



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

**GUILHERME ISHIZAKI**

**Estudo de caso de acidente e projetos de  
segurança em prensa industrial**

Guaratinguetá

2017

**Guilherme Ishizaki**

**Estudo de caso de acidente e projetos de  
segurança em prensa industrial**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof.º Dr. Fernando de Azevedo  
Silva

Guaratinguetá  
2017

I79e Ishizaki, Guilherme  
Estudo de caso de acidente e projetos de segurança em prensa industrial / Guilherme Ishizaki – Guaratinguetá, 2017.  
43 f : il.  
Bibliografia: f. 42

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.  
Orientador: Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva

1. Prensas hidráulicas. 2. Segurança do trabalho. 3. Máquinas elétricas. I. Título

CDU 621.226




Luciana Máximo

Bibliotecária/CRB-8 3595

GUILHERME ISHIZAKI

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA "

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

  
Profº Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS  
Coordenador

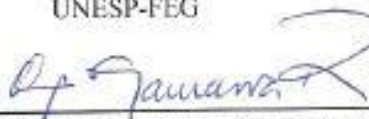
BANCA EXAMINADORA:



Profº Dr. Fernando de Azevedo Silva  
Orientador/UNESP-FEG



Profº Dr. Erick Siqueira-Guidi  
UNESP-FEG



Profº Dr. Victor Orlando Gamarra Rosado  
UNESP-FEG

## **DADOS CURRICULARES**

### **GUILHERME ISHIZAKI**

<b>NASCIMENTO</b>	15/10/1991 - São Paulo / SP
<b>FILIAÇÃO</b>	Paulo Tadashi Ishizaki Vera Lúcia Pereira Ishizaki
<b>2012 / 2017</b>	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus de Guaratinguetá
<b>10/01 - 26/02/2016</b>	Estágio Supervisionado Foseco indl. e coml. - São Paulo/SP
<b>01/02 - 01/03/2007</b>	Estágio Supervisionado Foseco indl. e coml. - São Paulo/SP

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a minha família, Vera Lúcia Pereira Ishizaki, Paulo Tadashi Ishizaki e Thales Ishizaki, que sempre me apoiaram e estiveram comigo em todo o caminho percorrido até este momento, nos momentos de incerteza e desconfiança, nos momentos de alegria e vitórias, e, principalmente, pela excelente educação que me deram. Espero que um dia eu consiga passar para meus filhos o que vocês me ensinaram e ser um pai tão bom quanto vocês.

À minha namorada, Fernanda, na qual conheci da maneira mais inesperada, porém mais especial possível, que me ajudou a passar pelo período mais difícil na minha trajetória dentro da faculdade, quem trouxe um novo sentido a minha vida.

À República Palace II e todos os seus moradores e ex-moradores, meus irmãos e minha segunda família, responsáveis por tornar a ida a um lugar, à priori, estranho em um lar, um local de risadas, brigas, apoio e crescimento pessoal. Local onde pude aprender com cada um, entender o mundo sobre visões diferentes, saber respeitar opiniões divergentes, conseguir conviver com diversos tipos de pessoas com educação, sonhos, jeitos e posturas diferentes, só tenho a agradecer por cada momento vivido nesse lugar.

A todos os professores com quem tive o prazer de conviver e aprender muito mais do que a matéria lecionada, com conselhos profissionais e pessoais.

À empresa Foseco, em especial para Sr. Trevor Hawkins e Sr. Maurício Silva, que me possibilitaram trabalhar no setor de Engenharia e Manutenção, onde pude aprender muito com cada funcionário, começar minha carreira profissional e ter certeza que fiz a escolha certa.

Por fim, a todos os meus amigos do colégio à faculdade, aqueles com quem tenho o prazer de conviver a mais de 10 anos e aqueles que conheci esse ano, todos fazem parte de momentos especiais em algum período desse árduo caminho, só tenho a agradecer pelo apoio.

Hantalë, Namárië!

## RESUMO

Após um acidente, no dia 31/01/2017, envolvendo a prensa hidráulica na célula de tintas da empresa Foseco, foi realizado um estudo de caso levantando as possíveis causas e utilizando o conceito de Diagrama de Ishikawa para auxiliar na formatação do problema. Com isso, foram destacados três pontos de maior importância na resolução: sensores de segurança desligados, operador em treinamento e desalinhamento das travas de segurança. Os sensores utilizados possuem especificação correta para a máquina, porém foi relatado por operadores o desligamento devido ao travamento da prensa em diversas ocasiões. Não foram feitos os devidos estudos para identificar as reais causas do travamento, sendo então tomada a decisão mais fácil, porém errônea de desligar os sensores sem comunicar os superiores do setor e da manutenção. Esta máquina costuma ser operada por dois funcionários e, no momento do acidente, esta era operada por somente um operador e o mesmo em treinamento, foi realizado pedido para operação imediata sem maiores preocupações com a segurança e com o tempo de capacitação correta. Verificou-se um desalinhamento da trava esquerda, aço AISI 1020, de aproximadamente 1 cm, e foram feitas análises de tensões e desalinhamentos naturais. Foi chegado à conclusão de que houve um desalinhamento natural, mas sem expressão aparente, coeficiente de segurança dentro dos parâmetros adequados. Deve-se levar em consideração a falta de manutenção em 20 anos, nunca sendo feitas análises estruturais e de desgaste da peça. A partir das Normas Regulamentadoras, especialmente a NR12, referentes a Máquinas e Equipamentos, enquadrados os casos analisados e foram verificadas diversas irregularidades, tanto no Layout quanto na capacitação dos funcionários. Foram propostas possíveis medidas para mitigar acidentes da mesma natureza segundo as leis e normas regentes, como a instalação de grades de segurança, impedindo o acesso à zona de prensagem pela lateral e de uma cortina de luz na parte interna da zona de entrada dos tachos na prensa. Na parte traseira é mais complicada para um projeto devido a falta de espaço e a necessidade de entrada do operador em alguns momentos do processo, então um projeto seria a utilização de uma grade móvel impedindo o acesso apenas no momento da prensagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estudo de caso. Acidente com prensa hidráulica. Projeto de segurança.

## **ABSTRACT**

After an accident, in 01/31/2017, involving an hydraulic press at the Foseco's Coatings Cell. A case study was made specifying the possible causes applying the Ishikawa's Diagram to help formulate the hypotheses, then, three points were emphasized: safety sensors were switched off, operator in training and safety locks misaligned. The sensors used have the correct specifications for the type of machine, but from operators' reports the shutdown was due to press locking in many occasions. There weren't any studies to identify the real causes of the locking, so the easiest decision, but inadequate was the shut down without warning the supervisors. This machine use to be operate by the two operators, but in the moment of the accident, it was only one and this one was in training. It was asked to immediately initiate the operation, without checking safety issues or the right qualification of the operator. There was a misaligned at the left safety lock, AISI steel 1020, of around 1 cm, there was made tension analysis and the natural misalignment. The conclusion was that there is a natural misalignment but not significant at first, but taking in consideration that the machine was built 20 years ago, without any maintenance and structural analysis or deterioration apparent on the part. By the regulators standards, specially the NR12, regarding the Machine and Equipment, we could accommodate the cases and it was found many irregularities, as the layout as the operator's qualification. There were made some possible measures to minimize the possibility of the same kind or nature of accidents involving the object of study, using the NR as the base of the projects as the installation of safety handrails at the side ward and light grids at the frontal side by the entrance of the pots. At the back it was more complicated to manage due to lack of space and the need of the operator to enter the zone sometimes, so the most applicable project is to install a movable handrail to prevent the entrance during the pressing.

**KEYWORDS:** Case study. Hydraulic press accident. Safety project.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Exemplo Fluxograma .....	17
Figura 2	Exemplo Gráfico de Controle Estatístico .....	18
Figura 3	Exemplo Análise de Pareto .....	18
Figura 4	Exemplo Histograma .....	19
Figura 5	Exemplo de diagrama de dispersão .....	20
Figura 6	Exemplo Diagrama espinha-de-peixe .....	20
Figura 7	Classificação das vigas .....	21
Figura 8	Exemplo de viga sob carga .....	23
Figura 9	Exemplo de DFC e DMF para a fig. acima .....	23
Figura 10	Convenções .....	23
Figura 11	Exemplo de aplicação da linha elástica .....	24
Figura 12	Trecho Apêndice D .....	25
Figura 13	Prensa estudada .....	26
Figura 14	Acidente .....	27
Figura 15	Diagrama aplicado .....	28
Figura 16	Desenho Cilindro-Pistão .....	29
Figura 17	Desenho do conjunto .....	30
Figura 18	Desenho da trava .....	31
Figura 19	Desenho transversal da trava .....	31
Figura 20	Desenho esforços da trava .....	31
Figura 21	Montagem em 3D .....	32
Figura 22	Análise de deslocamento em 3D .....	33
Figura 23	Análise de tensões em 3D .....	33
Figura 24	Desenho vista frontal viga suporte .....	34
Figura 25	Desenho vista transversal viga suporte .....	34
Figura 26	Desenho vista frontal da Prensa .....	34
Figura 27	Desenho vista frontal da Viga Suporte adotada .....	35
Figura 28	Desenho vista transversal da Viga Suporte adotada .....	35
Figura 29	Análise de tensão na viga suporte .....	35
Figura 30	Análise de tensão na trava de segurança em funcionamento .....	36
Figura 31	Diagramas DFC e DMF .....	37
Figura 32	Análise de Deslocamento software Inventor .....	37
Figura 33	Exemplo de Zona de risco de acidente .....	40
Figura 34	Exemplo de Zona de risco de acidente .....	40
Figura 35	Desenho Cortina de Luz da Schmersal .....	40
Figura 36	Painéis série Strong .....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo Folha de Verificação .....	17
Tabela 2 – Exemplo Tabela Histograma .....	19
Tabela 3 – Tabela de modelos disponíveis .....	41
Tabela 4 – Tabela de Painéis H.1500 .....	42

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

NR	Normas Regulamentadoras
CLT	Consolidação das Leis Trabalhistas
SST	Sistemas de Segurança e Saúde do Trabalho
CCQ	Círculos de controles de qualidade
DFC	Diagrama de Força Cortante
DMF	Diagrama de Momento Fletor
CAD	Computer-aided design (Desenho assistido por computador)

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\sigma_{max}$	Tensão normal máxima
I	Momento de Inércia
c	Distância máxima da superfície neutra
M	Momento Fletor
V	Força Cortante
W	Módulo de resistência à flexão da seção elástica
b	Largura da seção transversal
h	Altura da seção transversal
$\rho$	Raio de curvatura da linha elástica
E	Módulo de elasticidade do material
$\tau$	Tensão cisalhante
$\tau_{max}$	Tensão cisalhante máxima
$S_y$	Tensão normal de escoamento
$S_{ys}$	Tensão de cisalhamento no escoamento
N	Coefficiente de Segurança

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS .....	12
1.2	DELIMITAÇÃO .....	12
1.3	MOTIVAÇÃO.....	12
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	12
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1	GESTÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO .....	14
2.2	DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	15
2.3	ANÁLISE DE VIGAS .....	20
<b>2.3.1</b>	<b>Diagramas</b> .....	<b>22</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Deflexão em vigas</b> .....	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>26</b>
3.1	OBJETO DE ESTUDO .....	26
<b>3.1.1</b>	<b>Máquina</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Acidente</b> .....	<b>27</b>
3.2	LEVANTAMENTO DAS CAUSAS .....	27
3.3	ANÁLISE DAS SUPOSIÇÕES .....	29
<b>3.3.1</b>	<b>Sensores</b> .....	<b>29</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Operador</b> .....	<b>29</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Travas de segurança</b> .....	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>MEDIDAS DE MELHORIA</b> .....	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>
	<b>ANEXO A – CARTA DE AUTORIZAÇÃO</b> .....	<b>45</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Alguns dos problemas mais comuns em indústrias e fábricas pelo mundo são os acidentes envolvendo máquinas e seus operadores. Em muitos casos, estes podem levar à amputação de membros ou a óbito. Por isso, o objeto de estudo deste trabalho refere-se a uma pesquisa das possíveis causas relacionadas a um acidente envolvendo uma prensa e seu operador. A prensa em questão tem papel fundamental no processo produtivo do setor, além de não haver uma outra como suporte ou reserva, sendo então imprescindível seu funcionamento em plenas condições de segurança e produtividade.

