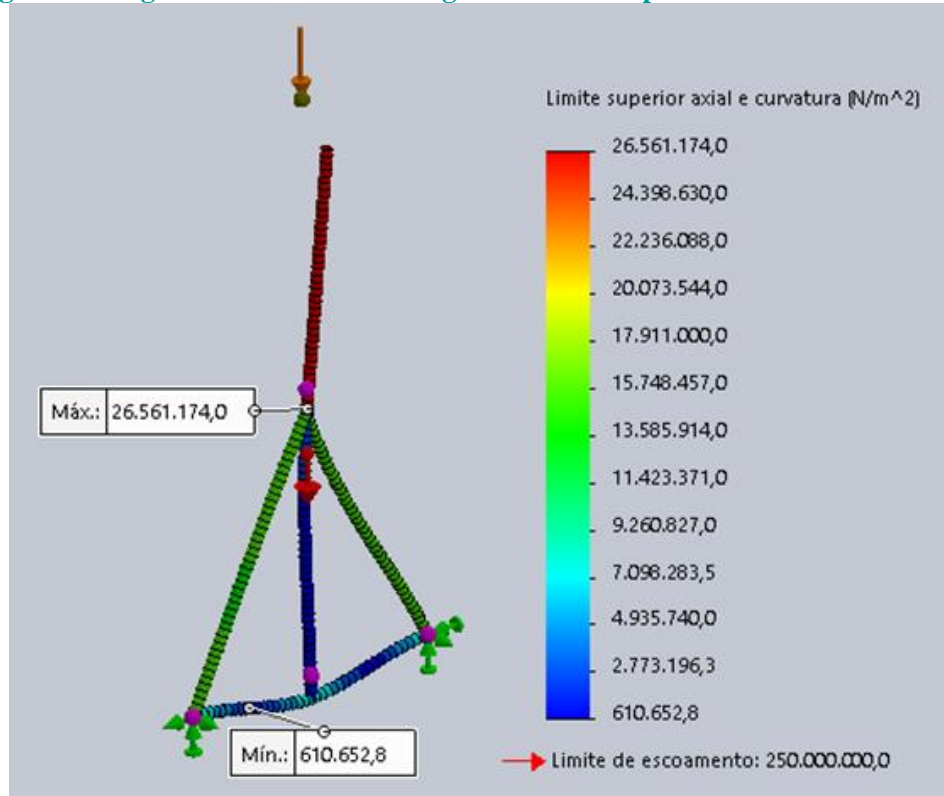
**Figura 8: Diagrama de deformação do pórtico elaborado no Solidworks.**


Fonte: os autores.

## 3.2 Simulação e análise das pernas

### 3.2.1 Análise das tensões

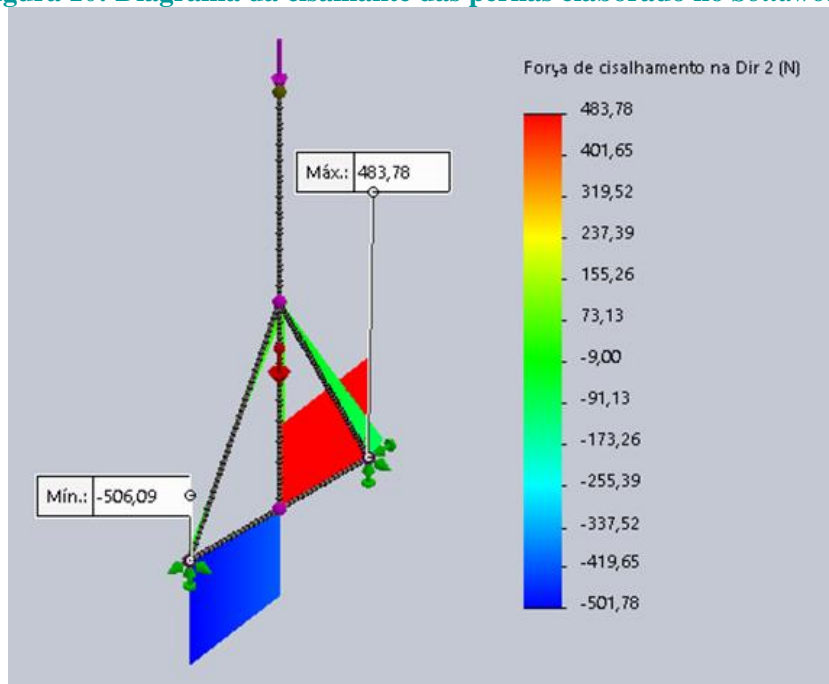
A primeira verificação está na análise do diagrama das tensões e com o resultado é possível entender se as pernas falharão ou resistirão aos efeitos da tensão aplicados sobre ela conforme simulação mostrada na figura 9 abaixo é conclusiva que as pernas resistirão às tensões sofridas, pois o valor da tensão está abaixo do limite de escoamento. Com o limite de escoamento de 250 MPa e com o fator de segurança de 1,5 baseado pela NBR 8400 (ABNT, 2019), o resultado da tensão admissível será de aproximadamente 167 MPa e as pernas do pórtico com carga de 30 kN sofrerão tensão máxima de aproximadamente 26 MPa, que é inferior a tensão admissível.

