

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PHILADELPHO GOUVÊA NETTO

DANILO DE LIMA MARTINS

PÓRTICO ARTICULADO

CURSO DE TÉCNICO EM MECÂNICA

SÃO JOSE DO RIO PRETO
2ºSEMESTRE DE 2022

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PHILADELPHO GOUVÊA NETTO**

DANILO DE LIMA MARTINS

PÓRTICO ARTICULADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecânica da Etec Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo Prof. MARCIO MARQUES RIBEIRO, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em mecânica.

SÃO JOSE DO RIO PRETO
2ºSEMESTRE DE 2022

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos dar o privilégio de respirar a cada dia de nossas vidas, a todos que ajudaram para elaboração deste trabalho. A “ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETTO”, ao professor MAURICIO FERNANDES DEUS, ao orientador, Prof. MARCIO MARQUES RIBEIRO, pela atenção e pelas dicas, a empresa SIGNARTEC COMERCIAL LTDA localizada na cidade de São José do Rio Preto –SP, por ceder um espaço na sua empresa metalúrgica para execução das soldas e matérias, aos meus familiares, mãe, pai, esposa, irmã, filhos pelo apoio e por acreditar em mim.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

Paulo Freire

RESUMO

Pórticos articulados são equipamentos que podem ser utilizados para realizar a movimentação de cargas durante um elevado período de tempo. São estruturas que podem ser instaladas interna ou externamente em edificações, permitindo a movimentação da carga em várias direções os Pórticos articulados usados em diversas situações para substituir as, empilhadeira para fazer a movimentação de variados equipamentos que ficam posicionados no chão da empresa, o intuito deste equipamento foi feito para não fazer esforço físico e ocasionar lesões na coluna ou outros membros do corpo, pois a peça em si já faz todo o esforço de levantar o peso e da movimentação com capacidade nominal de 1 tonelada que será utilizado internamente na empresa SIGNARTEC COMERCIAL Ltda. Localizada na cidade de São José do Rio Preto -SP.

Palavras-Chave: Pórtico articulado; movimentação de cargas; dimensionamento.

ABSTRACT

Articulated gantries are equipment that can be used to carry out the movement of loads over a long period of time. Are structures that can be installed internally or externally in buildings, allowing the movement of the load in various directions the articulated gantries used in various situations to replace the forklift to make the movement of various equipment that are positioned on the floor of the company, the purpose of this equipment was made not to make physical effort and cause injuries to the spine or other members of the body, because the part itself already makes every effort to lift the weight and the movement with nominal capacity of 1 ton that will be used internally in the company SIGNARTEC COMERCIAL Ltda. Located in the city of São José do Rio Preto -SP.

Keywords: Hinged gantry crane; load movement; dimensioning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01– DESENHO DO PROJETO DA TALHA OFICIAL	16
Figura 02 – DESENHO DO PROJETO DA DISCO DISTANCIADOR.....	17
Figura 03 – DESENHO DO PROJETO DA BUCHA BRAÇO SUPERIOR.....	17
Figura 04 – DESENHO DO PROJETO DA PIVÔ DE MOVIMENTO.....	18
Figura 05 – DESENHO DO PROJETO DA BASE DA TALHA.....	18
FIGURA 06 – IMAGEM COLUNA DE SUSTENTAÇÃO FIXADA NO CHÃO.....	19
Figura 07 – IMAGEM BRAÇO GIRATÓRIO	19
Figura 08 – IMAGEM PEÇAS ADJACENTES	20
Figura 10 – IMAGEM APOIO DO TIRANTE AÇO 1020 -1 PEÇA	20
Figura 11 – IMAGEM BUCHA INFERIOR DE BRONZE GRAFITADO -1 PEÇA ...	20
Figura 12 – IMAGEM BUCHA SUPERIOR DE BRONZE GRAFITADA -1 PEÇA .	21
Figura 13 – IMAGEM DISCO DE TECNIL 4 PEÇAS.....	21
Figura 14 – IMAGEM EIXO DE AÇO 1045	22
Figura 15 – IMAGEM TALHA ELÉTRICA.....	23
Figura 16 – IMAGEM PÓRTICO ARTICULADO COMPLETA DEPOIS DE MONTADA.	23

LISTA DE TABELA

12.Tabela 1.0 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas23

17.TABELA 2.0 DE VALOR DA MONTAGEM26

LISTA DE GRÁFICOS

5.O GRÁFICO 1.0 DE GANTT DO PROJETO É APRESENTADO	14
9.GRÁFICO 2.0 COM O PROCESSO DE MONTAGEM	16

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2.JUSTIFICATIVA.....	11
3.OBJETIVO.....	11
4. DESENVOLVIMENTO.....	12
5. CRONOGRAMA.....	12
7.MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
8.ANALISE DE ESTRUTURA.....	15
12.GUINCHO/TALHA ELÉTRICA	22
13.PARA ESTE EXEMPLO, OS DADOS DO PÓRTICO GIRATÓRIO SÃO DISPONIBILIZADOS	23
14.DEFINIÇÃO DE PÓRTICO.....	25
15. CLASSIFICAÇÃO DA ESTRUTURA DOS EQUIPAMENTOS	25
16. INVESTIMENTO.....	26
18.CONCLUSÃO.....	27
19.RESULTADO FINAL.....	27
20. SOMA DO PÓRTICO.....	28
21. REFERÊNCIA.....	31

1. INTRODUÇÃO

CENÁRIO INDUSTRIAL.

A industrial, as empresas tiveram que atualizar seus processos produtivos para continuarem competitivas, uma destas atualizações é a adaptação de seus equipamentos para facilitar a movimentação de materiais e produtos. Podendo contar com um equipamento com o pórtico articulado, que possa diminuir os erros e ajudar na locomoção dos motores, na gestão de ativos e no ciclo de vida dos produtos e nos cuidados com funcionários em cuidados com sua saúde, além de trabalhar a integração dos mesmos para melhoria dos processos de trabalho que promove a movimentação da melhor forma possível.

De acordo com Tamasauskas (2000), a definição do equipamento requer um estudo aprofundado, pois um equipamento não deve tornar-se obsoleto a curto prazo e nem ter um projeto acima da expectativa de uso, para não gerar maior custo quando subutilizado. Sempre há a necessidade de prever a operação do sistema para definir a percentagem usual de carga de operação em relação a máxima carga e também a frequência com que esse equipamento será utilizado.

