



# CONEST

CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA ESTRUTURAL

ISBN: 978-65-86861-36-5

## ESTUDO DE UM PÓRTICO ROLANTE PARA ELEVAÇÃO DE CARGAS POR ELEMENTOS FINITOS, DE ACORDO COM OS CRITÉRIOS DA NBR 8400: 2019

Reapresentação do Congresso Online De Engenharia Estrutural., 1ª edição, de 12/08/2020 a 28/08/2021  
ISBN dos Anais: 978-65-86861-36-5

**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 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 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.

**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 E PERREIRA, 2013) Este estudo abordará a análise por elementos finitos de um pórtico rolante para uma empresa do ramo de óleo e gás, localizada em São João da Barra - RJ, no Porto do Açú. O

<sup>1</sup> UNIRENTOR, lucaslopesazeredo11@hotmail.com

<sup>2</sup> UNIRENTOR, daviazevedo1991@gmail.com

<sup>3</sup> UNIRENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br

<sup>4</sup> UNIRENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br

<sup>5</sup> UNIRENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com

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. OBJETIVOS O presente estudo foi realizado a fim de identificar e validar a estrutura necessária para a construção de um pórtico rolante para elevação de cargas. Com os resultados obtidos das simulações realizadas no software *solidworks*, é possível determinar as tensões de cargas, momento fletor, cortante máxima na viga principal e nas pernas, assim como as reações de apoio e, assim, determinar o tipo de material, dimensões do perfil da viga principal e das pernas do equipamento. 3. METODOLOGIA Os parâmetros empregados são baseados na necessidade da empresa de validar um projeto de pórtico que 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 1 trata-se de um organograma das etapas aplicadas para melhor atender à

exigência do cliente.

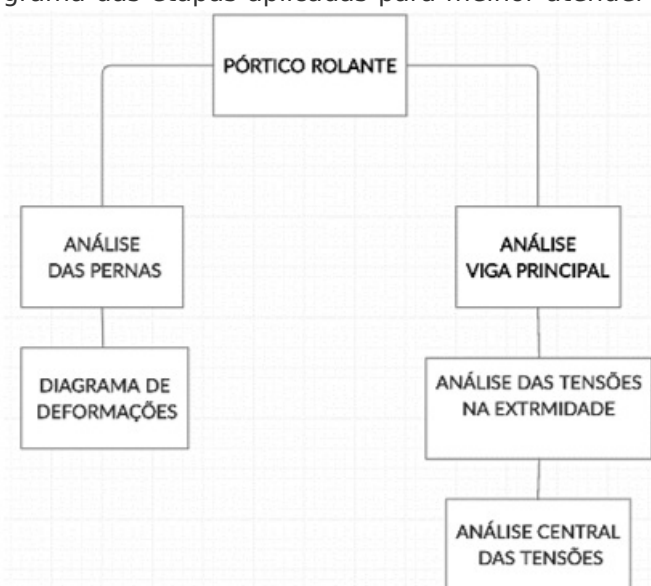


Figura 1: Organograma das exigências das análises As análises feitas estão divididas em tópicos para melhor interpretação dos parâmetros simulados, sendo estes, divididos em análise da viga principal e pernas, para atender as especificações pedidas de um modo a garantir a confiabilidade. **a ) Análise 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. **b ) 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. 1. 2. 3.

### 3.1. 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 o mesmo apresenta as seguintes especificações: Tabela 01: Características do pórtico

<sup>1</sup> UNIRENTOR, lucaslopesazeredo11@hotmail.com  
<sup>2</sup> UNIRENTOR, daviazevedo1991@gmail.com  
<sup>3</sup> UNIRENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br  
<sup>4</sup> UNIRENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br  
<sup>5</sup> UNIRENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com

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>

Para a

realização dos cálculos do pórtico rolante foram adotados os critérios da NBR 8400: 2019, que fala sobre equipamentos de elevação e movimentação de carga, onde a mesma 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.