**Figura 9: Diagrama de tensões da carga no centro do pórtico fletor no *Solidworks*.**


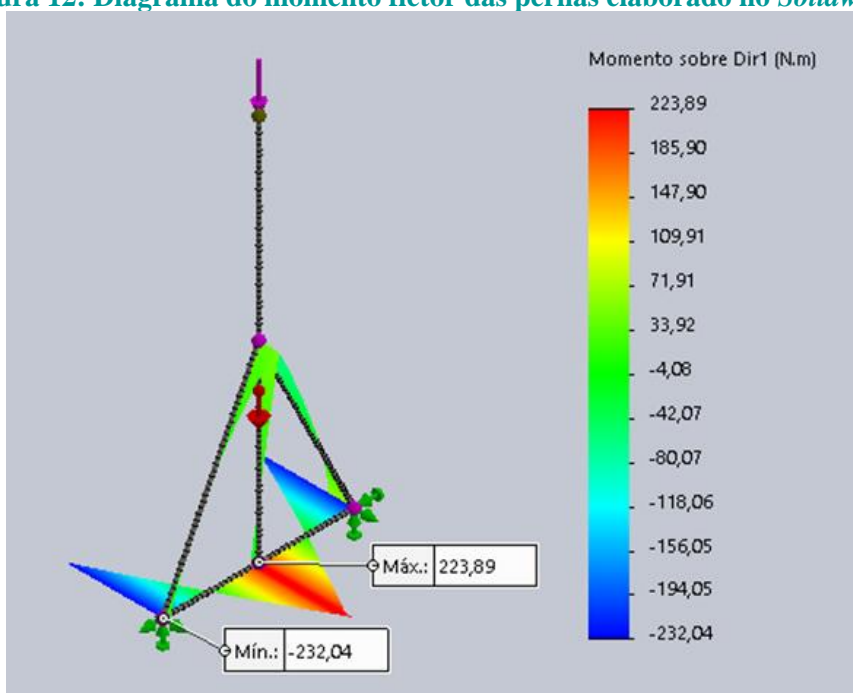
Fonte: os autores.

### 3.2.2 Momento fletor e cisalhamento

Durante a simulação é perceptível notar que a tensão de cisalhamento e o momento fletor são desprezíveis, pois o valor mostrado pela simulação é muito abaixo ao valor aplicado no equipamento. Sendo estes, a força de cisalhamento máxima de 483,74 N e momento máximo de 232,04 N.m, conforme mostrado nas figuras 10 e 11 abaixo.