Para Rudenko (1976), a elevada gama de sistemas de elevação é resultado da grande variedade e espécies de carga. Podendo ser empregadas para mover cargas nos mais diversos meios. Sendo o movimento de trabalho desses sistemas levantar e abaixar as cargas, em alguns sistemas podem também deslocar horizontalmente, girar ou mover-se em vários ângulos, sejam eles na direção vertical ou horizontal.

Como podemos definir equipamento como sendo qualquer instrumento mecânico que auxilie o homem na execução de trabalhos pesados ou não. Equipamentos de movimentação de cargas são todos aqueles que de alguma forma facilitam o trabalho humano de carregamento e movimentação de volumes, otimizando as operações e minimizando os custos logística (CARNEIRO, 2012).

A com o crescimento da indústria nacional está cada vez mais exigente com a tecnologia e a segurança empregada a estes sistemas de elevação, assim foi criada uma norma específica, sendo a NBR8400 (ABNT, 1984) –Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. A referida norma é utilizada para o cálculo e dimensionamento dos equipamentos de transporte e dos demais mecanismos do sistema de elevação de cargas.

2.JUSTIFICATIVA

Como primeira justificativa, tem-se a exigência de apresentação de um trabalho de conclusão de curso (TCC), para a obtenção do título de técnico em mecânica pela Escola Técnica Estadual Philadelpho G. Netto de São José do Rio Preto – SP. Em seguida existe a necessidade de integração das diversas disciplinas e conceitos aprendidos durante o referido curso.

O projeto justifica-se também, pela busca de aumento de produtividade, garantia da qualidade na empresa SIGNARTEC COMERCIAL LTDA de São José do Rio Preto – SP. Na busca por manter ou mesmo superar sua posição no mercado consumidor, a empresa está ciente da necessidade de implantação de sistemas padronizados e contínuos para sua gestão, buscando a garantia da qualidade de seus produtos e da produtividade de seus processos produtivos. O controle estatístico de processos (CEP) vem como uma ferramenta para atingir estas metas.

3.OBJETIVO

O objetivo deste projeto, é estruturar um plano para a implantação de um sistema controle estatístico de processos (CEP), para o gerenciamento do processo produtivo do produto pórtico articulado com o intuito de diminuir o esforço físico, não precisando utilizar, mas a empilhadeira por ter também pouco espaço dentro da empresa SIGNARTEC COMERCIAL LTDA.

4. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento obedecerá aos princípios da administração de projetos, que considera um projeto como um conjunto de ações executadas, de forma ordenada, por uma organização transitória, a qual são alocados insumos, sob forma de recursos humanos, financeiros, materiais e de serviço, para em um dado prazo, alcançar um objetivo determinado.

A bibliografia define projeto como sendo um processo único, consistente e controlado de atividades, com data de início e término, conduzidas para atingir um objetivo com requisitos especificados, incluindo restrições de tempo, custo e recursos. Logo, este projeto se desenvolverá em nove etapas. São elas:

- 1) Etapa I – Estabelecimento do orientador;
- 2) Etapa II – Pesquisa bibliográfica;
- 3) Etapa III – Análise das instalações físicas da empresa;
- 4) Etapa IV – Estudo do fluxo de operações do processo produtivo;
- 5) Etapa V – Estruturação e delimitação das necessidades do projeto;
- 6) Etapa VI – Elaboração do orçamento das necessidades do projeto;
- 7) Etapa VII – Análise dos resultados;
- 8) Etapa VIII – Redação do TCC;
- 9) Etapa IX – Apresentação do TCC;

5. CRONOGRAMA

O cronograma de trabalho obedece ao desenvolvimento das atividades em uma sequência lógica e estruturada, conforme descrito na tabela abaixo:

ETAPA	INÍCIO	TÉRMINO
Etapa I – Estabelecimento do orientador	01/08/22	08/08/22
Etapa II – Pesquisa bibliográfica	08/08/22	15/08/22

Etapa III – Análise das instalações físicas da empresa	16/08/22	31/08/22
Etapa IV – Estudo do fluxo de operações do processo produtivo	01/09/22	15/09/22
Etapa V – Estruturação e delimitação das necessidades do projeto	16/09/22	30/09/22
Etapa VI – Elaboração do orçamento das necessidades do projeto	01/10/22	15/10/22
Etapa VII – Análise dos resultados	16/10/22	20/10/22
Etapa VIII – Redação do TCC	21/10/22	31/10/22
Etapa IX – Apresentação do TCC	01/11/22	22/11/22

ETAPA	RESP.	INSUMOS	DIÁRIAS
Etapa I – Estabelecimento do orientador			
Etapa II – Pesquisa bibliográfica	Danilo	- Microcomputador; - Material e escritório;	
Etapa III – Análise das instalações físicas da empresa		Microcomputador; -	04
Etapa IV – Estudo do fluxo de operações do processo produtivo		Material de - escritório;	02
Etapa V – Estruturação e delimitação das necessidades do projeto	Danilo	- Microcomputador;	
Etapa VI – Elaboração do orçamento das necessidades do projeto		- Microcomputador;	
	Danilo		

Etapa VII – Análise dos resultados

Etapa VIII– Redação do TCC	- Microcomputador; - Material de escritório;
Etapa IX – Apresentação do TCC	- - Microcomputador; Aparelho multimídia; - Sala para apresentação
TOTAL 6	

6.0 GRÁFICO 1 DE GANTT DO PROJETO É APRESENTADO A SEGUIR:

MÊS ETAPA	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO
Etapa I				
Etapa II				
Etapa III				
Etapa IV				
Etapa V				
Etapa VI				
Etapa VII				
Etapa VIII				
Etapa IX				

7.MATERIAIS E MÉTODOS

Estrutura mecânica: A estrutura mecânica, cujos desenhos estão ilustrados nos anexos durante, foi desenvolvida com base em um artigo de venda ou que já está montado na empresa SIGNARTEC COMERCIAL, utilizando de pequenas adaptações

de acordo com as particularidades na hora de montado para super nossa necessidade.