## 3.2. Análise e simulação do pórtico para elevação de cargas

3.2.1. 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 02: Características do pórtico

	Valor	Convertendo pro S.I
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

Tabela 03:

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

Tabela 04:

Dados da viga principal, Perfil "I"

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo11@hotmail.com

<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazevedo1991@gmail.com

<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br

<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br

<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com

Bitola	8 Kg/m
Peso	22,5 Kg
Altura (d)	206 mm
Alma ( $t_w$ )	6,2 mm
Mesa ( $b_f$ )	102 mm
Mesa ( $t_f$ )	8 cm <sup>2</sup>
Área ( $b_f \cdot t_f$ )	29,00 cm <sup>4</sup>
Inércia (X)	2029 cm <sup>4</sup>
Inércia (Y)	142 cm <sup>4</sup>

Tabela 05: 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	
Peso	9,22	Kg/m	
Inércia	$3,41 \times 10^{-06}$	m <sup>4</sup>	

3.2.2.

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.

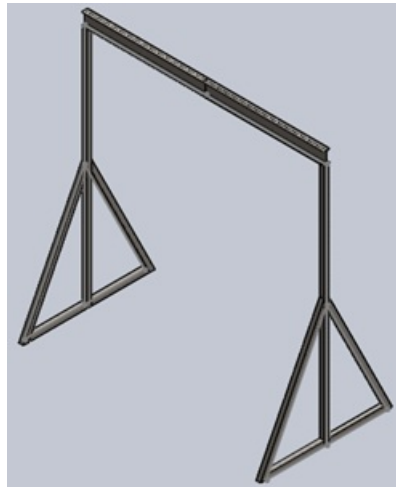


Figura 2: Modelo em 3D do

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo11@hotmail.com  
<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazevedo1991@gmail.com  
<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br  
<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br  
<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com

pórtico elaborado no *Solidworks*.

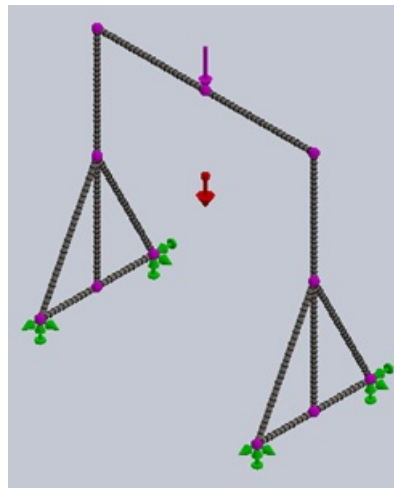


Figura 3:

Modelo em malha de vigas do pórtico elaborado no *Solidworks*. 4.  
RESULTADOS 4.

## 4.1. Análise da viga principal

4.1.1. 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 30kN e força cisalhante máxima de 26,5kN.

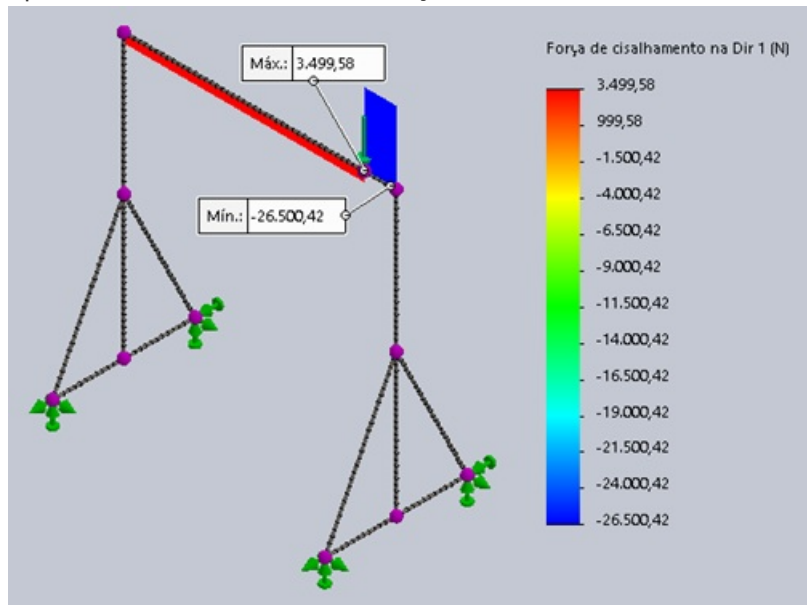


Figura 4:

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

4.1.2. 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 30kN.