**Figura 10: Diagrama da cisalhante das pernas elaborado no *Solidworks*.**


Fonte: os autores

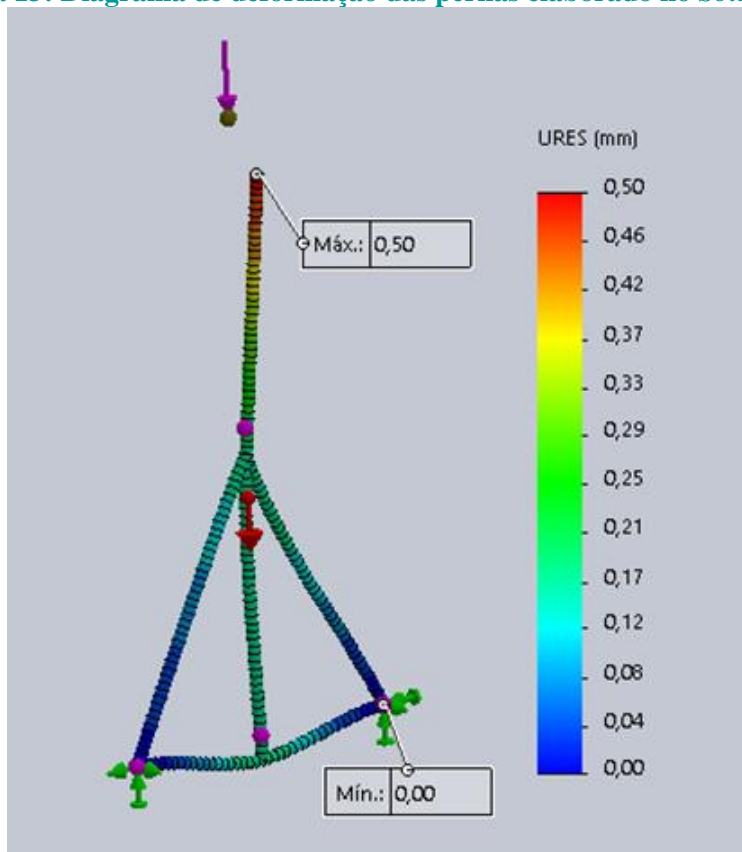
**Figura 12: Diagrama do momento fletor das pernas elaborado no *Solidworks*.**


Fonte: os autores

### 3.2.3 Análise da deformação

A simulação mostra que as pernas sofrerão uma deformação de 0,5 mm ao utilizar a carga máxima, podendo ser considerada desprezível, devido ao valor ser praticamente inexpressível.

**Figura 13: Diagrama de deformação das pernas elaborado no Solidworks.**



Fonte: os autores

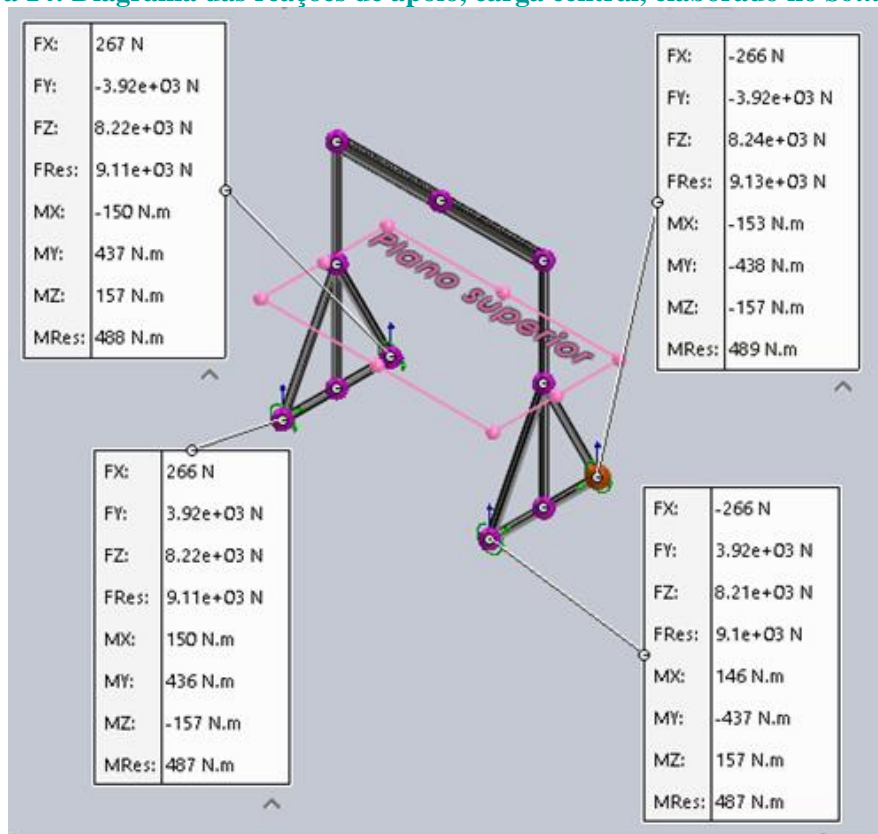
## 3.3 Reações de apoio

### 3.3.1 Reações de apoio quando carga aplicada no centro

Pela utilização do programa *solidworks* para o cálculo das reações de apoio, é possível verificar que ele suporta toda a carga, onde ela é distribuída nos quatro pontos de apoio, fazendo com que cada ponto suporte uma carga muito menor que a carga aplicada no centro da barra, sendo  $F_x$  a força na direção x com carga de 266 N,  $F_y$  a força na direção y com carga de 3,9 kN,  $F_z$  força na direção z com carga de 8,24 kN e  $F_{Res}$

que é a força resultante com carga de 9,1 kN. Mx o momento na direção x com carga de 153 N.m, My momento na direção y com carga de 438 N.m, Mz momento na direção z com carga de 157 N.m, Mres é o momento resultante com carga de 489 N.m.