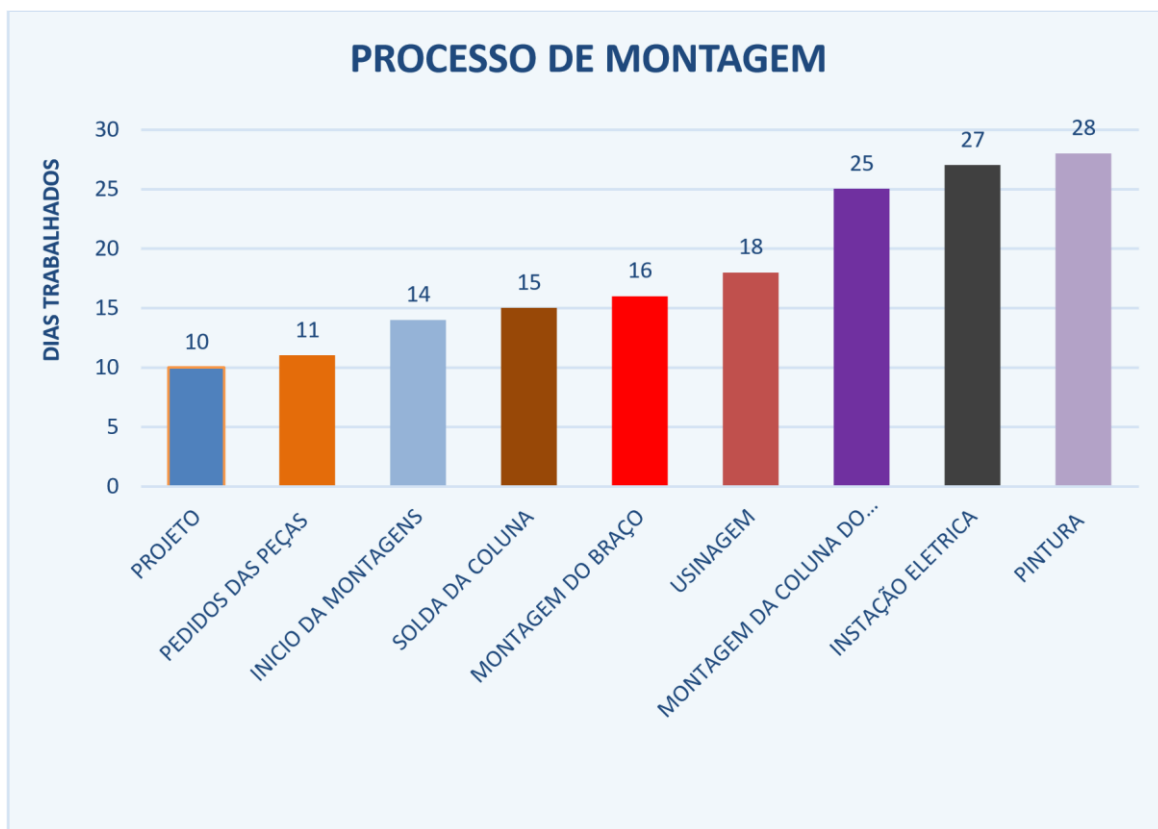
As peças que formam a estrutura do braço, incluindo o eixo, foram projetadas de forma que fosse utilizado muito material para não tornar o sistema que aguentassem o peso dos equipamentos e peças pesadas, Devido à complexidade no desenvolvimento do pórtico, estas peças foram compradas e acopladas junto ao braço e fabricadas.

8.ANALISE DE ESTRUTURA.

Serem consideradas em uma análise estrutural utilizando o método dos elementos finitos em um Pórtico giratório, considerando os requisitos da norma NBR8400.

O Braço Giratório equipamento muito útil para a movimentação de carga em um determinado raio de atuação, em áreas comerciais e industriais. Ele tem a função tanto de carga como descarga, bem como pode atuar juntamente a máquinas operatrizes abastecendo-as com matéria prima para processos industriais. Este tipo de Braço Giratório pode utilizar tanto a talha elétrica com botoeira de controle. Seu giro pode atingir até 360° dependendo do modelo.