Este trabalho possui permissão da empresa em questão para ser realizado, sendo autorizada pelo Gerente de Engenharia e Manutenção Maurício Francisco da Silva, vide Anexo A.

### **1.1 OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo principal identificar as possíveis causas do acidente ocorrido na prensa do setor de Tintas da empresa Foseco indl. e coml. no dia 31/01/2017, enquadrá-lo segundo a Legislação Previdenciária e conceitos vistos em aula, além de propor soluções e/ou formas de evitar acidentes futuros com a mesma, baseando-se nos conceitos de Segurança e Saúde do Trabalho seguindo as Normas Regulamentadoras vigentes.

### **1.2 DELIMITAÇÃO**

O presente trabalho baseia-se no estudo de causa de um acidente real em uma prensa industrial em pleno funcionamento, utilizando métodos teóricos e entrevistas com funcionários envolvidos. Realizar um projeto que não interfira na capacidade produtiva e implementação imediata. Neste texto não serão abordadas questões orçamentárias, devido a dificuldades de obtenção dos preços das peças com as empresas responsáveis.

### **1.3 MOTIVAÇÃO**

Desenvolver um projeto utilizando tópicos vistos durante todo o período acadêmico em escala real, com aplicabilidade e efeitos para a empresa e para os funcionários, priorizando a segurança das pessoas responsáveis, seguindo as normas e as leis vigentes.

### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este texto está estruturado da seguinte forma: No capítulo 2, será abordada toda a teoria

utilizada no trabalho completo, como as normas, as ferramentas operacionais, etc.; no capítulo 3, será apresentado o objeto de estudo, a máquina e o acidente em questão e também o estudo de caso, utilizando-se das análises de tensões, histórico da máquina, entre outros pontos; no capítulo 4, serão apresentadas medidas de solucionar os problemas observados anteriormente e propor medidas novas de segurança, baseando-se nas Normas Regulamentadoras.

## 2 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Neste capítulo será abordada toda a teoria aplicada no estudo de caso, desde o método utilizado para propor as possíveis causas até as análises estruturais da máquina estudada, além de toda a teoria para propor soluções com base nas NR's.

### 2.1 GESTÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO

Precisamos conceituar o que é um Acidente segundo as Leis de Segurança do Trabalho, segundo a Lei N<sup>o</sup>8213<sup>1</sup>, art.19:

Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art.11 desta lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

O art. 21 trata do conceito previdenciário:

1. O acidente ligado ao trabalho que, embora não tenha sido a causa única, haja contribuído diretamente para morte do segurado, para redução ou perda da sua capacidade para o trabalho, ou produzido lesão que exija atenção médica para a sua recuperação
2. o acidente sofrido pelo segurado no local e no horário de trabalho em consequência de: ato de agressão, sabotagem ou terrorismo praticado por terceiro ou companheiro de trabalho; ofensa física intencional; ato de imprudência, de negligência ou de imperícia de terceiro ou companheiro de trabalho; ato de pessoa privada do uso da razão; desabamento, inundação, incêndio e outros casos fortuitos ou decorrentes de força maior.
3. a doença proveniente de contaminação acidental do empregado no exercício de sua atividade.
4. o acidente de trabalho sofrido pelo segurado, ainda que fora do local e horário de trabalho: na execução de ordem ou na realização de serviço sob autoridade da empresa; na prestação espontânea de qualquer serviço à empresa para lhe evitar prejuízo ou proporcionar proveito; em viagem a serviço da empresa; no percurso da residência para o local de trabalho ou deste para aquela, qualquer que seja o meio de locomoção utilizado.

Segundo (CAMARGO, 2011), podemos conceituar os acidentes segundo três requisitos:

1. Casualidade: acidente ocorre de maneira inesperada, não é provocado. Considera-se como uma ocorrência ao acaso.
2. Prejudicialidade: lesões menores, redução temporária da capacidade de trabalho e em casos extremos, inutilidade permanente do trabalhador ou morte.
3. Nexa etiológico ou casual: relação causa e efeito, entre atividade e o

---

<sup>1</sup> Disponível no site: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8213cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm)>



acidente e/ou doença. Ocorrência típica em função do exercício da atividade.

Em 1970, foi criada a fundação *Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO*, do qual foi responsável pela criação das primeiras NR's<sup>2</sup> em 1978. Estas regem todas as atividades relacionadas com a SST, normatizando e regulamentando os procedimentos e processos empregados, sendo de obrigação das empresas de âmbito público ou privado a observância obrigatória das mesmas, sendo sujeitas a punições caso não sejam cumpridas.

As NR's abrangem uma grande gama de temas, desde exames médicos (NR7), padronização de fornos (NR14) e riscos ambientais (NR9), por exemplo. O conhecimento e leitura delas são de extrema importância para todo engenheiro ou funcionário de uma empresa, pois garante que os processos sejam feitos e descritos de forma clara e objetiva. Porém, estas não são medidas de via única, trazendo deveres e direitos para tanto a empresa quanto para seus funcionários.

Segundo a NR1, cabe ao empregador:

- cumprir e fazer cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e medicina do trabalho;
- elaborar ordens de serviço sobre segurança e saúde no trabalho, dando ciência aos empregados por comunicados, cartazes ou meios eletrônicos;
- informar aos trabalhadores:
  1. Os riscos profissionais que possam originar-se nos locais de trabalho;
  2. Os meios para prevenir e limitar tais riscos e as medidas adotadas pela empresa para executar esta prevenção;
  3. Os resultados dos exames médicos e de exames complementares de diagnóstico aos quais os próprios trabalhadores forem submetidos;
  4. Os resultados das avaliações ambientais realizados nos locais de trabalho;
  5. Permitir que representantes dos trabalhadores acompanhem a fiscalização dos preceitos legais e regulamentares sobre segurança e medicina do trabalho;
  6. Determinar procedimentos que devem ser adotados em caso de acidente ou doença relacionada ao trabalho (CAMARGO, 2011).

Segundo a NR1, cabe ao empregado:

- Cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde do trabalho, incluindo as ordens de serviço expedidas pelo empregador;
- Usar o EPI fornecido pelo empregador;
- Submeter-se aos exames médicos previstos nas NR;
- Colaborar com a empresa na aplicação das NR (CAMARGO, 2011).

## 2.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

"O diagrama de Ishikawa é uma representação gráfica que auxilia a identificação,

<sup>2</sup> Disponível no site: </http://www.camara.gov.br/sileg/integras/839945.pdf>

exploração e apresentação das possíveis causas de uma situação ou problema específico" (PEINADO; GRAEML, 2007).

Este será utilizado como base para o estudo, visando otimizar o processo de identificação e proposições das causas do acidente.

Essa ferramenta foi idealizada e proposta pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943, famoso também por outros métodos de melhorar os processos de raciocínio dentro da indústria, como o CCQ (círculos de controle da qualidade) e o conceito de cliente interno na organização. O diagrama, também conhecido como "diagrama de causa e efeito" e/ou "diagrama espinha de peixe", faz parte de um grupo de sete ferramentas básicas da qualidade idealizadas por ele dos quais são:

- Fluxogramas ou diagramas de processo;

Basicamente, trata-se de um diagrama utilizado para representar um processo de forma esquematizada, utilizando-se de símbolos gráficos. Um exemplo de fluxograma pode ser visto na Figura 1.

- Folhas de Verificação;

"[...] é a mais simples das ferramentas e apresenta uma maneira de se organizar e apresentar os dados em forma de um quadro ou tabela" (PEINADO; GRAEML, 2007). Temos como exemplo, a Tabela 1.

- Gráficos de controle estatístico de processo;

"[...] servem para verificar se um determinado processo está dentro dos limites de controle, isto é, se o processo está realmente ocorrendo da forma como planejado." Temos como exemplo a Figura 2.

- Análises de Pareto;

Foi idealizado por Vilfredo Pareto, na qual, será dado um grau de importância relativa das variáveis do processo analisado, na qual serão analisados por forma visual - gráfico de barras - sendo tratado seguindo a ordem de relevância, do maior até os de menor. Como exemplo teremos a Figura 3.