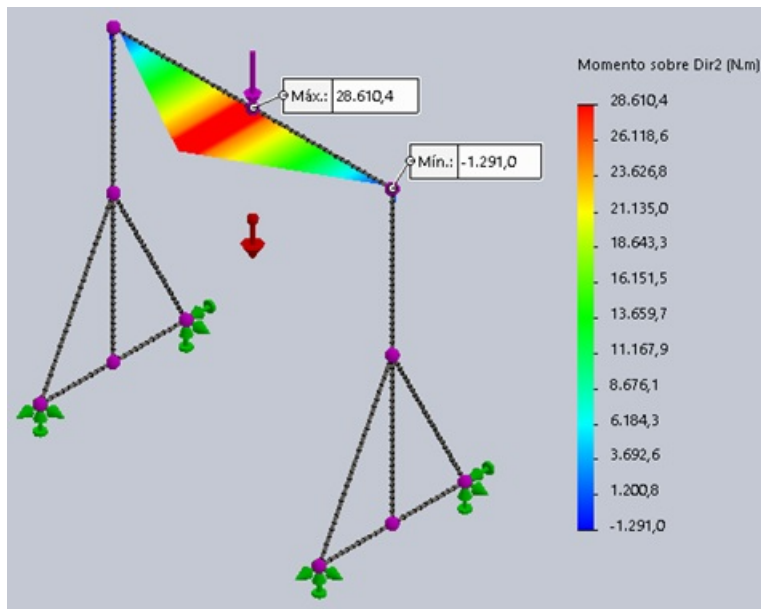


Figura 5:

Diagrama de momento fletor do pórtico elaborado no *Solidworks*. 4.1.3. 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 a mesma, 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 8400:2019, 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 6 e 7 abaixo.