9. GRÁFICO 2 COM O PROCESSO DE MONTAGEM



10. DESENHOS DAS PEÇAS DO PROJETO.

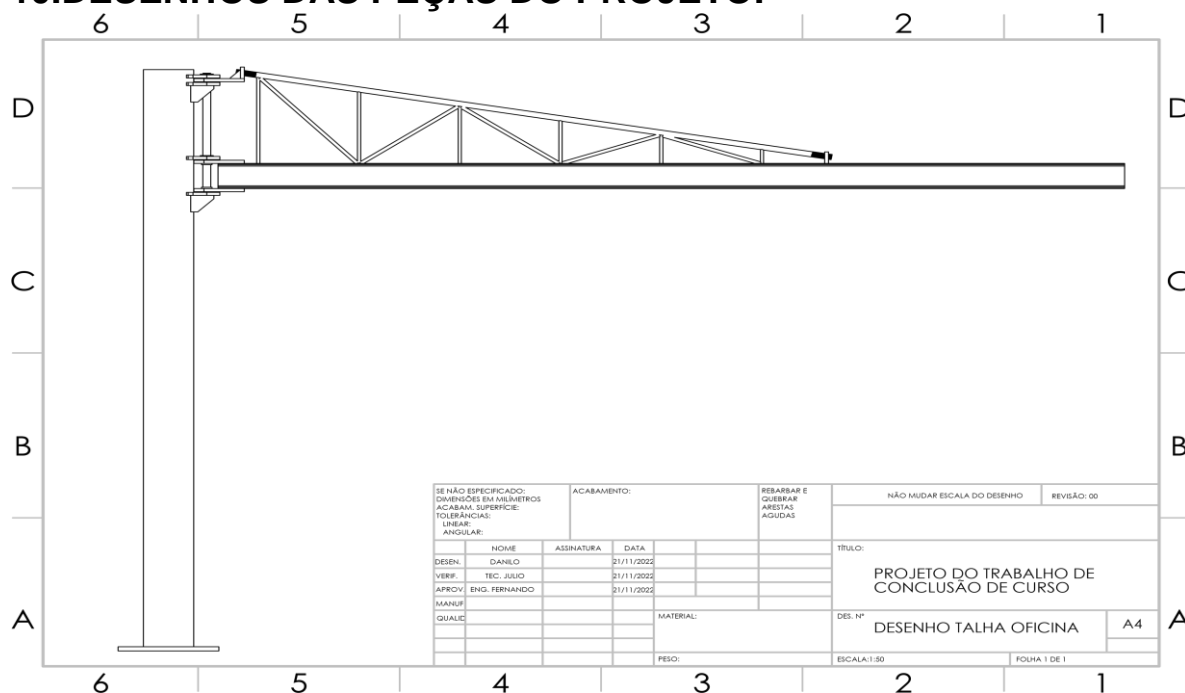


IMAGEM 1 DESENHO

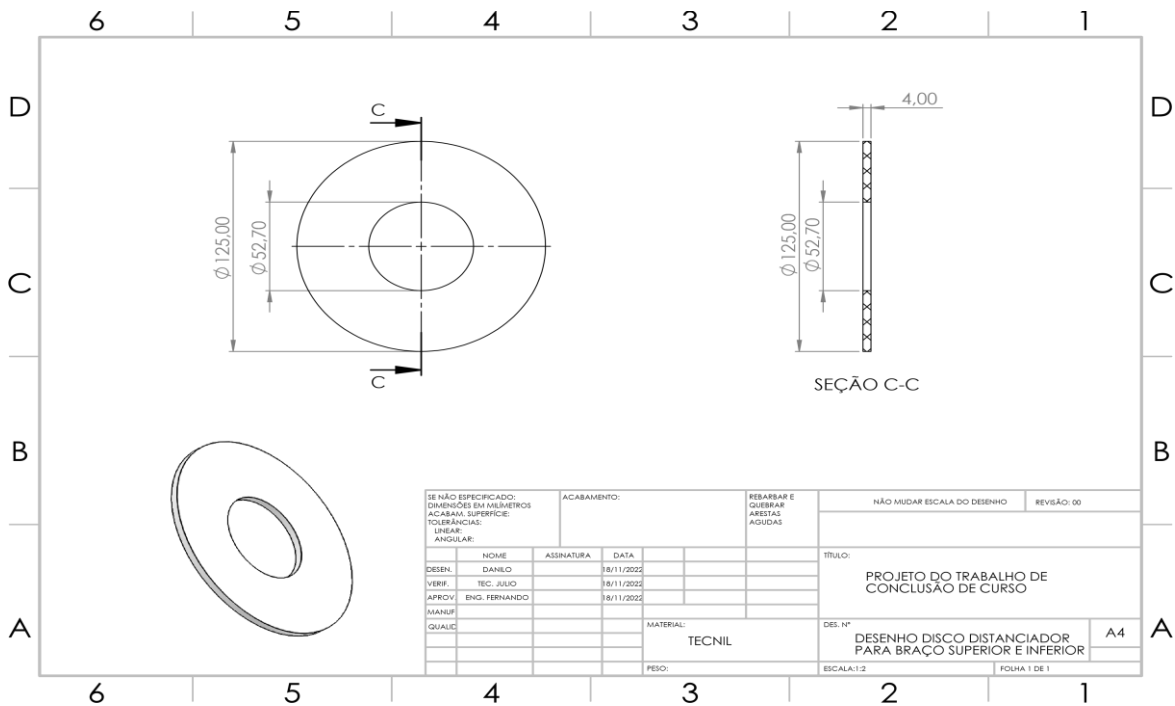


IMAGEM 2 DESENHO

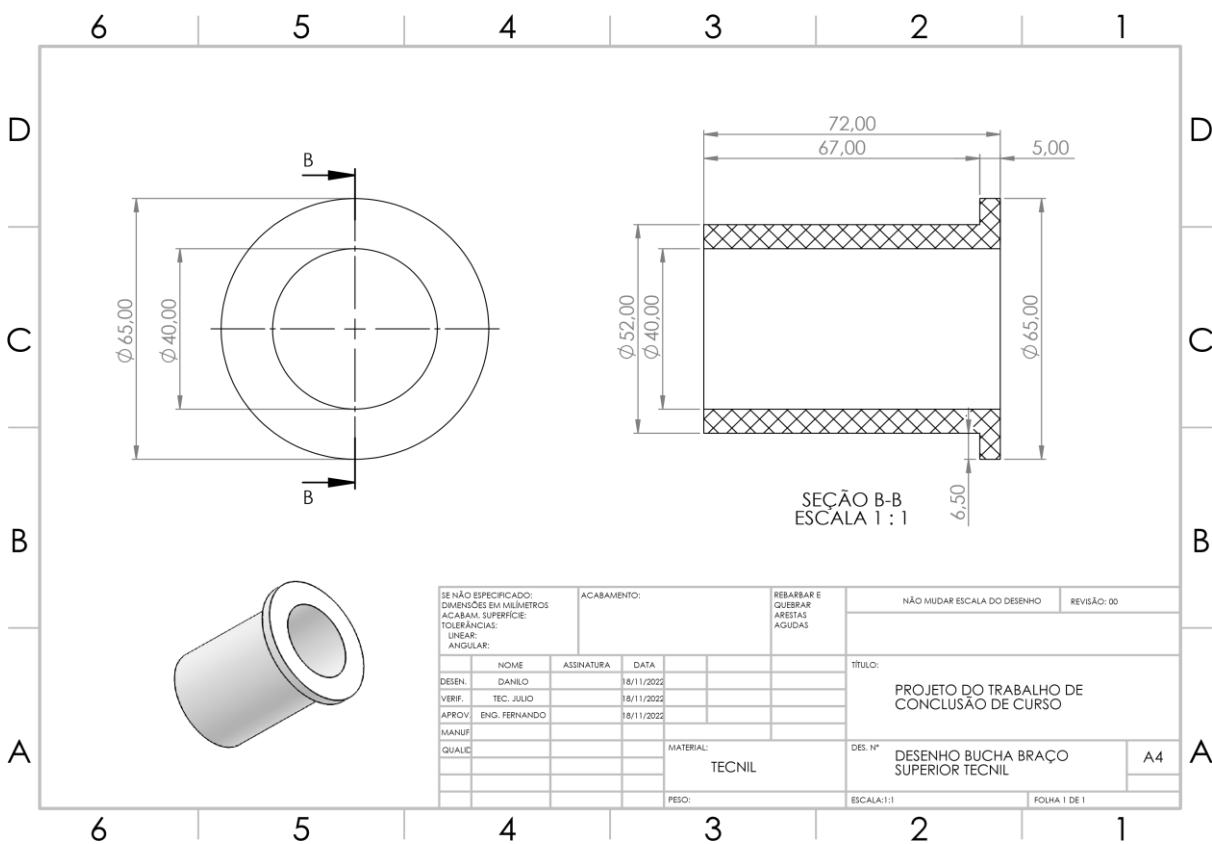