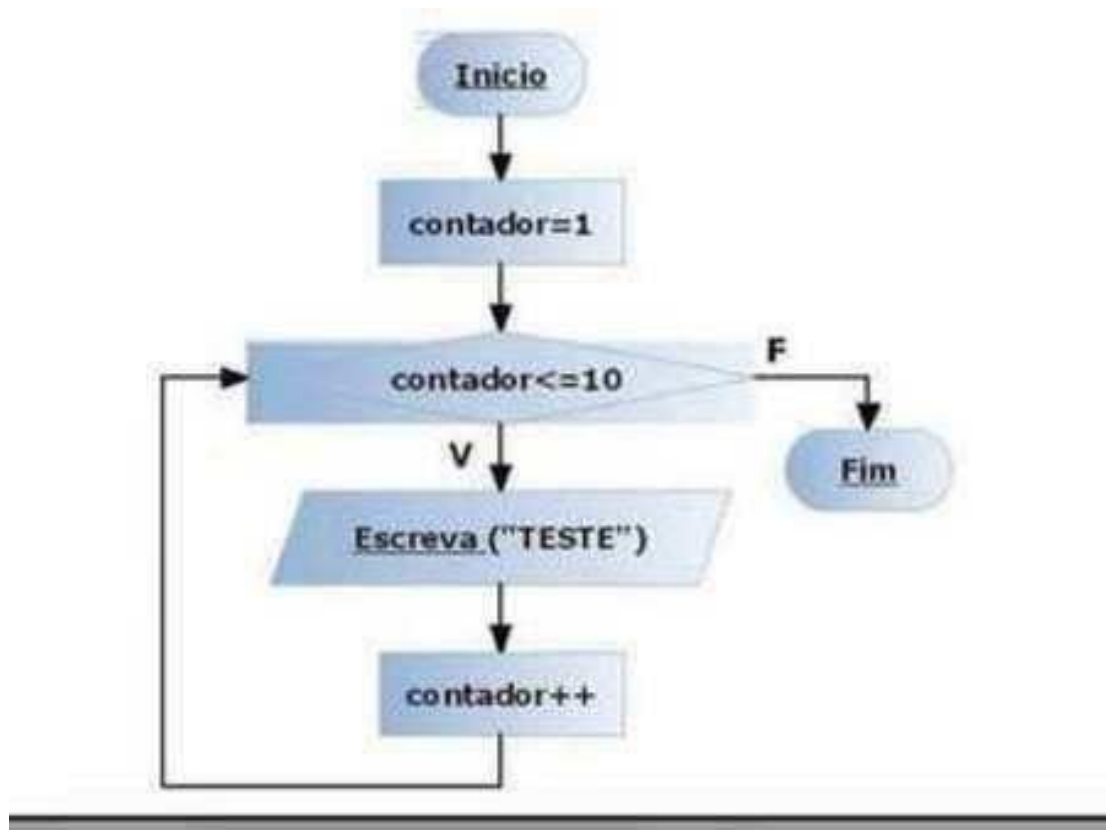
- Histogramas;

"...servem para mostrar a frequência com que algo acontece." (PEINADO; GRAEML, 2007) Como exemplo, teremos a tabela 2 com os dados e a Figura 4 com o Histograma.

- Diagramas de causa e efeito, que será discutido a frente;
- Diagramas de dispersão ou correlação.

"Trata-se de uma representação gráfica de valores simultâneos de duas variáveis relacionadas a um mesmo processo." (PEINADO; GRAEML, 2007). Como exemplo, temos a Figura 5.

Figura 1 – Exemplo Fluxograma



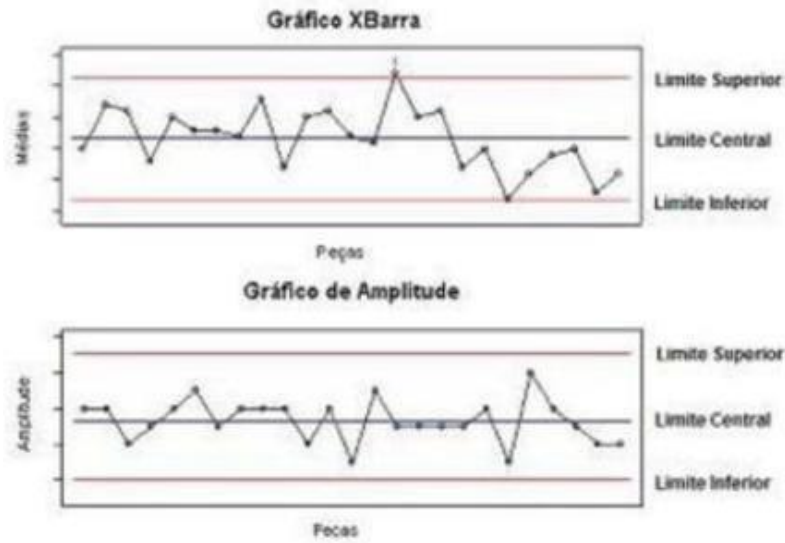
Fonte: Muller (2017)

Tabela 1 – Exemplo Folha de Verificação

Produto	Semanas				Total
Waffer	100	80	50	40	270
Recheado	50	70	80	100	300
Salgado	50	50	55	45	200
Leite	80	85	79	82	326
Maisena	47	48	50	49	194

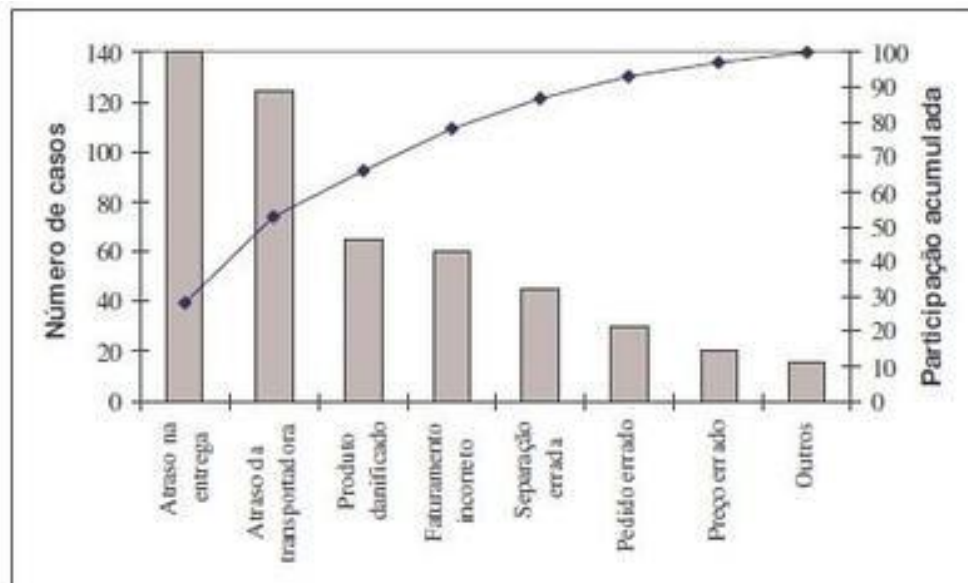
Fonte: Adaptado Peinado; Graeml (2007)

Figura 2 – Exemplo Gráfico de Controle Estatístico



Fonte: Portal (2017)

Figura 3 – Exemplo Análise de Pareto



Fonte: Peinado; Graeml (2007)

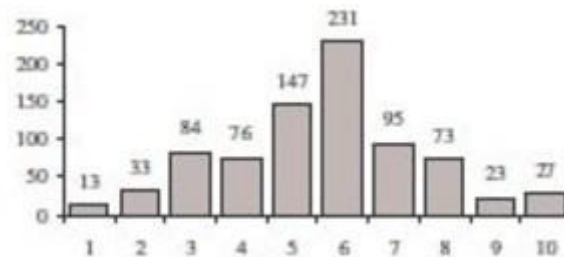
O processo de utilização do diagrama consiste, primeiramente, definir o problema a ser resolvido, posteriormente, deve-se fazer um levantamento das possíveis causas, se possível deve-se conter o maior número possível de informações, das mais genéricas até as específicas, geralmente utilizam-se sessões de brainstorming com todos os funcionários responsáveis e/ou envolvidos no caso, por fim, deve-se categorizá-las segundo sua natureza.

Tabela 2 – Exemplo Tabela Histograma

Nº	Altura (m)	Quantidade de alunos
1	1.45  — 1.50	13
2	1.50  — 1.55	33
3	1.55  — 1.60	84
4	1.60  — 1.65	76
5	1.65  — 1.70	147
6	1.70  — 1.75	231
7	1.75  — 1.80	95
8	1.80  — 1.85	73
9	1.85  — 1.90	23
10	1.90  — 1.95	27

fonte: Adaptado Peinado; Graeml (2007)

Figura 4 – Exemplo Histograma



fonte: Peinado; Graeml (2007)

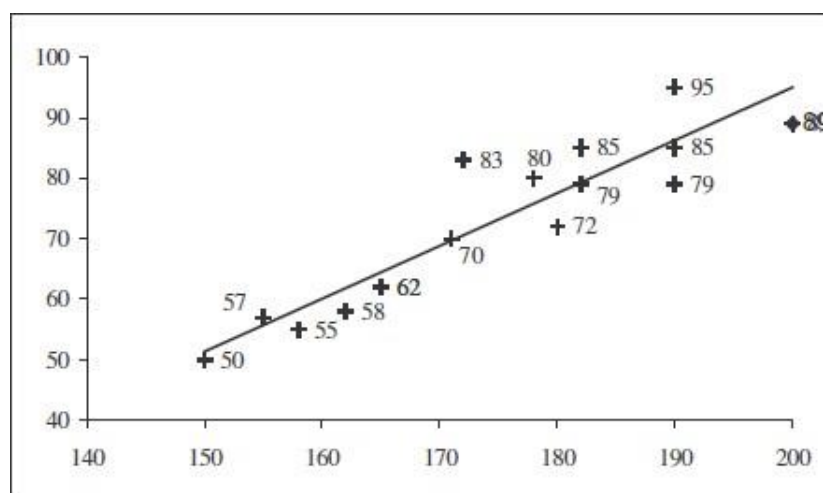
De maneira geral, nas organizações de manufatura, as causas de problemas estão normalmente, diretamente ligadas a seis áreas, conhecidas como os seis "M": mão-de-obra, materiais, máquinas, medidas, meio ambiente e métodos. Para organizações de serviços, estas áreas não são aplicadas, sendo substituídas por outras, como por exemplo: política, legislação, lugar, pessoal, procedimentos, etc. (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 551).

Estas áreas podem ser definidas como sendo: mão-de-obra, todos os problemas relacionados com os operadores, como a pressa ou imprudência, falta de treinamento; materiais, problemas ligadas à matéria-prima, como sendo não conformidade com as exigências para a realização do processo programado; máquinas, deve-se agrupar todas as causas relacionadas ao maquinário, como exemplo podemos citar a falta de manutenção; medidas, refere-se a problemas envolvendo métricas, ou seja, calibragem e indicadores; meio ambiente, falta de espaço, poeira, ou ambiente sem condições adequadas para trabalho, layout ruim, etc.; métodos, relaciona-se com a operação e/ou procedimentos na execução do trabalho.

Após coletadas as informações e dividi-las em causas e subcausas (ramificações das

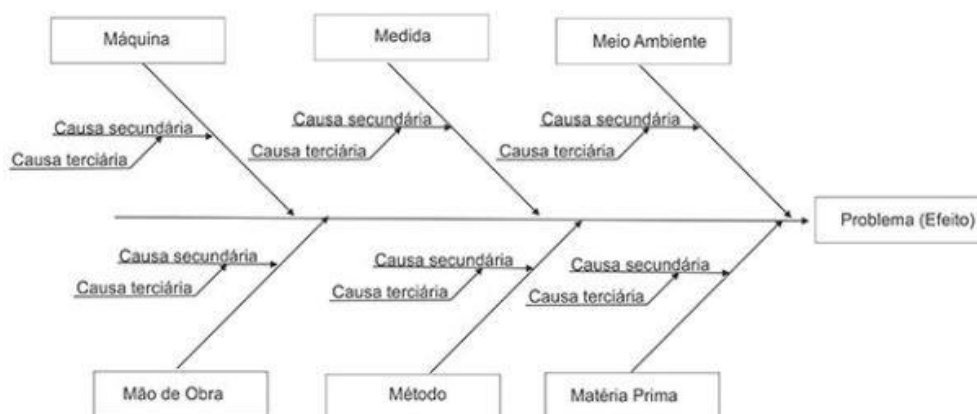
causas), serão analisadas, qualitativamente, cada uma das propostas e quais seriam as suas soluções para chegar à causa-raiz, a mais provável, sendo então feito um plano de ação para eliminar a possibilidade de ocorrência de novos acidentes de mesma origem ou causa, ou mitigar os efeitos da causa-raiz.

