



XXVI CREEM

Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica

ILHÉUS/ITABUNA - BAHIA



XXVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica,
CREEM 2019

19 a 23 de agosto de 2019, Ilhéus, BA, Brasil

ANÁLISE E AJUSTE DOS ESFORÇOS DE UMA PRENSA PNEUMÁTICA PARA O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO EM UMA INDUSTRIA DE LATICINIO

Gabriel Nunes Chaves, gnchaves@bol.com.br

Janaína Aparecida Pereira, janainaap@unipam.edu.br

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Campus Soane Nazaré de Andrade, BR-415, Salobrinho, Ilhéus- BA
Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Rua Major Gote, 808, Alto Caiçaras, Patos de Minas – MG

Resumo. *O trabalho foi realizado com o intuito de solucionar defeitos provenientes do maquinário Dreno-prensa em um laticínio localizado no noroeste Mineiro. Impondo técnicas para realizar os devidos testes e aprimoramentos do mesmo, tendo o objetivo de realizar estudos com resistência dos materiais fazendo relevância o estudo do Inox Austenítico 304 como principal material para isso. Com os resultados foi elaborado e construído um novo layout do Maquinário, estendendo assim sua vida útil e gerando lucros para a indústria.*

Palavras chave: *Sistema Pneumático, Inox Austenítico, Indústria de Laticínio, Desenvolvimento de Maquinário.*

1. INTRODUÇÃO

A produção de leite no estado de Minas Gerais sempre obteve tradição e competitividade no mercado nacional. Trabalhos recentes (de Castro, 2011a) apontam que seu percentual maior de produção se concentrava na zona da mata e sul de minas nas quais o clima e o tipo de solo, forneciam uma pastagem ideal para o cultivo do gado leiteiro. Apesar dessa tradição, novos caminhos foram abertos, e o desenvolvimento fez com que houvesse o deslocamento do eixo da produção leiteira do estado para o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, concretizando o surgimento de fazendas de cultivo modernizadas e a indústria de laticínios em toda região. Isto se deu (de Alves, 2017) a partir do incremento de milho e soja na dieta dos bovinos pois, nesta região, predomina mais a pastagem do cerrado mineiro, o que em certo ponto dificultaria o cultivo do gado gir-leiteiro, raça predominante da Holanda que se adapta melhor as condições climáticas mais frias.

De acordo com literatura recente (de Campos, 2001) a região obtém um grande resultado no quesito produção de leite. A cidade de Patos de Minas é a 3º maior cidade produtora de leite do Brasil, com cerca de 155 milhões de litro ao ano. Tanta produção que faz com que a região se destaque por excelência em derivados do leite como queijo, iogurte, manteiga, etc. Para esse avanço acontecer, foi necessário uma série de investimentos em tecnologia, que passa desde pesquisas em rações para o gado até o produto final industrializado por laticínios dessa região. O produtor rural possui um papel importante para este desenvolvimento. Na região, os métodos antigos para a obtenção do leite se tornaram obsoletos e se estabeleceu a cultura da mecanização dos implementos agrícolas. Um avanço significativo foi a implantação da ordenhadeira, o que propiciou aos produtores o cultivo de leite em grande volume (no mínimo 500l de leite por dia). Este aumento ocorreu devido ao decréscimo do preço do leite no estado que varia de acordo com a escassez de água, clima e principalmente o preço da ração. A produção em massa do leite fez com que a renda dos produtores aumentasse e consequentemente o estabelecimento de industrias na região e o avanço de estudos cresça gradativamente.

De acordo com trabalho recente (de Castro 2011b), estas pesquisas fizeram com que nosso mercado crescesse e fosse visto de forma animadora com boas perspectiva para o futuro, mas sempre visando a tradição do patrimônio histórico e cultural do interior de minas, pois há alguns produtores que ainda rejeitam as adaptações de novas tecnologias. Isto é causado devido à baixa renda de produtores pequenos que sem o capital, fica impossibilitado de fazer investimentos em suas terras. A produção de queijo é uma das formas mais viáveis para a transformação do leite em produto para o consumidor. Com vários tipos do alimento obtém se um mercado estabelecido durante todo o ano. Para se conseguir um produto com padrão contínuo de qualidade, é necessário ter equipamentos de qualidade. Para a obtenção de um produto final com uma boa aparência e um bom gosto é necessário ter um controle e conhecimento do maquinário para a produção.

Prezando isto, foi feito uma pesquisa em um laticínio para averiguar possíveis indícios do problema em que, os queijos produzidos apresentassem um teor diferente de soro em sua concentração, e foi detectado problemas na estrutura física da massa do queijo. A massa ao passar pelo maquinário denominado Dreno-Prensa, apresentava deficiências em sua forma, Fig. (1). A Dreno Prensa situa-se no primeiro processo para a obtenção da massa do queijo. O leite preparado com o fermento, é depositado no maquinário para que se ocorra a prensagem para a retirada e drenagem do soro. Para isso

ocorrer, existe os dutos e as chapas de prensagem do mesmo, onde, caso haja problemas em sua estrutura, interfere no meio de produção e altera a qualidade e o rendimento do produto final (uma variedade de queijos finos).