IMAGEM 3 DESENHO

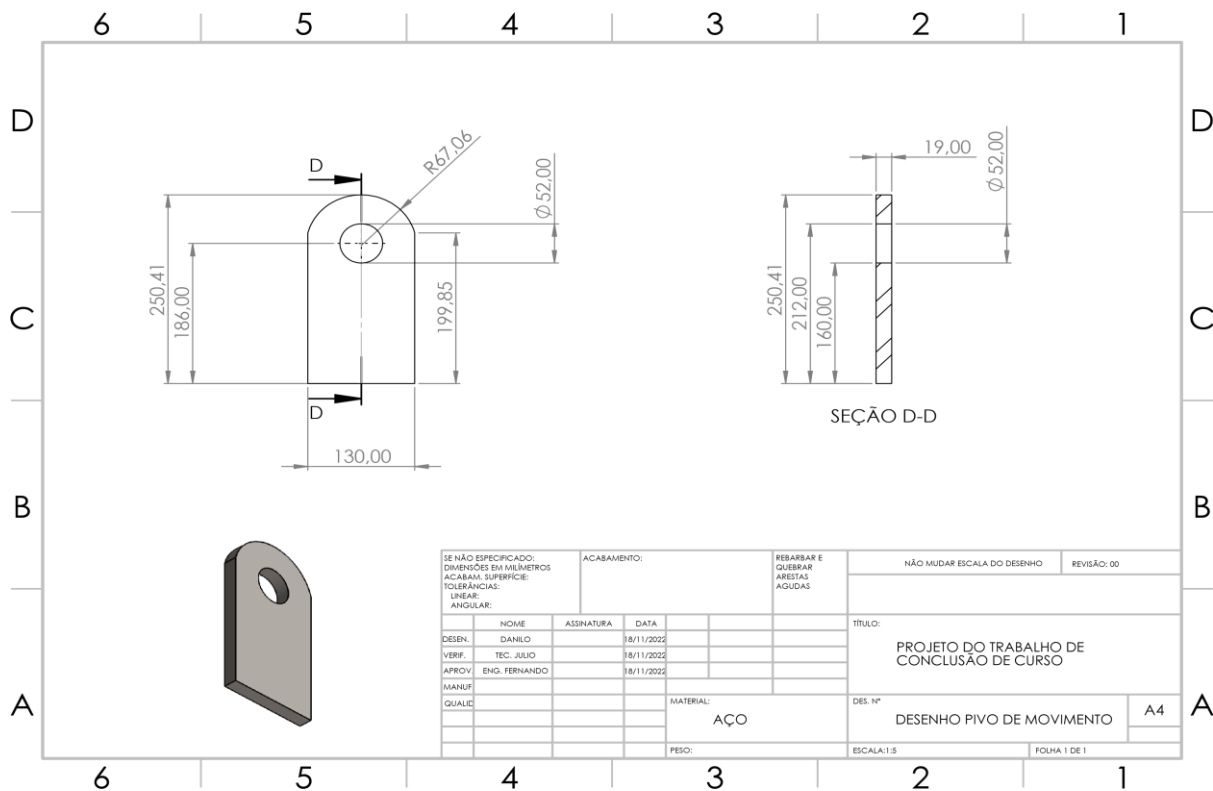


IMAGEM 4 DESENHO

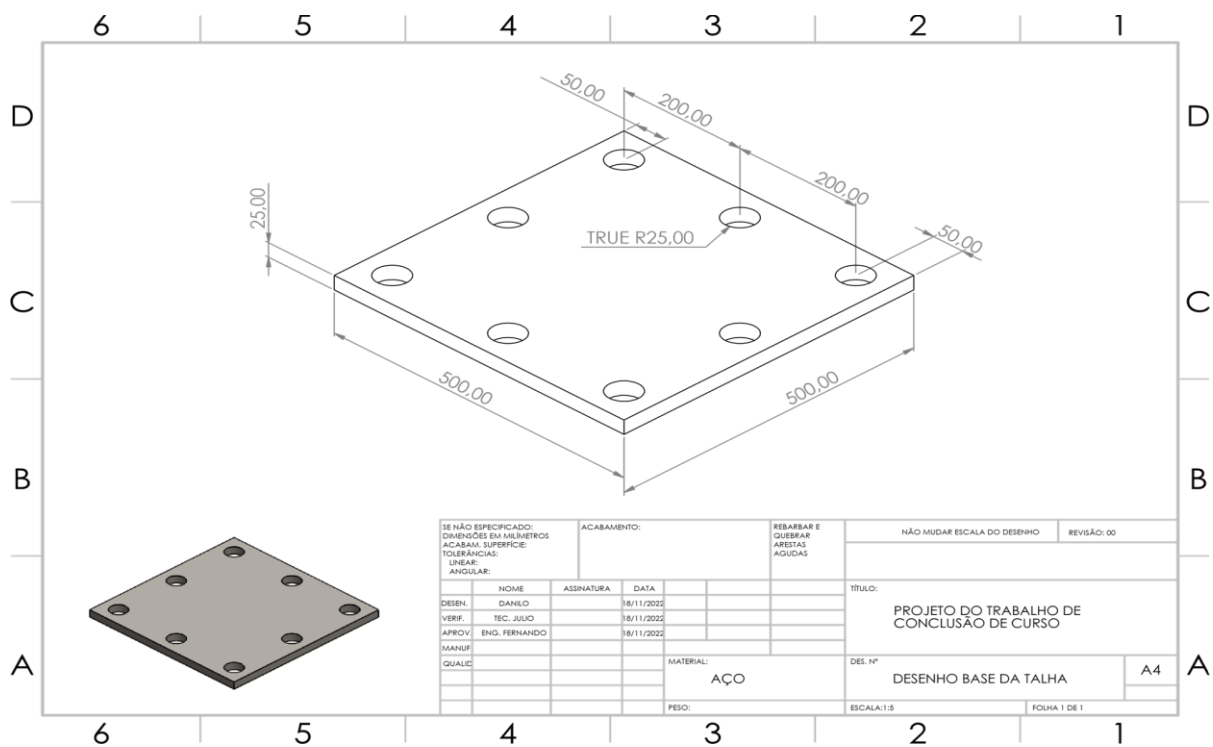


IMAGEM 5 DESENHO

11.IMAGENS ABAIXO DAS PEÇAS DO PÓRTICO MONTADAS NA EMPRESA SIGNARTEC COMERCIAL.