**Figura 14: Diagrama das reações de apoio, carga central, elaborado no Solidworks.**

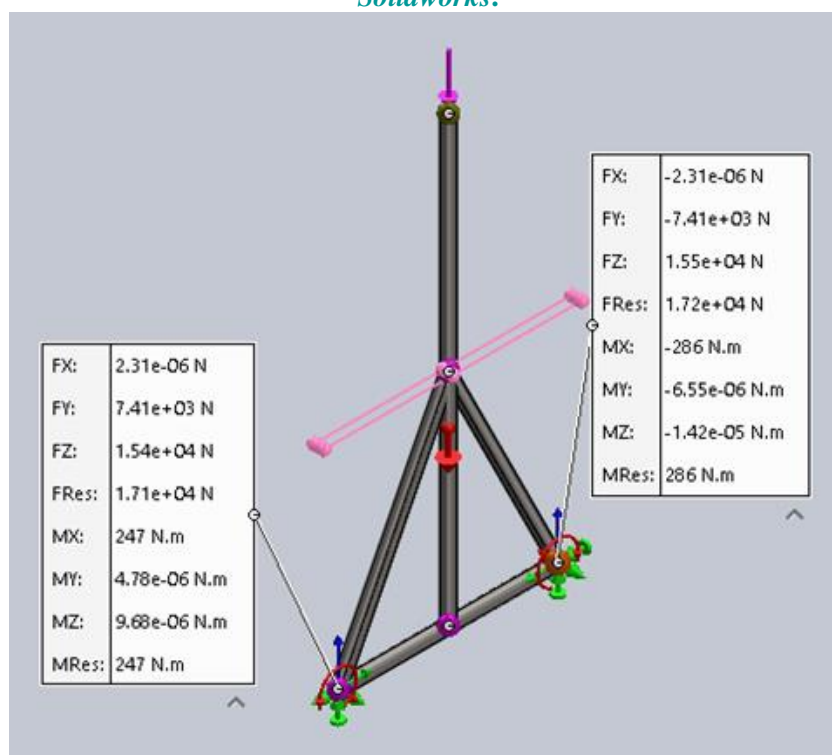


Fonte: os autores

### 3.3.2 Reações de apoio quando carga aplicada sobre as pernas

Foi simulado o pior cenário para o equipamento, com a carga total sobre somente uma das pernas, sendo Fx a força na direção x onde a mesma não é expressante, Fy a força na direção y com carga de 7,4 N, Fz a força na direção z com 15,5 kN e FRes é a força resultante da Fx e Fy com carga de 17,2 kN, Mx o momento na direção x com carga de 286 N.m, My momento na direção y não é expressante, Mz momento na direção z não é expressante, Mres é o momento resultante com carga de 286 N.m.

**Figura 15: Diagrama das reações de apoio, carga na extremidade, elaborado no *Solidworks*.**



Fonte: os autores

### 3.4 Consolidação de resultados

Através das simulações acima, utilizando o programa *Solidworks*, foram obtidos os seguintes resultados consolidados na tabela abaixo.

**Tabela 6: Resultados viga principal.**

Tensão de escoamento	250 MPa
Fator de segurança	1,5
Tensão admissível	167 MPa
Carga de suspensão	30 kN
Tensão máxima sofrida	121 MPa
Força de cisalhamento máxima	26,5 kN
Momento fletor máximo	28,6 kN.m
Deformação máxima	7,9 mm

Fonte: os autores



**Tabela 7: Resultados das pernas.**

Tensão de escoamento	250 MPa
Fator de segurança	1,5
Tensão admissível	167 MPa
Carga de suspensão	30 kN
Tensão máxima sofrida	26 MPa
Força de cisalhamento máxima	483,7 N
Momento fletor máximo	232,04 N.m
Deformação máxima	0,5 mm

Fonte: os autores

**Tabela 8: Reações de apoio, carga central.**

Força direção x	266 N
Força direção y	3,9 kN
Força direção z	8,24 kN
Força resultante	9,1 kN
Momento direção x	146 N.m
Momento direção y	437 N.m
Momento direção z	157 N.m
Momento resultante	487 N.m