Figura 5 – Exemplo de diagrama de dispersão



Fonte: Peinado; Graeml (2007)

Figura 6 – Exemplo Diagrama espinha-de-peixe



Fonte: Gestão (2017)

### 2.3 ANÁLISE DE VIGAS

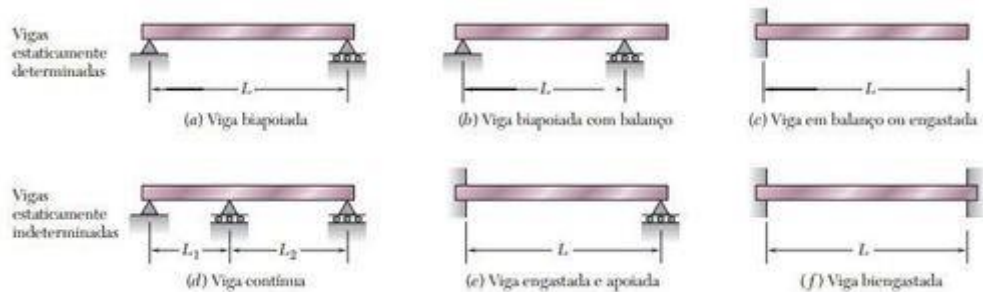
Análise estrutural de vigas é parte essencial num projeto de engenharia, de acordo com Beer, Johnston e Dewolf (2006) trata-se de elementos estruturais que suportam forças aplicadas em vários pontos ao longo do elemento.

As vigas podem ser feitas de diversos tipos de materiais, como madeira, geralmente

utilizada em construções de casas, ou metálicas (aço e alumínio), estas utilizadas em engenharia de estruturas e mecânica. Segundo Beer, Johnston e Dewolf (2006), as vigas podem ser classificadas segundo a maneira como são vinculadas ou apoiadas, como visto na Figura 7.

Um ponto determinante a ser analisado num projeto de vigas são os tipos de esforços as quais estarão submetidas. Estes podem ser definidos como força cortante (V), provoca tensões de cisalhamento na seção e momento fletor (M), provoca tensões normais na seção transversal.

Figura 7 – Classificação das vigas



Fonte: Beer; Johnston; Dewolf (2006)

A tensão máxima pode ser calculada a partir da equação:

$$\sigma_{max} = \frac{|M|c}{I} \quad (1)$$

$$\sigma_{max} = \frac{|M|}{W} \quad (2)$$

$$W = \frac{1}{6} bh^2 \quad (3)$$

Na qual W é chamado de módulo de resistência à flexão da seção elástica, este dependente do tipo de seção transversal.

A tensão cisalhante  $[\tau]$  é proporcional à força cortante(V):

$$F_{xy} = \tau bdx \quad (4)$$

$$\tau_{xy} = \frac{VQ}{Ib} \quad (5)$$

Sendo Q variável quanto ao tipo de seção transversal da viga em questão.

Podemos aplicar algumas fórmulas para vigas comuns em projetos mecânicos, como por exemplo:

- Para vigas com seção transversal retangular:

$$\tau_{max} = \frac{3V}{2A} \quad (6)$$

- Para viga maciça com seção transversal circular

$$\tau_{max} = \frac{4V}{3A} \quad (7)$$

- Viga circular é oca e com parede fina

$$\tau_{max} = \frac{2V}{A} \quad (8)$$

A teoria da tensão máxima de cisalhamento, segundo Norton (2013), afirma que a falha ocorre quando a tensão máxima de cisalhamento excede a tensão máxima de cisalhamento de um corpo de prova sob tração de escoamento. Para um material dúctil, esta será:

$$S_{ys} = 0,5 * S_y \quad (9)$$

Tal que, utilizando-se deste critério, podemos definir o *coeficiente de segurança* para esta teoria, como sendo:

$$N = \frac{S_{ys}}{\tau_{max}} = \frac{0,5S_y}{\tau_{max}} \quad (10)$$

### 2.3.1 Diagramas

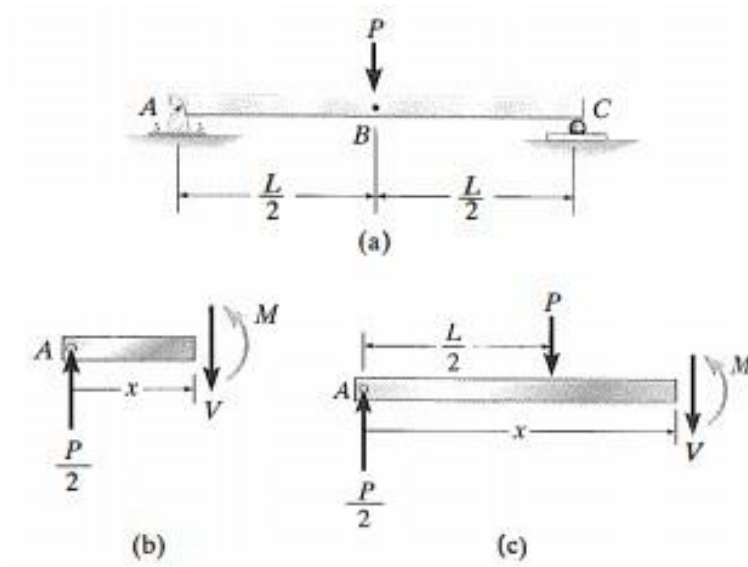
Um método facilitador para obtenção dos valores de V e M é através de Diagramas de Força Cortante (DFC) e Momento Fletor (DMF), dos quais são construídos graficamente em função da distância a partir de uma das extremidades da viga, pode-se observar um exemplo de diagramas aplicadas a uma viga em Figura 8 e 9.

Algumas convenções devem ser utilizadas para facilitar a utilização e entendimento:

A força cortante V e o momento fletor M, em um ponto de uma viga, são positivos quando os esforços internos que atuam em cada parte da viga estão direcionados, conforme a Figura 10.a. 1. A força cortante em um ponto de uma viga é positiva quando as forças externas(cargas e reações) atuando na viga tendem a cisalhar(cortar) a viga naquele ponto, conforme indicado na Figura 10.b 2. O momento fletor em um ponto de uma viga é positivo quando as forças externas atuando na viga tendem a flexionar a viga naquele ponto, conforme indicado na Figura 10.c. (BEER; JOHNSTON; DEWOLF, 2006).

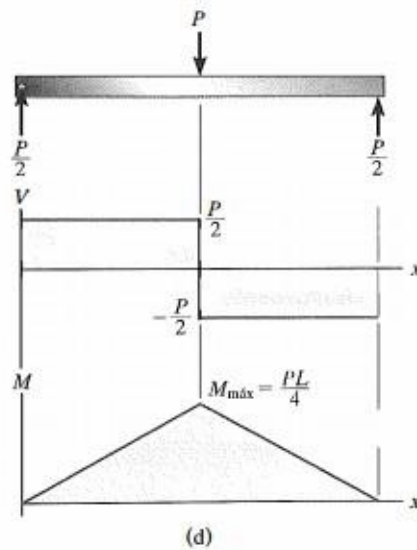


Figura 8 – Exemplo de viga sob carga



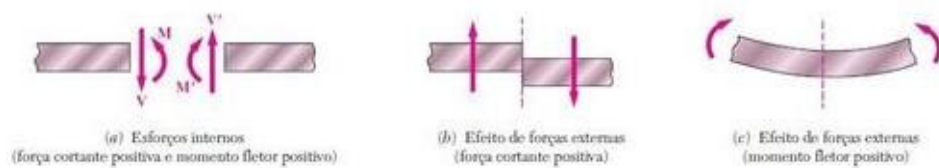
Fonte: Hibeler (2010)

Figura 9 – Exemplo de DFC e DMF para a fig. acima



Fonte: Hibeler (2010)

Figura 10 – Convenções



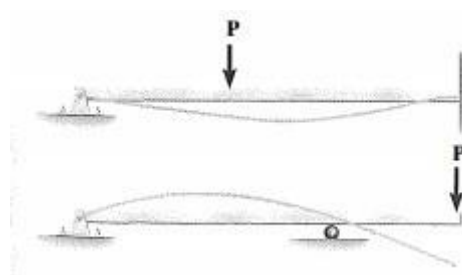
Fonte: Beer; Johnston; Dewolf (2006)

### 2.3.2 Deflexão em vigas

Segundo Hibeler (2010), muitas vezes é imprescindível conhecer o grau de deflexão da viga quando submetido a uma carga, podendo ser um grande problema ocasionando um acidente, caso não seja considerado num projeto em grande escala.

Sabendo da importância, deve-se primeiramente, apresentar o conceito da "linha elástica", visto na Figura 11, cuja função é servir de rascunho para o projeto, onde conhecendo-se os diagramas torna-se fácil realizá-la. Segundo Hibeler (2010), os apoios podem servir para restringir o movimento do objeto em questão, com isso, deve-se reconhecer de que modo cada tipo interferirá na construção da linha, por exemplo, pinos restringem deslocamentos e parede fixa a rotação.

Figura 11 – Exemplo de aplicação da linha elástica



Fonte: Hibeler (2010)

Para calcular a deflexão, devemos conhecer a Relação momento-curvatura, no qual nos dará a relação entre o momento fletor interno da viga e seu raio de curvatura ( $\rho$ ) da linha elástica:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \quad (11)$$

Sendo o produto  $EI$  conhecido como rigidez à flexão.