COLUNA DE SUSTENTAÇÃO FIXADA NO CHÃO.

IMAGEM 6



BRAÇO GIRATORIO

IMAGEM 7



PEÇAS ADJACENTES

IMAGEM 8



APOIO DO TIRANTE AÇO 1020 -1 PEÇA

IMAGEM 9



BUCHA INFERIOR DE BRONZE GRAFITADO -1

PEÇA

IMAGEM 10



BUCHA SUPERIOR DE BRONZE GRAFITADA -1

PEÇA

IMAGEM 11



DISCO DE TECNIL 4 PEÇAS

IMAGEM 12



EIXO DE AÇO 1045

IMAGEM 13

12. Guincho/Talha Elétrica PA1000 - 500-1000kg - 220v/60hz

Descrição:

- Guincho de coluna elétrico;
- Uso profissional;
- Utilizado nos mais diversos usos, tanto na indústria, construção civil e empresas de logística;
- Ideal para transporte aéreo de cargas em locais aonde o espaço horizontal é limitado ou para transporte vertical em pequenas edificações, andaimes e torres, equipamento para aplicação intermitente não indicado para uso em elevadores qual seu trabalho seja contínuo devido seu sistema de segurança.

Informações Técnicas:

- Tensão: 220 V;
- Classe de Isolamento: até IP54;
- Frequência: 60 Hz;
- Regime de Serviço: S3 20% 10 min;
- Potência do Moto: 1920 W;
- Grau de proteção do motor: IP40;
- Tamanho do cabo de força: 59cm
- Distância do furo centro a centro: 11cm

Altura máxima de elevação e carga máxima:

- 12 metros cabo simples eleva até 500kg;
- 6 metros cabo dobrado eleva até 1000kg;
- Diâmetro do Cabo de Aço: 6 mm;
- Comprimento do Cabo de Aço: 12 metros.

Velocidade de elevação:

- 10 metros por minuto sem Polia de Inversão;
- 5 metros por minuto com Polia de Inversão.,



TALHA ELÉTRICA

IMAGEM 14



IMAGEM 15 (PÓRTICO ARTICULADO COMPLETA DEPOIS DE MONTADA.)

13. Para este exemplo, os dados do pórtico giratório são disponibilizados abaixo:

Informações Técnicas e Características

Altura Total: 4000 mm

Altura da Lança: 5000mm

Comprimento Total: 5000mm

Comprimento da Lança: 4000mm

Base: 500 x 500 mm

Capacidade Carga: 1000kg

Troller: Elétrico

Talha: Opcional Manual ou Elétrica

Ângulo de Giro: 180°

Peso Total: 50kg

Acabamento: Pintura Eletrostática

12. Tabela 1 .0 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (movi servi)

NBR 697	Conjunto de Manobras e Invólucro Metálico para Tensões de 1kV a 36,2 kV a 36,2 kV
---------	---

NBR 5410	Instalações Elétricas de Baixa Tensão
NBR 6327	Cabos de Aço para uso Geral
NBR 7497	Vibrações Mecânicas e Choques
NBR 8400	Cálculo de Equipamento para Levantamento e Movimentação de Cargas
NBR 8401	Rodas Metálicas Biflageladas para Equipamentos de Levantamento e Movimentação de Cargas – Dimensões, Materiais e Características Gerais
NBR 9967	Talhas com Acionamento Motorizado
NBR 9974	Talhas de Cabo com Acionamento Motorizado
NBR 9986	Talhas em Geral
NBR 10070	Ganchos Haste Forjados para Equipamentos de Levantamento e Movimentação de Cargas – Dimensões e Propriedades Mecânicas
NBR 10082	Vibração Mecânica de Máquinas – Bases para Especificação e Padrões de Avaliação
NBR 10146	Critérios de Utilização de Talhas de Cabo com Acionamento Motorizado
NBR 10903	Trava de Segurança de Porca para Gancho Haste Forjado – Dimensões Materiais
NBR 10904	Porca para Gancho Haste Forjada – Dimensões e Materiais
NBR 11321	Sistema de Lubrificação Centralizada de Linha Simples

NBR 11326	Conjunto de Gancho Haste Forjado – Dimensões
NBR 11375	Tambor para Cabo de Aço
NBR 11390	Máquinas Elétricas Girantes – Medição, Avaliação e Limites de Severidade de Vibração Mecânica
NBR 13766	Redutores de Velocidade
NBR 14039	Instalações Elétricas de Média Tensão
NBR ISO 3108	Cabos de Aço para Uso Geral – Determinação da Carga de Ruptura Real
NBR ISO 3178	Cabos de Aço para Uso Geral – Termos de Aceitação

14.DEFINIÇÃO DE PÓRTICO

São equipamentos de transporte descontínuo que, segundo Passos (2017) cita que devido ao Pórtico ser apoiado fixados no solo, os mesmos podem virar obstáculos à movimentação de peça solo. O autor considera o fato como uma desvantagem da utilização de Pórtico deve ser levado em consideração no momento da escolha do equipamento a ser utilizado para que fiz vai ser utilizado dentro da empresa.

Para Silva (2016), os equipamentos foram desenvolvidos para buscar aumento na produtividade da movimentação de materiais.