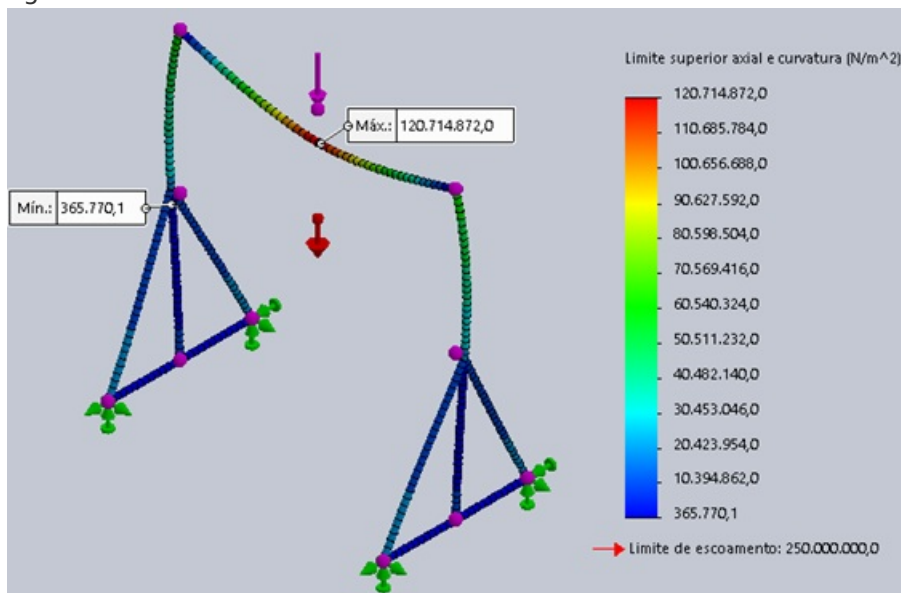
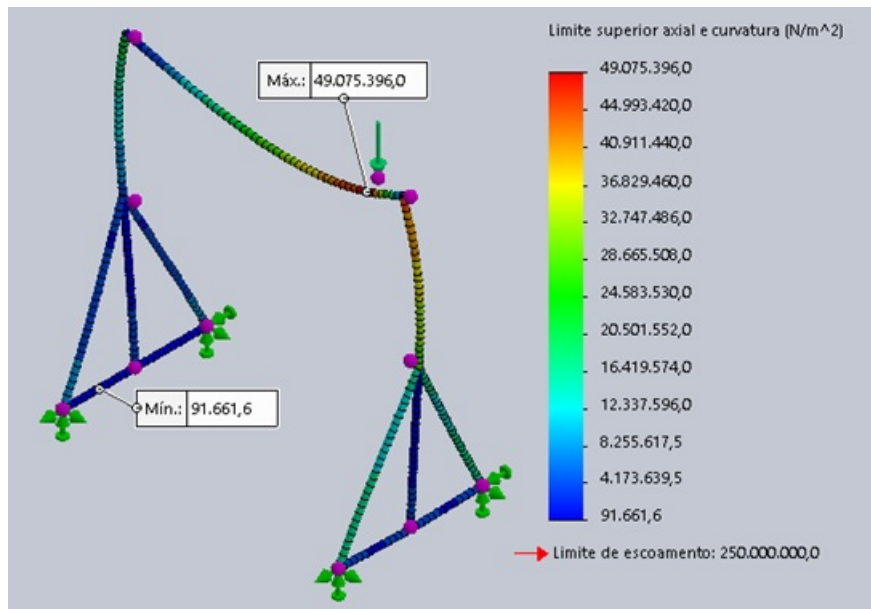
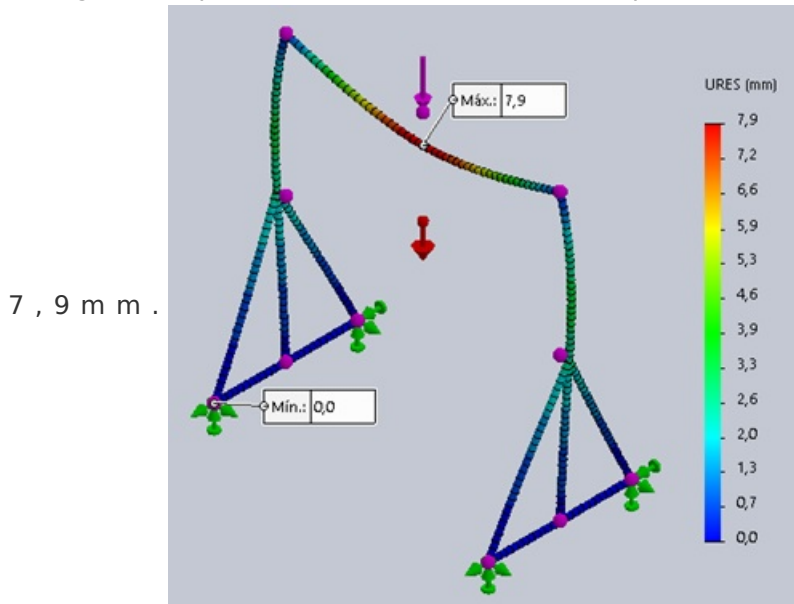


Figura 6: Diagrama de tensões da carga no centro do pórtico elaborado no *Solidworks*.



Figura

7: Diagrama de tensões da carga na extremidade do pórtico elaborado no *Solidworks*. 4.1.4. 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 a mesma se desloque



7 , 9 m m .

Figura 8:

Diagrama de deformação do pórtico elaborado no *Solidworks*.

## 4.2. Simulação e análise das pernas

4.2.1. 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 9 e 10

abaixo.