Podemos definir também, o raio de curvatura como sendo:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \frac{M}{EI} \quad (12)$$

Quando a rigidez a flexão for constante, teremos as seguintes relações:

$$EI \frac{\partial^4 v}{\partial x^4} = -w(x) \quad (13)$$

$$EI \frac{\partial^3 v}{\partial x^3} = V(x) \quad (14)$$

$$EI \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = M(x) \quad (15)$$

Segundo Beer, Johnston e Dewolf (2006), existem diversos manuais utilizados por engenheiros dos quais fornecem tabelas com as flechas e inclinações de vigas para diversos carregamentos e para diversos tipos de apoio, estes estão presentes do Apêndice D do Beer, Johnston e Dewolf (2006), representado aqui na Figura 12:

Figura 12 – Trecho Apêndice D

Tipos de viga e carregamento	Linha elástica	Flecha máxima	Rotação nos apoios	Equação da linha elástica
1 		$-\frac{PL^3}{3EI}$	$-\frac{PL^2}{2EI}$	$y = \frac{P}{6EI} (x^3 - 3Lx^2)$
2 		$-\frac{wL^4}{8EI}$	$-\frac{wL^3}{6EI}$	$y = -\frac{w}{24EI} (x^4 - 4Lx^3 + 6L^2x^2)$
3 		$-\frac{ML^2}{2EI}$	$-\frac{ML}{EI}$	$y = -\frac{M}{2EI} x^2$
4 		$-\frac{PL^3}{48EI}$	$= \frac{PL^2}{16EI}$	Para $x = \frac{1}{2}L$ : $y = -\frac{P}{48EI} (4x^3 - 3L^2x)$

Fonte: Beer; Johnston; Dewolf, (2006)

### 3 ESTUDO DE CASO

#### 3.1 OBJETO DE ESTUDO

##### 3.1.1 Máquina

Figura 13 – Prensa estudada



Fonte: Autor

A máquina estudada trata-se de uma prensa mecânica, Figura 13, cuja função é retirar o material de dentro de tachos para dentro dos galões, trabalhando, em média, com 10 toneladas de produto por dia, nas atuais condições do mercado. Esta foi fabricada há mais de 20 (vinte) anos, projetada pelo engenheiro e projetista Rogério – que ainda trabalha na empresa no mesmo setor.

Seu funcionamento segue basicamente a ordem a seguir:

1. Insere-se o tacho sobre a viga suporte;
2. Deslocamento da viga suporte-tacho para cima;
3. Avanço das travas de segurança;
4. Deslocamento da viga suporte até acomodar-se sobre as travas;
5. Aciona-se o eixo principal, deslocando-se para baixo até o material;

6. Inicia-se a prensagem, saída do produto por um duto posicionado na parte inferior do tacho;
7. Após todo material ser retirado do tacho, eixo-principal é deslocado para cima;
8. Retorno das travas;
9. Deslocamento até a posição inicial da viga-suporte;
10. Retirada do tacho;

A prensa trabalha com uma força máxima de 150ton.força, sendo o material por tacho variando de 1000kg a 1200kg, dependendo do produto a ser utilizado.

### 3.1.2 Acidente

No dia 31/01/2017, houve um acidente envolvendo a máquina em questão (Figura 14), na qual, no momento de prensagem, a viga que segurava o tacho cedeu em um dos lados (esquerdo). No momento do acidente, havia somente um operador encarregado pelo processo, sendo este em treinamento, não se ferindo no ocorrido.

Foi realizado uma análise estrutural prévia na qual não foram diagnosticados danos no tacho e no eixo principal, não houve deslocamento e desalinhamento do eixo principal e da viga.

Figura 14 – Acidente

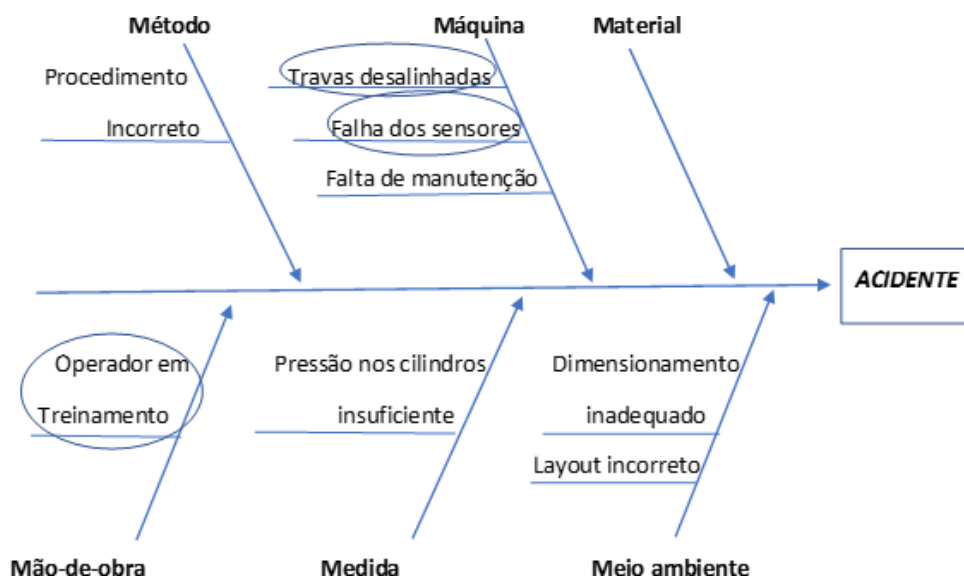


Fonte: Autor

## 3.2 LEVANTAMENTO DAS CAUSAS

Aplicando-se o conceito do Diagrama de espinha-de-peixe, representado pela Figura 15:

Figura 15 – Diagrama aplicado



Fonte: Autor

Analisando o acidente, segundo a técnica do 6M's, explicado anteriormente, através de entrevistas com funcionários, análises visuais e de processo, foi possível levantar as possíveis causas:

- Método:
  - Procedimento incorreto.
- Máquina:
  - Travas desalinhadas;
  - Falha dos sensores;
  - Falta de manutenção.
- Mão de obra:
  - Operador em treinamento;
- Medida:
  - Pressão nos cilindros infuciente;
- Meio Ambiente
  - Dimencionamento da prensa incorreto;
  - Layout incorreto;
- Material

- Não foi levantada nenhuma questão envolvendo o material como possível causa.

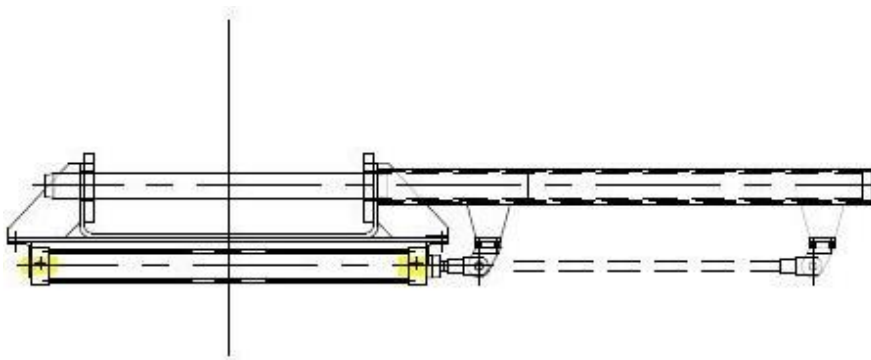
Destas, podemos destacar como prováveis causas a falta de experiência do operador, o desalinhamento das travas de segurança e a falha dos sensores no momento do acidente; estas serão estudadas com maior cuidado na seção a seguir.

### 3.3 ANÁLISE DAS SUPOSIÇÕES

#### 3.3.1 Sensores

Na máquina existem 4 sensores magnéticos posicionados na posição de mínimo e máximo (marcados na figura 16 com a cor amarela) dos cilindros hidráulicos que acionam as travas de segurança. Caso os sensores de mínimo apontem que o eixo-pistão está na posição correta, a prensa irá funcionar, caso contrário, a máquina não funcionará.

Figura 16 – Desenho Cilindro-Pistão



Fonte: Autor

Após o acidente, foi observado que os sensores da trava esquerda estavam desligados, conseqüentemente, no momento do acidente, houve algum problema com a trava, na qual não houve o avanço completo deste, ocasionando o tombamento da viga suporte, como vista na figura 14.

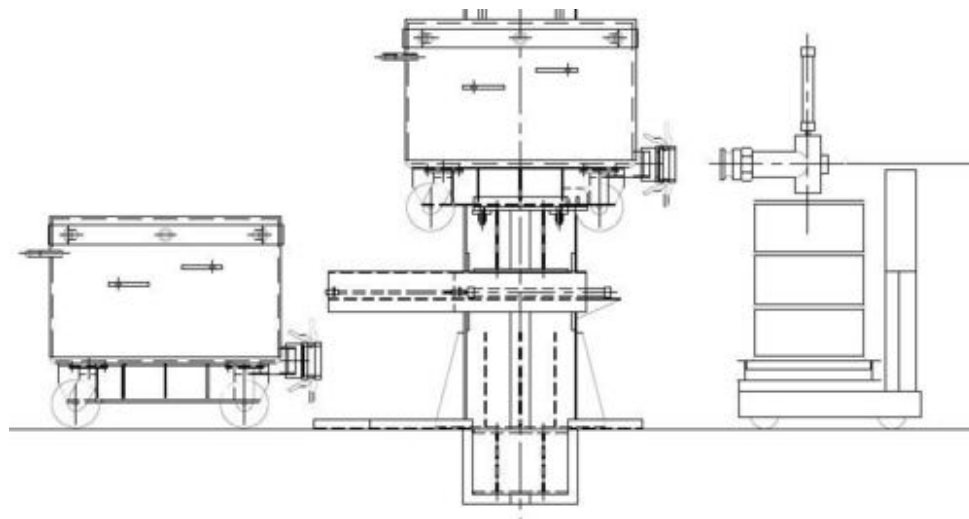
Foi constatado, após conversas com um dos eletricitas responsáveis pelo setor, que os sensores foram desligados, pois quando ligados ocasionavam travamento do equipamento, e como solução foi adotado o desligamento do equipamento de segurança. Porém, apenas alguns operadores e o eletricitista sabiam desta medida adotada.

#### 3.3.2 Operador

A operação é, geralmente, feita com dois operadores, dos quais são responsáveis pelo posicionamento do tacho, vindo do processo de mistura dos componentes da tinta, sobre a

viga suporte, colocação da estrutura de saída do material e o acionamento por um painel de controle.

Figura 17 – Desenho do conjunto



Fonte: Autor

No momento do acidente, havia somente um operador, este em fase de treinamento, 2 meses na empresa, foi solicitado que o processo fosse iniciado em imediato, pois a produção não poderia ficar parada. Este não sabia do desligamento dos sensores, não tinha experiência de trabalhar sozinho no processo e sentiu-se pressionado pelos superiores.

### 3.3.3 Travas de segurança

Foi identificado um desalinhamento nas duas travas, porém com maior significância no lado onde a viga suporte cedeu, lado esquerdo, portanto, será feito cálculos envolvendo desalinhamentos teóricos devido ao próprio peso e análises de carregamento envolvendo a viga em funcionamento. Deve-se levar em consideração o fato de nunca ter sido feito nenhum estudo de desgaste ou manutenção nestes.

A trava é feita de uma barra chata Aço AISI 1020 107 HR, representada nas figuras a seguir, 18, 19 e 20.