Fonte: os autores

**Tabela 9: Reações de apoio, carga na extremidade.**

Força direção x	desprezível
Força direção y	7410 N
Força direção z	15500 N
Força resultante	17200 N
Momento direção x	286 N.m
Momento direção y	desprezível
Momento direção z	desprezível
Momento resultante	286 N.m

Fonte: os autores

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo busca analisar um pórtico já dimensionado e verificar se ele atende os parâmetros de utilização. Dessa forma, os métodos levantados para esta análise foram aplicados no equipamento e foram obtidos os seguintes resultados:

As condições para a viga principal foram analisadas com as condições de contorno para resultados mais precisos, onde, primeiramente, foram feitas as simulações com as cargas no centro da viga principal e posteriormente nas extremidades da mesma, obtendo assim o resultado onde a viga tanto com a carga aplicada no centro quanto na extremidade não irá romper, visto que a tensão máxima sofrida pela viga de 121 MPa é 38% menor que a tensão admissível que é de 167 MPa, suportando assim a carga aplicada. Ainda na viga principal, também sendo realizadas simulações de momento fletor de 25,6 kN.m e tensão cisalhante de 26,5 kN são inferiores a carga aplicada de 30 kN, verificando-se que o momento máximo aplicado e a tensão cisalhante são suportados pela viga principal, pois a carga aplicada gera uma tensão inferior à tensão admissível, sendo assim, a viga principal está apta para utilização.

Com a carga de 30 kN aplicada sobre as pernas, elas sofrem tensão de 26 MPa, simulando o pior caso para as pernas, no qual sofrerão apenas deformação ao utilizar a carga máxima do pórtico e essa deformação foi prevista pela simulação, onde alcançou 0,5 mm, que é uma deformação inexpressível, concluindo que para fator de deformação das pernas, o tubo quadrado de 80 mm x 80 mm está apto para aplicação deste pórtico. As tensões cisalhantes de 483074 N e momento fletor de 232,04 N.m são desprezíveis pelo baixo valor mostrado pela simulação. Declarando assim que, o pórtico analisado está apto a ser utilizado seguindo os parâmetros estabelecidos, respeitando assim o limite das cargas a serem aplicadas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8400**: Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

GASPARETTO, M.; PEREIRA, W. **Está em fase final de montagem o maior pórtico guindaste do mundo no Porto de Rio Grande**. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/rbs-noticias/videos/v/esta..> Acesso em: 05 mar. 2020.

LORENZI, R. T. **Dimensionamento estrutural de um pórtico rolante para levantamento de cargas de até 10 toneladas.** 2018. 82 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade do Vale do Taquari UNIVATES, Lajeado, 2018.

PASSOS, L. C. **Técnicas de instalação, operação, manutenção, testes e inspeção: pontes rolantes, guindastes giratórios e acessórios de movimentação de cargas.:** Make Engenharia, Assessoria e Desenvolvimento., 2011. 126 slides, color.

**COMO CITAR ESTE ARTIGO**

**ABNT:** LOPES, L. A. S. *et al.* Análise por elementos finitos de um pórtico rolante para elevação de cargas, de acordo com os critérios da NBR 8400. **Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico**, Itaperuna, v. 06, n. 2, p. 1-20. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v6n2a9>.

**AUTORE CORRESPONDENTES**

**Nome completo:** Lucas Azeredo da Silva Lopes

e-mail: [lucaslopesazeredo11@hotmail.com](mailto:lucaslopesazeredo11@hotmail.com)

**Nome completo:** Davi Alvarenga Azevedo

e-mail: [daviazevedo1991@gmail.com](mailto:daviazevedo1991@gmail.com)

**Nome completo:** Daniel Passos Gallo

e-mail: [daniel.gallo@redentor.edu.br](mailto:daniel.gallo@redentor.edu.br)

**Nome completo:** Niander Aguiar Cerqueira

e-mail: [niander.cerqueira@redentor.edu.br](mailto:niander.cerqueira@redentor.edu.br)

**Nome completo:** Victor Barbosa Souza

e-mail: [prof.victorbsouza@gmail.com](mailto:prof.victorbsouza@gmail.com)

**RECEBIDO**

07. junho. 2020.

**ACEITO**

20. dezembro. 2020.

**PUBLICADO**

30. junho. 2021.

**TIPO DE DOCUMENTO**

Artigo Original