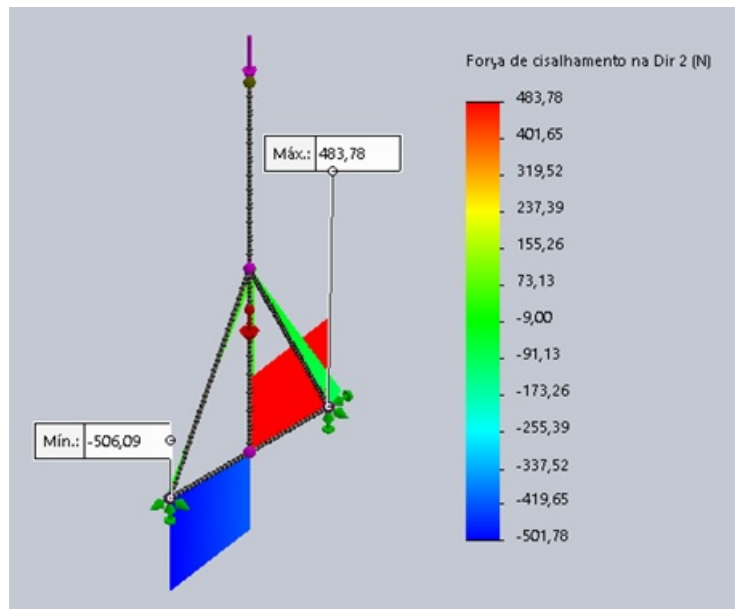


Figura 9:

Diagrama da cisalhante das pernas elaborado no *Solidworks*.

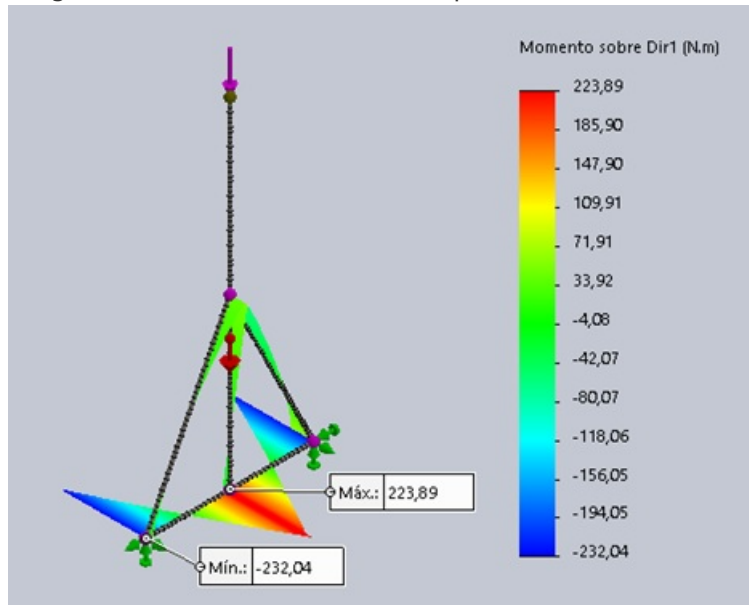


Figura 10:

Diagrama do momento fletor das pernas elaborado no *Solidworks*.

4.2.2. 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 a mesma. Conforme simulação mostrada na figura 11 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 2019, o resultado da tensão admissível será de aproximadamente 167Mpa e as pernas do pórtico com carga de 30 kN sofrerão tensão máxima de aproximadamente 26 MPa, que é inferior a tensão admissível.