Para pinheiro (2015) desenvolve um método completo que possibilita o projeto de uma linha de sistemas de elevação padronizadas, as chamadas Pontes Rolantes. Seu trabalho aborda o dimensionamento dos componentes principais, como polias, cabos de aço, motores e outros, fazendo a análise da estabilidade e das tensões da estrutura

15. CLASSIFICAÇÃO DA ESTRUTURA DOS EQUIPAMENTOS

As estruturas dos equipamentos serão classificadas em diversos grupos, conforme o serviço que irão executar, a fim de serem determinadas as solicitações que deverão ser levadas em consideração no projeto. Para determinação do grupo a que pertence a estrutura de um equipamento são levados em conta dois fatores: a classe de utilização e o estado de carga.

16. INVESTIMENTO

O investimento para a implantação deste projeto é R\$ 4.550,00 (Quatro mil quinhentos e cinquenta reais). Este valor engloba horas de trabalho dos profissionais envolvidos na implantação, os materiais necessários, bem como as despesas com alimentação, transporte e hospedagem (diárias) de toda a equipe envolvida, conforme tabela a seguir.

17.TABELA 2 DE VALOR DA MONTAGEM.

Produto	FORNECEDOR	UNIDADE	VALOR UN
COLUNA TUBO DE 12" # 5/8	FERRO VELHO SÃO PAULO	1	R\$ 1.000,00
BRAÇO VIGA I 6"	FERRO VELHO SÃO PAULO	1	R\$ 550,00
BASE DE CHAPA DE REFORÇO	FERRO CORTE	8	R\$ 400,00
PEÇAS ADJACENTES USINAGEM	SIGNARTEC	8	R\$ 500,00
TALHA ELÉTRICA	MTM	1	R\$ 1.000,00
TINTA AMARELO (SEGURANÇA)	BARATO TINTAS	1	R\$ 110,00
MÃO DE OBRA	SIGNARTEC	1/3	R\$ 990,00
		TOTAL	R\$ 4.550,00

18.CONCLUSÃO

Este projeto teve por objetivo o dimensionamento estrutural de um equipamento de transporte e elevação de cargas, mais especificamente um Pórtico articulado, e também diminuindo o esforço físico, não precisando utilizar, mas a empilhadeira por ter também pouco espaço.

Neste trabalho tivemos a chance de dimensionar um pórtico articulado para transporte de cargas de até 1 tonelada e concluímos que o pórtico foi corretamente dimensionado, através da análise dos resultados obtidos com os cálculos e também com a análise dos esforços nas estruturas e simulações feitas via software. Cumprimos com o objetivo do trabalho que era dimensionar corretamente esse pórtico respeitando os critérios da norma vigente, 8400, e atendendo suas especificações.

Dessa forma garantimos que a utilização desse pórtico atinge os padrões estruturais estabelecidos por essa mesma norma para carregamento de cargas de até 1 tonelada.

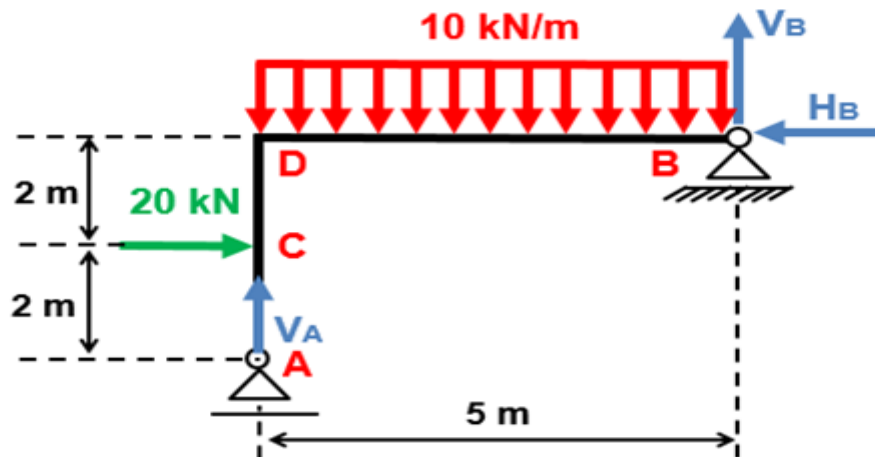
O desenvolvimento do trabalho foi de grande importância para podermos nos aprofundar nos estudos e cálculos necessários para dimensionamento de estruturas, tais como vigas e colunas, além de permitir dimensionar diversos componentes como, por exemplo, as buchas, discos e eixo. A simulação dos esforços nas estruturas foi de grande valia, uma vez que através desses estudos conseguimos verificar os pontos de cada estrutura que sofriam mais esforços e que, no caso de não atender nossas especificações, deveriam ser redimensionados.

19.RESULTADO FINAL

Com este projeto tem-se o planejamento da implantação de um sistema de gerenciamento do processo produtivo do produto PÓRTICO ARTICULADO da empresa SIGNARTEC COMERCIAL Ltda. baseado na teoria de controle estatístico de processos (CEP), com a utilização de técnicas estatísticas para distinguir causas de

variação e a medida da capacidade do processo em cumprir as exigências de especificação, através dos índices conhecidos como C_p e C_{pk} .

20.SOMA DO PÓRTICO:



Para determinar as reações dos apoios, vamos adotar que horizontal para a direita e vertical para cima são positivos. Se nossas reações derem negativas, inverteremos os sentidos das mesmas. Para aplicar a somatória dos momentos, vamos adotar o sentido horário negativo. Logo, nosso sistema de referência ficou assim:

Vou aplicar a somatória de momento no apoio que tem mais reações, sendo assim, aplicaremos a somatória no apoio B! Logo, encontraremos o valor de V_A .

$$\Sigma M_B = 0: \quad -V_A \cdot 5 - 20 \cdot 2 - 10 \cdot 5 \cdot 2,5 = 0 \quad \rightarrow V_A = 33 \text{ kN}$$

$$\Sigma V = 0: \quad +33 - 10 \cdot 5 + V_B = 0 \quad \rightarrow V_B = 17 \text{ kN}$$