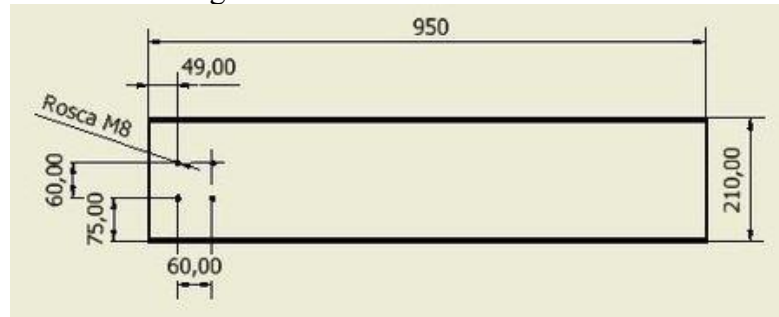
Dados:

- dimensionamento 210 x 50 x 950 [mm]
- massa = 78,122 [kg]
- $densidade = 7,87 [g/cm^3]$
- $E = 207 [GPa]$
- tensão de escoamento = 260 [MPa]



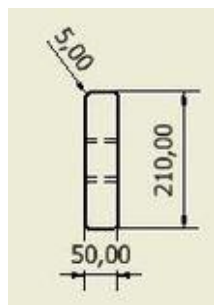
- tensão de tração = 441 [MPa]

Figura 18 – Desenho da trava



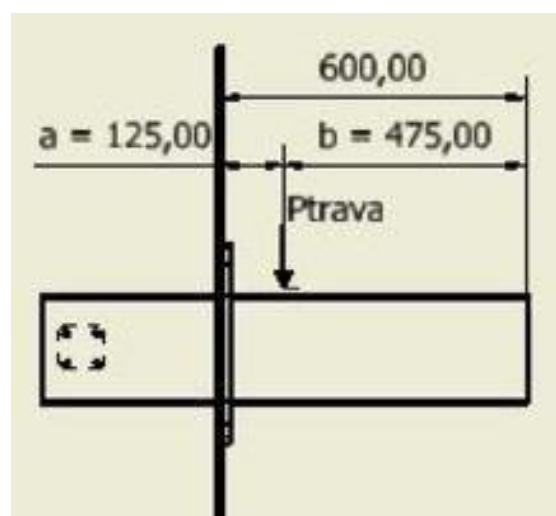
Fonte: Autor

Figura 19 – Desenho transversal da trava



Fonte: Autor

Figura 20 – Desenho esforços da trava



Fonte: Autor

Cálculo do deslocamento teórico da viga: Pode ser aproximado como sendo uma viga em balanço, na qual teremos:

$$I = \frac{1*50*2*10^3}{12} = 3,85875 * 10^{-5} [m^4] \quad (16)$$

$$EI = 205 * 10^9 * 3,85875 * 10^{-5} = 7910437,50 [N.m^2] \quad (17)$$

$$y_{max} = (y_b)_p + (\theta_b)_p b \quad (18)$$

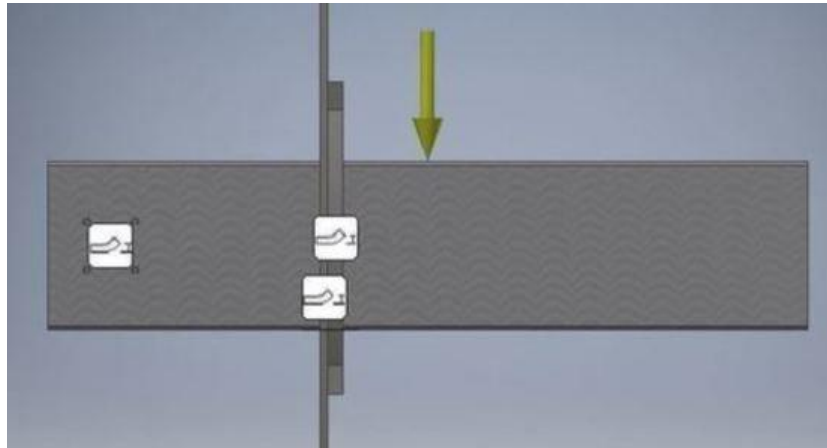
Utilizando o apêndice D do Beer, Johnston, Dewolf, temos que:

$$y_{max} = -\frac{Pa^2}{6E}(2a + 3b) = -\frac{766,377*0,125^2}{6*7,9*10^7} * (2 * 0,125 + 3 * 0,475) \quad (19)$$

$$y_{max} = -3,38[\mu m] \quad (20)$$

Utilizando o Inventor, software de CAD, para realizar os cálculos semelhantes, porém em uma situação semelhante à real, onde há fixação da viga por 4(quatro) parafusos M8 conectando o objeto estudado a uma estrutura suporte conectada ao cilindro pistão.

Figura 21 – Montagem em 3D

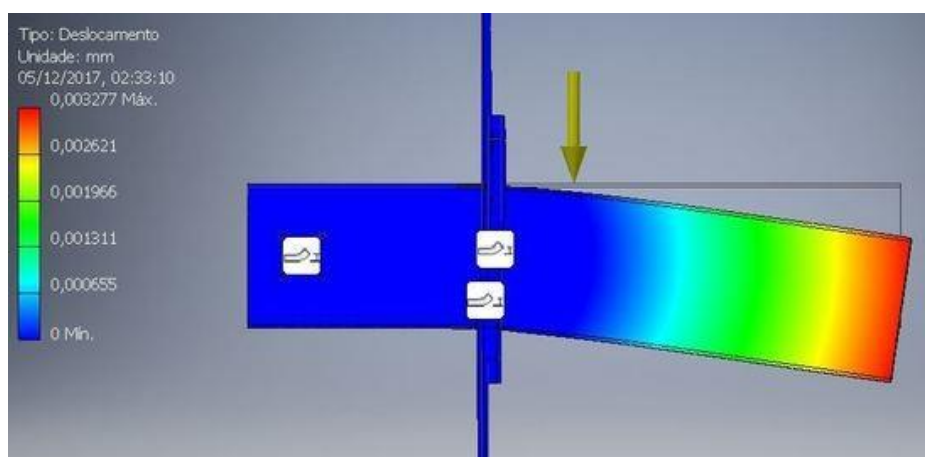


Fonte: Autor

Temos que o valor de deslocamento máximo obtido na análise computacional foi igual a 3,27 [ $\mu$  m], mostrado na Figura 22, valor próximo ao obtido no desenvolvimento matemático apresentado anteriormente, sendo a extremidade da viga a mais afetada pelo deslocamento. Se comparadas com o deslocamento real encontrado na máquina, de um pouco mais de 1 [cm], são insignificantes numa análise pontual do problema, porém deve-se levar em consideração outros pontos, como o tempo de uso, manutenções em dia e seu comportamento durante a prensagem, o que será abordado a frente.

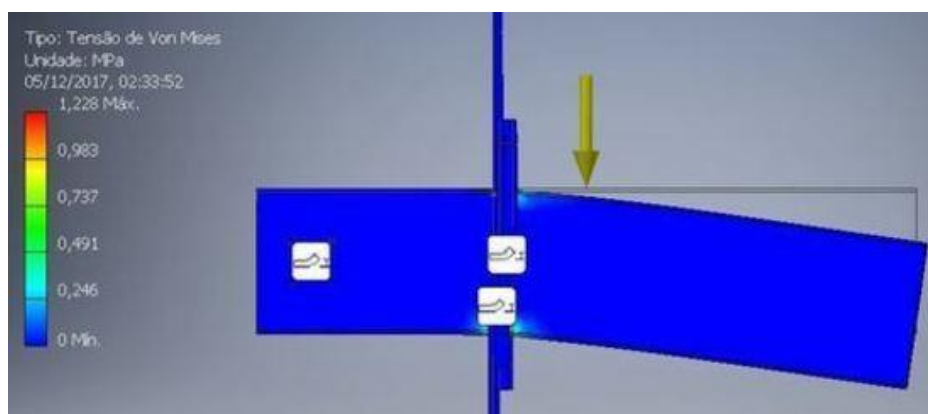
Agora será estudado o comportamento da viga em funcionamento com as condições críticas, ou seja, utilizando o máximo de material dentro dos tachos (1200kg de matéria e 700kg massa do tacho, somando 1900kg) e prensa utilizando força máxima, 150 tonf. Serão verificados as tensões cisalhantes resultantes e o coeficiente de segurança trabalhado, utilizando-se da teoria da tensão máxima de cisalhamento.

Figura 22 – Análise de deslocamento em 3D



Fonte: Autor

Figura 23 – Análise de tensões em 3D



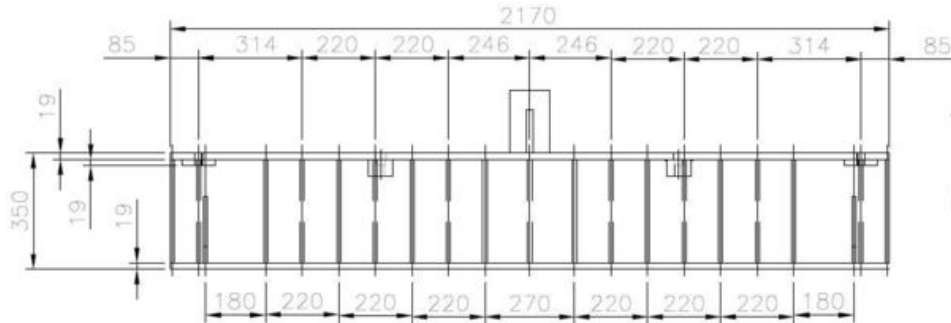
Fonte: Autor

Primeiramente, deve-se fazer a análise de tensões da viga suporte, onde será feita a prensagem em si, serão adotadas outras condições para facilitar os cálculos, porém sem perder a proximidade em relação ao real. A viga suporte real, apresenta a seguinte configuração:

Será adotado material Aço AISI 1020 107 HR, mesmo material das travas, 2170x350x400, apresenta densidade volumétrica igual a  $densidade = 7,87[g/cm^3]$ , volume estimado de  $0,3038m^3$ , conseqüentemente, podemos estimar sua massa como sendo

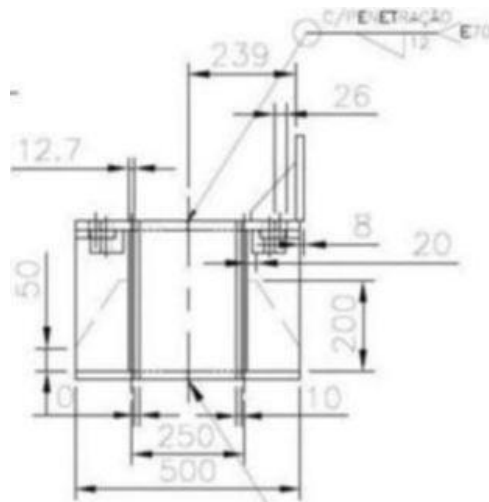
igual a 2390,906kg, resistência à escoamento 260 MPa e resistência máxima à tração 441 MPa.