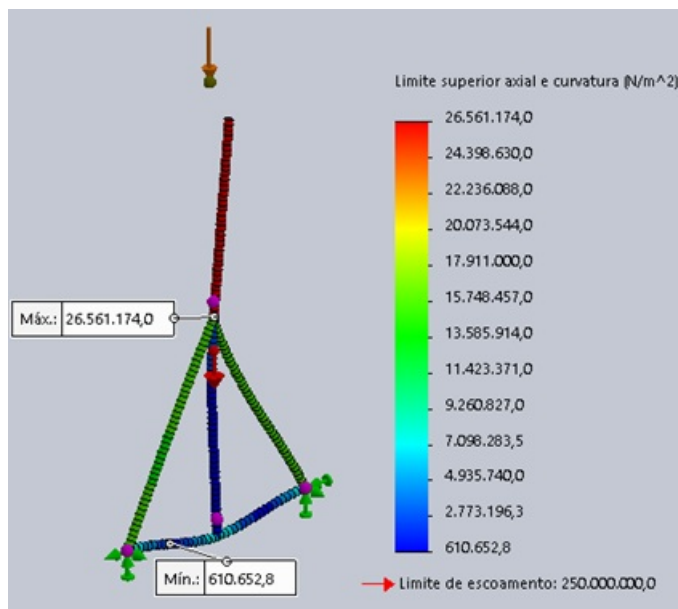


Figura 11: Diagrama

de tensões da carga no centro do pórtico fleto no Solidworks. 4.2.3. 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.

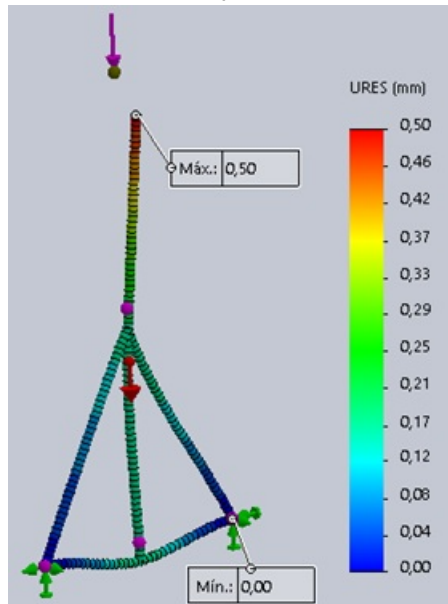


Figura 12: Diagrama de deformação

das pernas elaborado no *Solidworks*.

## 4.3. Reações de apoio

4.3.1. 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  $F_x$  a força na direção x onde a mesma não é expressante,  $F_y$  a força na direção y com carga de 7,4 N,  $F_z$  a força na direção z com 15,5 kN e  $F_{Res}$  é a força resultante da  $F_x$  e  $F_y$  com carga de 17,2 kN,  $M_x$  o momento na direção x com carga de 286 N.m,  $M_y$  momento na direção y não é expressante,  $M_z$  momento na direção z não é expressante,  $M_{res}$  é o momento resultante com carga de 286 N.m.

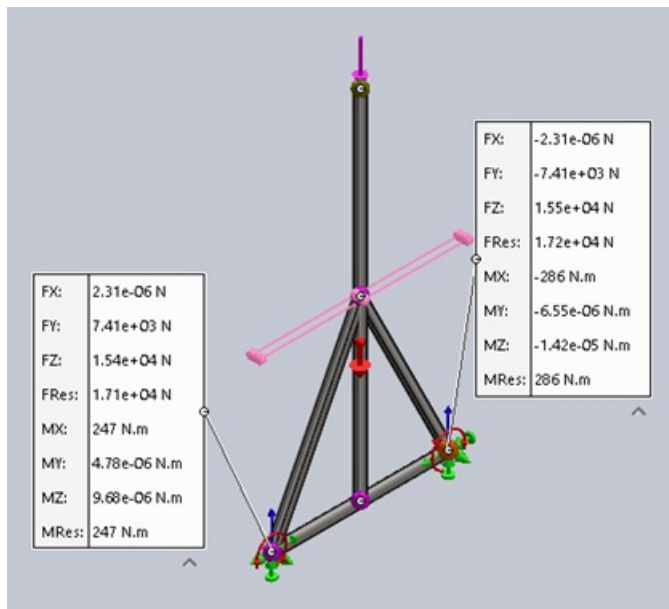


Figura 13: Diagrama

das reações de apoio, carga na extremidade, elaborado no Solidworks.