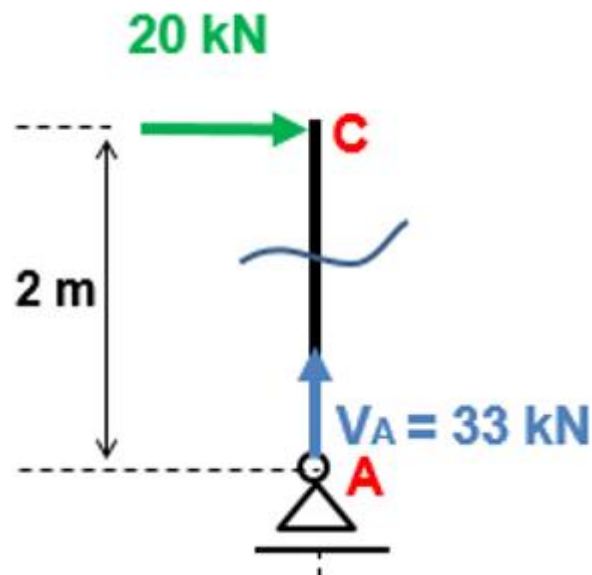
$$\Sigma H = 0 \rightarrow +20 - H_B = 0 \quad \rightarrow H_B = 20 \text{ kN}$$

Como todas as reações deram positivas, significa que adotamos o sentido correto. Portanto, o nosso pórtico tem essa cara:

Análise dos trechos

Com as reações dos apoios determinadas, vamos analisar trecho a trecho para fazer o diagrama de esforços internos solicitantes. Iniciaremos a análise pelo trecho AC .

A sacada é olhar o que a força faz com o corte.

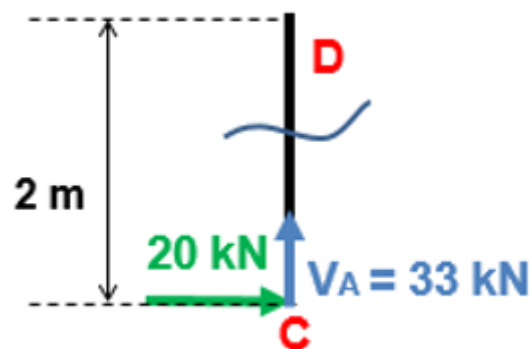


$$N_{AC} = -33 \text{ kN (Comprime o corte)}$$

V_A e movê-la até o corte, verá que ela comprimirá. E se ela comprime o corte, significa que qualquer corte que fizermos nesse trecho, será comprimido por essa força.

Logo, temos uma força de compressão ao longo do trecho AC. E se ela comprime, seu sinal é negativo!

Ao analisar o trecho CD.

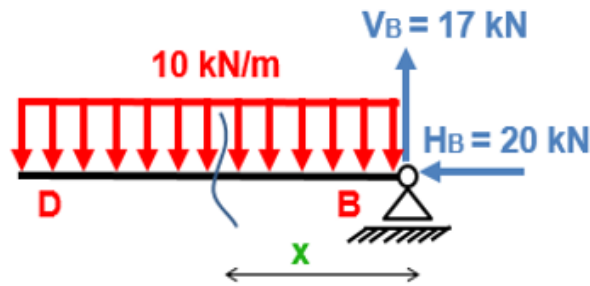


$$N_{CD} = -33 \text{ kN (Comprime o corte)}$$

$$V_{CD} = -20 \text{ kN (gira no sentido anti-horário)}$$

$$M_{CD} = 20 \times 2 = 40 \text{ kN.m (Tractionando do lado esquerdo da barra)}$$

V_A e a força de 20 kN. Isso, porque devemos trazer todas as forças do trecho AC para o ponto C. V_A comprime o corte, Logo todo o trecho CD será comprimido por V_A . A força de 20 kN tende a girar a barra no sentido anti-horário. Portanto ela será uma cortante negativa.



Note que a única força normal que temos nesse trecho é a força **HB**. E ela comprime o trecho **BD**.

$$N_{BD} = -20 \text{ kN (Comprime o corte)}$$

Já a força **VB** tende a girar a barra no sentido anti horário, portanto ela é negativa. Contudo, nós temos o carregamento de **10 kN/m** que tende a girar a viga no sentido horário, portanto ele será positivo. Lembrando que ele varia em função de X, logo temos:

$$V_{BD} = -17 + 10x$$

$$\text{Em } x = 0 \text{ (Ponto B): } V_{BD} = -17 + 10 \cdot 0 \rightarrow V_{BD} = -17 \text{ kN}$$

$$\text{Em } x = 5 \text{ (Ponto D): } V_{BD} = -17 + 10 \cdot 5 \rightarrow V_{BD} = +33 \text{ kN}$$

Como a cortante passou pelo zero, o x_{\max} .

$$\text{Para } V = 0: 0 = -17 + 10x \rightarrow x_{\max} = 1,70 \text{ m}$$

As forças que produzem momento em relação ao corte e conseqüentemente em relação ao ponto D, são: **$V_B = 17 \text{ kN}$** e o **10 kN/m** em uma distância de B até o corte, x, portanto temos:

$$M_{BD} = +17x - 10x \cdot (x/2) \rightarrow M_{BD} = +17x - 5x^2$$

$$\text{Em } x = 0 \rightarrow M_{BD} = +17 \cdot 0 - 5 \cdot 0^2 \rightarrow M_{BD} = 0$$

$$\text{Em } x = 1,70 \text{ m (Mmax)} \rightarrow M_{BD} = +17 \cdot 1,7 - 5 \cdot 1,7^2 \rightarrow M_{BD} = +14,45 \text{ kN.m (Tração em baixo)}$$

$$\text{Em } x = 5 \text{ m} \rightarrow M_{BD} = +17 \cdot 5 - 5 \cdot 5^2 \rightarrow M_{BD} = -40 \text{ kN.m (Tração em cima)}$$

21.REFERÊNCIA

SILVA, Danilo de lima. "Revolução Industrial"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/revolucao-industrial.htm>. Acesso em 06 de novembro de 2022.

Danilo de lima <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/490dabd5-c41f-45b4-940d-26f3d3213a16/content> dia 06 de novembro de 2022. Danilo de lima <https://www.mtmcorte.com.br/talhas-eletricas/guinchotalha-eletrica> dia 07 de novembro de 2022.

Danilo de lima <https://enssus.com.br/analise-estrutural-portico-nbr8400/> dia 07 de novembro de 2022.

Danilo de lima <https://enssus.com.br/analise-estrutural-portico-nbr8400/> dia 09 de novembro de 2022.

<https://quirinoengenharia.com.br/portico-exercicio-1/> dia 28 de novembro de 2022.