Figura 24 – Desenho vista frontal viga suporte



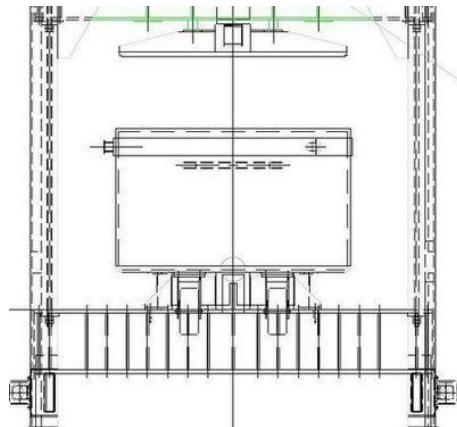
Fonte: Autor

Figura 25 – Desenho vista transversal viga suporte



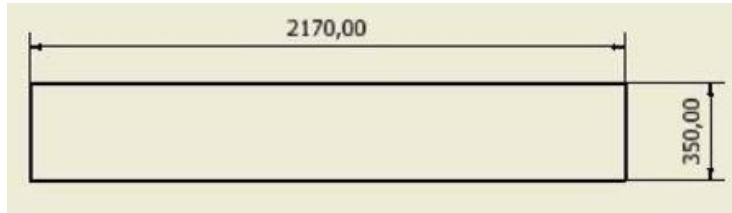
Fonte: Autor

Figura 26 – Desenho vista frontal da Prensa



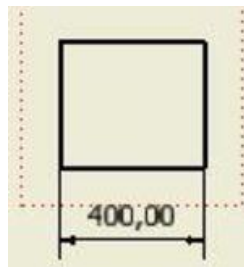
Fonte: Autor

Figura 27 – Desenho vista frontal da viga suporte adotada



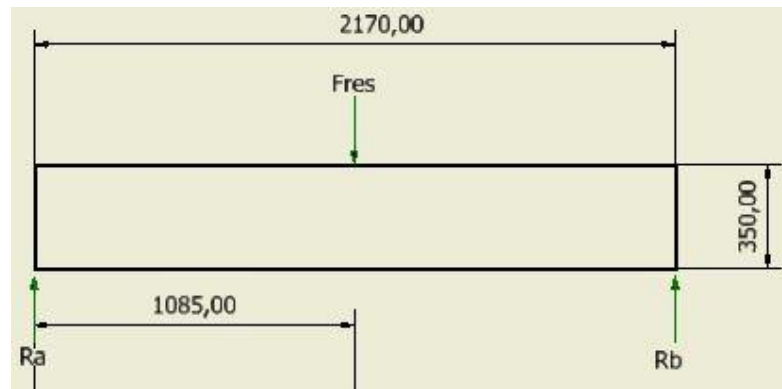
Fonte: autor

Figura 28 – Desenho vista transversal da Viga Suporte adotada



Fonte: Autor

Figura 29 – Análise de tensão na viga suporte



Fonte: Autor

$$F_{res} = F_{prensa} + F_{tacho} + F_{viga} = 1471,5 + 18,639 + 23,455 = 1513,594 \text{ [kN]} \quad (21)$$

$$\sum F_y = R_a + R_b - F_{res} = 0 \quad (22)$$

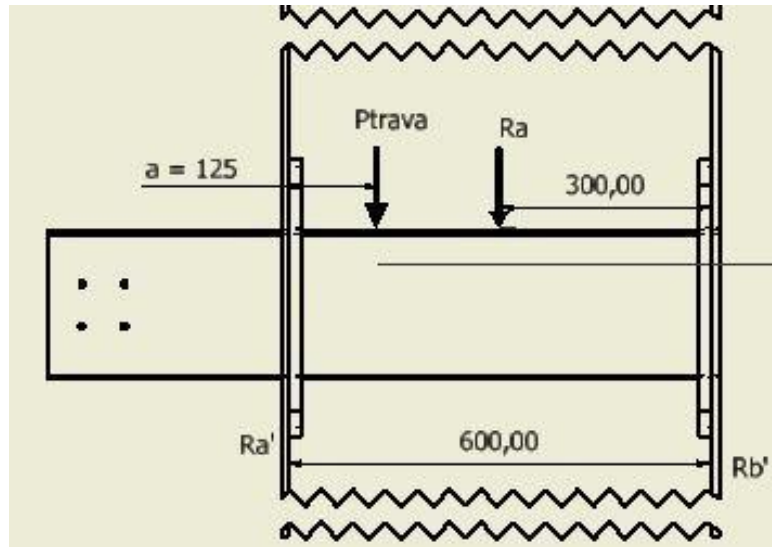
$$\sum M_a = F_{res} * 1,085 - R_b * 2,17 = 0 \quad (23)$$

$$R_a = R_b = 756796,89 = 756,797 \text{ [kN]} \quad (24)$$

Como a viga suporte está em contato direto com a trava de segurança, a força de reação Ra pela lei de ação e reação, retornará com uma força de mesma intensidade e direção contrária

atuando na trava, com isso, podemos esquematizar na forma da figura 30.

Figura 30 – Análise de tensão na trava de segurança em funcionamento



Fonte: Autor

$$\sum F_y = R'_a + R'_b - 766,377 - 756796,895 = 0 \quad (25)$$

$$\sum M_a = R'_b * 0,6 - (766,377 * 0,125) - (756796,895 * 0,3) = 0 \quad (26)$$

$$R'_b = 378,447 \text{ [kN]} \quad (27)$$

$$R'_a = 379 \text{ [kN]} \quad (28)$$

A partir dos diagramas, Figura 31, referentes à análise de tensão para o esquema mostrado na Figura 30, encontramos que a força cortante máxima ( $V_{max}$ ) é igual a 379 [kN] e o momento fletor máximo ( $M_{max}$ ) é igual 113.7 [kNm].

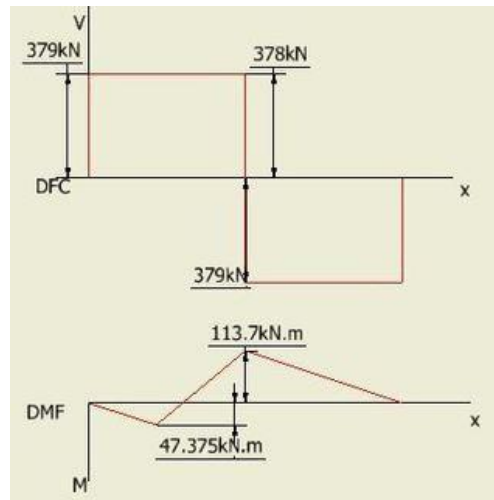
Utilizando *teoria da tensão máxima de cisalhamento*, encontraremos que:

$$\tau_{max} = \frac{3V}{2A} = \frac{3*379}{2(0,06*0,210)} = 54,142 \text{ [MPa]} \quad (29)$$

pela equação (10):

$$N = \frac{S_{ys}}{\tau_{max}} = \frac{0,5S_y}{\tau_{max}} = \frac{0,5*260}{54,142} = 2,40 \quad (30)$$

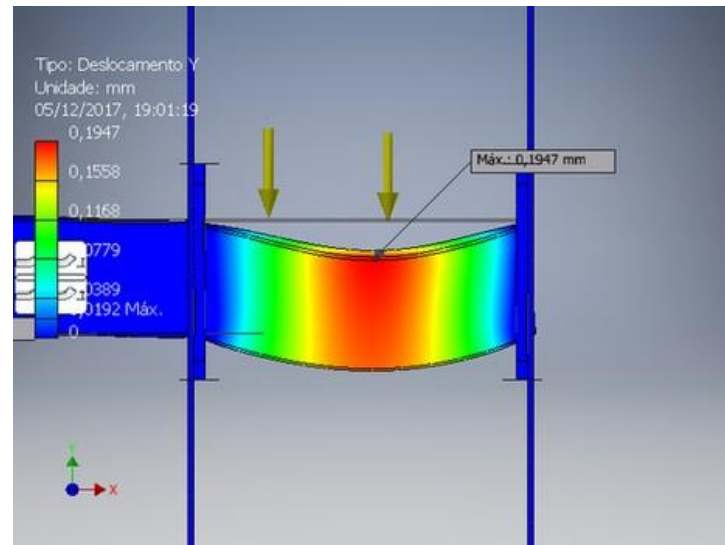
Figura 31 – Diagramas DFC e DMF



Fonte: Autor

Realizando as análises utilizando o software Inventor, teremos, Figura 32:

Figura 32 – Análise de Deslocamento software Inventor



Fonte: Autor

#### 4 MEDIDAS DE MELHORIA

No capítulo anterior, foram levantados os pontos influenciadores para o acidente, neste capítulo serão abordadas as possíveis medidas para solucionar os problemas e propor melhorias, baseando-se nas NR's e na SGSST.

Sabendo que o operador estava em treinamento e a prensa é uma máquina de elevado risco, houve uma falha estratégica e de gestão do setor e produção, pois deveria ser levado em consideração, em primeiro lugar, a segurança, ou seja, o processo deveria ser realizado por um operador com experiência assessorando o operador em treinamento. Outro ponto importante a ressaltar é que não foi possível averiguar se a capacitação do operador foi feita segundo o aconselhável na NR-12 (Segurança no trabalho em Máquinas e Equipamentos) anexo II (Conteúdo programático da Capacitação)<sup>3</sup>, porém é possível verificar que alguns pontos como: "1.d) o que fazer, por exemplo, contatar o supervisor, se uma proteção foi danificada ou se perdeu sua função deixando de garantir uma segurança adequada" (NR12, Anexo II).

Após as análises da estrutura das travas de segurança, os valores obtidos de deslocamento da peça devido a apenas seu peso não é expressivo comparando-se ao deslocamento real, porém, se levar em consideração que foi feito um projeto sem folga na entrada da trava então ocasionará impacto, mesmo que seja pequeno, sabendo que a máquina foi construída a mais de 20(vinte) anos, esse desgaste por impacto, trava-estrutura, é considerável na análise. Do ponto de vista da falha por cisalhamento, a viga está dentro dos parâmetros adequados de coeficiente de segurança. Outro ponto importante dessa análise é ressaltar que não há relatos de manutenção ou análise estrutural das vigas no banco de dados do setor de Manutenção e Engenharia, responsável pelas ordens de serviço e projeções de manutenções preditivas e preventivas em toda a empresa. Uma medida necessária é realizar análises de tensões e desgaste em toda a estrutura das travas de segurança e na cavidade de apoio onde são posicionadas as travas presentes na prensa, pois foi notado um desgaste superficial na entrada do apoio e na seção inferior da trava do lado esquerdo.

O ponto crucial da análise é o desligamento dos sensores de segurança presentes no cilindro pistão. Um dos principais pontos da SST é a comunicação entre funcionários e a empresa, todos os trabalhadores, de todos os níveis devem ser comunicados sobre ações que envolvam à SST, conseqüentemente, a ação tomada foi imprudente podendo acarretar em

---

<sup>3</sup> Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12AnexoII.html>



problemas com grau maior de intensidade. A primeira ação do funcionário ao não acionamento da prensagem deveria ser de entender as razões do travamento, talvez por pressão dos superiores em acelerar o processo de manutenção e/ou de máquina parada, foi tomada então essa medida como solução. Algumas medidas devem ser feitas para resolver esse problema, começando pela religação dos sensores, além de cursos e reuniões com os funcionários mostrando a importâncias dos sistemas de segurança, porém para medidas de segurança essas medidas não são suficientes, alguns detalhes devem ser levados em consideração.