4.3.2. Reações de apoio quando carga aplicada no centro Pela utilização do programa *solidworks* para o cálculo das reações de apoio, é possível verificar que o mesmo suporta toda a carga, onde a mesma 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.  $M_x$  o momento na direção  $x$  com carga de 153 N.m,  $M_y$  momento na direção  $y$  com carga de 438 N.m,  $M_z$  momento na direção  $z$  com carga de 157 N.m,  $M_{res}$  é o momento resultante com carga de 489 N.m.

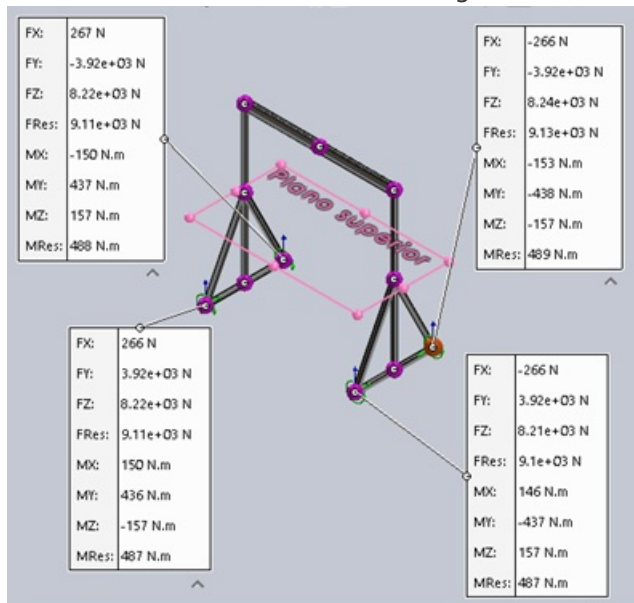


Figura 14: Diagrama das

reações de apoio, carga central, elaborado no *Solidworks*.

## 4.4. Resultados consolidados

Através das simulações acima, utilizando o programa Solidworks, foram obtidos os seguintes resultados consolidados nas tabelas abaixo e os resultados foram satisfatórios, atendendo aos limites de resistências dos materiais, atendendo ao projeto e toda estrutura dimensionada para o pórtico rolante de elevação de cargas. Tabela 06: resultados viga

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

Tabela 07: resultados das pernas

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

Tabela

08: reações de apoio, carga central.

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

Tabela 09:

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 <u>N.m</u>
Momento direção y	desprezível
Momento direção z	desprezível
Momento resultante	286 <u>N.m</u>

5.

**CONCLUSÕES** O presente estudo busca analisar um pórtico já dimensionado e verificar se o mesmo 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 a tensão admissível, sendo assim, a viga principal está apta para utilização. Com a carga de 30 kN aplicada sobre as pernas, as mesmas 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.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS NBR, 8400. Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Brasil: NBR. 2019. LORENZI, R. T. **Dimensionamento estrutural de um pórtico rolante para levantamento de cargas de até 10 toneladas. 2018.** Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica). Universidade do Vale do Taquari UNIVATES, Lajeado. 82p.C PASSOS, L. C. Apostila: Técnicas de instalação, operação, manutenção, testes e inspeção: pontes rolantes, guindastes giratórios e acessórios de movimentação de cargas. Make Engenharia, Acessoria e Desenvolvimento. 2011 GASPARETTO, M.; PEREIRA, W. Está em fase final de montagem o maior pórtico guindaste do mundo no Porto de Rio Grande. RBS TV. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/rbs-noticias/videos/v/esta>. Acesso em 05 março. 2020.

**PALAVRAS-CHAVE:** Elevação de cargas, movimentação de materiais, logística, qualidade, pórtico.

<sup>1</sup> UNIRENTOR, lucaslopesazeredo11@hotmail.com

<sup>2</sup> UNIRENTOR, daviazevedo1991@gmail.com

<sup>3</sup> UNIRENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br

<sup>4</sup> UNIRENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br

<sup>5</sup> UNIRENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo11@hotmail.com  
<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazevedo1991@gmail.com  
<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br  
<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br  
<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com