Segundo NR12, anexo VIII, 2.3<sup>4</sup>:

As prensas mecânicas excêntricas com freio-embreagem, Servoacionadas, hidráulicas, pneumáticas, hidropneumáticas devem adotar um dos seguintes sistemas de segurança nas zonas de prensagem ou trabalho:

1. enclausuramento com proteções fixas ou proteções móveis dotadas de intertravamento, conforme alínea "a", do subitem 2.1 deste Anexo;
2. operação somente com ferramentas fechadas, conforme alínea "b", do subitem 2.1 deste anexo;
3. utilização de cortina de luz conjugada com dispositivo de acionamento bimanual, conforme alínea "c", do subitem 2.1 e seus subitens deste Anexo.

No caso do objeto de estudo, praticamente não há zonas cobertas impedindo o acesso à zona de prensagem, sendo constante a presença de um funcionário na zona de escape do material sobre os galões, como visto na figura 33. Deve-se levar em consideração projetos que impeçam a entrada dentro das zonas principais de risco. Levando em consideração a NR12, item 12.42, tem-se uma gama grande de escolha de equipamentos, porém deve-se levar em consideração diversos fatores, como preço, aplicabilidade e espaço físico para instalação.

Fazendo uma análise de riscos, encontramos alguns pontos nas máquinas, nas figuras 33 e 34 temos exemplos de pontos de alto risco. Deve-se planejar ações de modo que sejam mitigadas as fontes de riscos, a melhor opção seria isolar toda a área de prensagem com grades de segurança, porém para o layout atual seria possível somente na parte frontal e lateral, porém não impediria o acesso pela frente e pela parte traseira da máquina, não resolvendo o problema por completo, além de dificultar qualquer manutenção nos cilindros-pistões devido a falta de espaço. Um método interessante seria a instalação de grades nas laterais sobre os suportes e na parte frontal (entrada do tacho) uma cortina de luz, utilizando catálogo da empresa Schmersal, precisa-se de um sensor que esteja dentro das medidas esperadas. Sabendo que a entrada mede pouco mais que 950mm e 2000mm de distância entre as estruturas de suporte mostradas em amarelo na figura 33.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>

Figura 33 – Exemplo de Zona de risco de acidente



Fonte: Autor

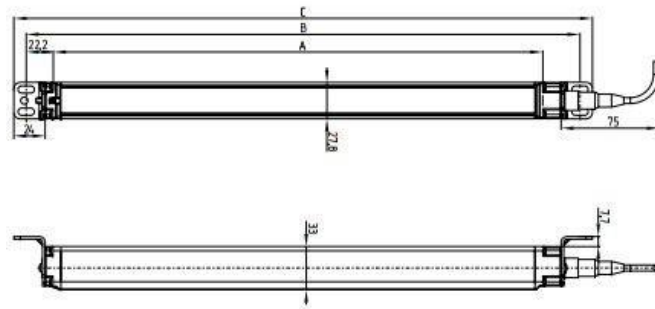
Pelo catálogo encontrado no site: <http://www.schmersal.com.br/produtos/seguranca/produto/action/detail/product/cortina-de-luz/>, retiramos a tabela 4, adaptado para utilização no texto, e a figura 35, na qual mostra um desenho simplificado do equipamento.

Figura 34 – Exemplo de Zona de risco de acidente



Fonte: Autor

Figura 35 – Desenho Cortina de Luz da Schmersal



Fonte: Schmersal, (2017)

Pelo catálogo encontrado no site:

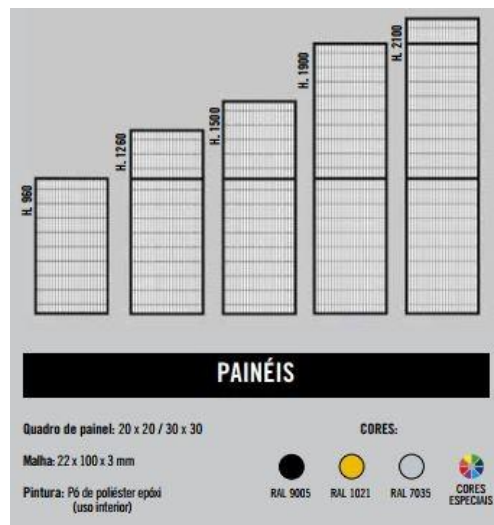
<http://www.schmersal.com.br/produtos/seguranca/produto/action/detail/product/grades-modulares/>, retiramos soluções para as grades de proteção. Será adotado grade da *série Strong*.

Tabela 3 – Tabela de modelos disponíveis

Modelos Disponíveis	A(altura do campo de proteção)	B(medida de fixação)	C(Comprimento total)
SLC440COM-ER-0330-XX	330	384	403
SLC440COM-ER-0410-XX	410	464	483
SLC440COM-ER-0490-XX	490	544	563
SLC440COM-ER-0570-XX	570	624	643
SLC440COM-ER-0650-XX	650	704	723
SLC440COM-ER-0730-XX	730	784	803
SLC440COM-ER-0810-XX	810	864	883
SLC440COM-ER-0890-XX	890	944	963

Fonte: Adaptado Schmersal (2017)

Figura 36 – Painéis série Strong



Fonte: Schmersal (2017)

Tabela 4 – Tabela de Painéis H.1500

Base	Altura	Código
200	1500	R020150
300	1500	R030150
700	1500	R070150
800	1500	R080150
1000	1500	R100150

Fonte: adaptado Schmersal (2017)

Das opções listadas, nas tabelas 3 e 4, modelos de cortina de luz e de painéis, respectivamente, as melhores seriam, os modelos SLC 810 e SLC 730 para os sensores de luz, para a grade seria a R080150 ou R070150, pois ao tacho possui 1410mm da base até o pistão de prensagem e deve ser menor que 950mm que é o tamanho da base suporte. Foi solicitado orçamento com a empresa em questão, porém não houve retorno sobre a precificação do material.

Deve-se impedir qualquer chance de acesso a área de prensagem, apenas a colocação da cortina de luz na entrada não garante a segurança necessária e requerida pelas normas. Pela redução do espaço físico na parte traseira, limita-se as possíveis soluções, não é possível instalar uma grade de proteção fixa, pois é necessário a entrada na parte traseira para colocação da estrutura de retirada do material que alimenta os galões, conseqüentemente uma opção seria utilizar uma grade de proteção móvel, quando a máquina estivesse preparada para prensagem, esta necessita estar fechada.

Outro problema encontrado é que as ferramentas utilizadas, muitas vezes, são colocadas sobre a viga suporte, local onde é posicionado o tacho de material, podendo cair no chão ou no buraco, mostrado na figura 33, criando uma zona de risco, pois o funcionário teria que abaixar para buscar podendo machucar-se com a viga ou com o tacho ou outra estrutura próxima. Segundo a NR12 que diz, "12.10. As ferramentas utilizadas no processo produtivo devem ser organizadas e armazenadas ou dispostas em locais específicos para essa finalidade."

## 5 CONCLUSÃO

Podemos dizer que o objetivo inicial foi atingido, utilizando diversos tipos de análises, baseando-se em teorias de diversas áreas da engenharia para obtenção do resultado do texto, mostrando que o conteúdo apresentado na vida acadêmica é interligada a outra e depende de conceitos que não aparentam estar conectados.

Podemos identificar que objeto de estudo apresenta diversas causas, falta de experiência do operador, falta de comunicação e imprudência, devido ao desligamento do equipamento de segurança sem autorização e pela falta de manutenção e estudos de desgaste do material das travas, sendo imprescindível uma análise mais aprofundada do desgaste do material. A partir dos cálculos apresentados, a viga está dentro dos parâmetros para sua função com um coeficiente de segurança alto, porém a falta de acompanhamento é um complicador visto que era de conhecimento o desalinhamento da mesma, conseqüentemente, era previsível um acidente desta natureza.

A área apresenta diversos fatores de risco, uma zona de prensagem é de alto grau de periculosidade, sendo então necessário algumas melhorias no setor, como apresentado no texto, lembrando que os projetos devem sempre basear-se nas Normas Regulamentadoras. Um dos grandes problemas nas propostas de melhorias é a falta de espaço físico, por estar montada a 20 anos na mesma posição e muito do setor ter mudado sem dar o devido tratamento à ergonomia do local torna-se mais complicada as alterações. As propostas mais adequadas para esta situação seria a instalação das grades 700 x 1500 e a cortina de luz SLC440COM-ER-0810-XX, além de um novo treinamento com todos os operadores, mecânicos e eletricitistas responsáveis pela máquina sobre as novas ferramentas de segurança e cuidados com o processo.


## REFERÊNCIAS

- ACTION portal. **Gráficos ou cartas de controle.** Disponível em: <<http://www.portaction.com.br/controle-estatistico-do-processo/graficos-ou-cartas-de-controle>>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- BEER, F. P.; JOHNSTON, J. E. R.; DEWOLF, J. T. **Resistência dos materiais.** São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- BRASIL. **Lei n.8.213**, de 24 de julho de 1991. Disponível no site: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8213cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm)>. Acesso em: 30 nov. 2017.
- BRASIL. **Portaria n.3214**, de 08 de junho de 1978. Disponível no site: <<http://http://www.camara.gov.br/sileg/integras/839945.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2017
- CAMARGO, W. **Gestão da segurança do trabalho.** Curitiba: e-Tec Brasil, 2011.
- GESTÃO de segurança privada. **Diagrama de causa e efeito.** Disponível em: <<https://www.gestaodesegurancaprivada.com.br/diagrama-de-causa-e-efeito-espinha-de-peixe/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- GUIA trabalhista. **Legislação anexo II.** Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12AnexoII.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2017.
- HIBELER, R. C. **Resistência dos materiais.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- MINISTÉRIO do trabalho. **Normas regulamentadoras.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 30 nov. 2017.
- MULLER, N. **Oficina da net.** Disponível em: <[https://www.oficinadanet.com.br/artigo/desenvolvimento/como\\_fazer\\_um\\_fluxograma](https://www.oficinadanet.com.br/artigo/desenvolvimento/como_fazer_um_fluxograma)>. Acesso em: 23 nov. 2017.
- NORTON, R. L. **Projeto de máquinas.** 4ªed, Porto Alegre: Bookman, 2013.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção (operações industriais e de serviços).** Curitiba: UnicenP, 2007.
- SCHMERSAL. **Schmersal solutions for your industry.** Disponível em: <<http://www.schmersal.com.br/home/>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

## ANEXO A – CARTA DE AUTORIZAÇÃO

São Paulo, 13/06/2017,

Por meio deste documento, autorizo a utilização dos desenhos e fotos referentes à “Prensa” pertencente a Foseco indl. e coml., objeto de estudo para o Trabalho de Conclusão de Curso do aluno Guilherme Ishizaki, RA: 12041, do curso de Engenharia Mecânica.

  
Gerente de Engenharia e Manutenção