Figura 1. Massa de queijo apresenta um resultado insatisfatório pós primeira prensagem. (Autoria própria, 2017)



A problemática se estendia também quanto a ergonomia dos colaboradores que expostos a jornada diária de trabalho, poderiam estar contraindo riscos de doenças ocupacionais devido sua ergonomia em relação ao equipamento. Assim ficou visível os problemas a serem combatidos na temática, Fig. (2).

Figura 2. Colaboradores abaixando-se para cortar a massa do queijo (Autoria própria, 2017)



Isto era causado devido ao “entortamento” nas placas de prensagem ocasionados por uma pressão exercida por um pistão de acionamento pneumático. Este problema resultava em uma perda de massa excessiva. Entretanto outros problemas vieram à tona como a insegurança do colaborador e, especialmente, ajustes provisórios na máquina.

Este trabalho tem como principal objetivo sanar deficiências em um dos primeiros processos para a obtenção da massa do queijo. Considerando relatórios e análises feitas na própria fábrica, compreendia-se as perspectivas de métodos relacionados a mecânica em equipamentos industriais de força pneumática, fazendo com que haja menos custo de manutenção e mais qualidade no produto final. Com os resultados pretende-se elaborar recomendações técnicas e laudos para as adaptações necessárias na indústria, sempre visando a resistência de materiais e forças empregadas no mesmo para que assim se obtenha um controle correto do maquinário causando o prolongamento da vida útil, melhorando o

produto e gerando economia tanto de tempo quanto econômica contando ainda com a melhora da ergonomia dos colaboradores.

2. METODOLOGIA

O experimento foi realizado em um laticínio da região do Alto Paranaíba onde foi averiguado a deficiência da máquina Dreno-Prensa. O motivo pelo qual a massa do queijo estava apresentando irregularidades estava presente no “entortamento” das chapas. Isto se dá devido à dissipação da pressão em toda chapa crua que afetaria diretamente em suas propriedades mecânicas como resistência a tensão e deformação caso essa força aplicada e não distribuída corretamente sobre sua superfície. Com uma chapa reforçada corretamente, esta força aplicada em um ponto se dissiparia por toda sua superfície, fazendo com que a resistência a deformação seja maior. Para início do procedimento, seguindo a metodologia de resistência dos materiais propostas (de Shigley, et al., 2005), foi representado o esquema atual da máquina e em seguida o mesmo com uma adaptação no seu ponto de apoio (Base do pistão). Sendo assim, foi realizado testes de pressão respectivamente em 3 chaparias de aço inox 304 austenítico em medidas $A(300x300mm)$, $B(500x500mm)$ e $C(1000x1000mm)$ com espessura de $4mm$ apoiadas em uma espuma que representa a densidade da massa do queijo com 3 sequências de aplicação de força pelo pistão exercendo uma pressão de $0,85kg/cm^2$, atuando tanto no centro da chapa como em pontos distintos da mesma.

Para cada espécie de chapa, realizamos o cálculo de pressão considerando a força do pistão, área e distância do local exercido a pressão relativos ao centro da chapa. Em seguida, (segundo a metodologia de Norton, 2013a), foi elaborado um estudo de deformação por pressão aplicada de Mpa por área relativa a distância do centro.

As amostras das chapas foram encaminhadas para o laboratório de resistência dos materiais do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) onde foi realizado os testes de dureza para o aço Inox ASTM 304. Através das análises, foi elaborado um experimento para comprovar os indícios de uma possível deformação gerada através de grandes esforços dos pistões aplicados em áreas onde o acumulo de pressão poderá gerar uma deformação. Isto ocorre pois na antiga chapa, havia uma espécie de um “X” de inox cruzando a mesma. Mais próximo da aresta a pressão aplicada era mais resistente, isso ocorria devido a maior presença de material no canto dificultar a origem de deformações.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Em seguida pegou-se os modelos das chapas em uso no Dreno-Prensa, e notou-se que a sua estrutura apresentava avarias desuniformes, pois onde o pistão prensava havia uma deformação que não ocorria instantaneamente, mas sim com o uso contínuo no dia-a-dia, Fig. (3). Seguindo esta linha de raciocínio e já analisando os possíveis indícios de desgaste, fez-se necessário produzir uma chapa mais reforçada, pois, segundo literatura recente (de Botelho, 2015a), objetos que possuem elementos de reforços estruturais, possuem um maior índice de resistência em relação ao material puro.

Figura 3. Chapas em uso na Dreno-Prensa com várias avarias em sua estrutura (Autoria própria, 2017)



Então foi produzida uma chapa $D(1000x1000mm)$, e em suas bordas completou-se com esquadrias de inox de altura de 50mm e comprimento 40mm. O seu interior foi repartido em 5 seções de 200mm de comprimento, cada seção obteve seu espaço reduzido em 40mm para a inclusão das esquadrias de reforço. Com a chapa D realizou novamente os

testes de pressão. Assim foi feito o procedimento, na 1º vez com a base de apoio do pistão original e a 2º com o inserimento de um cilindro de inox 304 maciço servindo como base com diâmetro de 100mm e espessura de 6mm, Fig. (4)

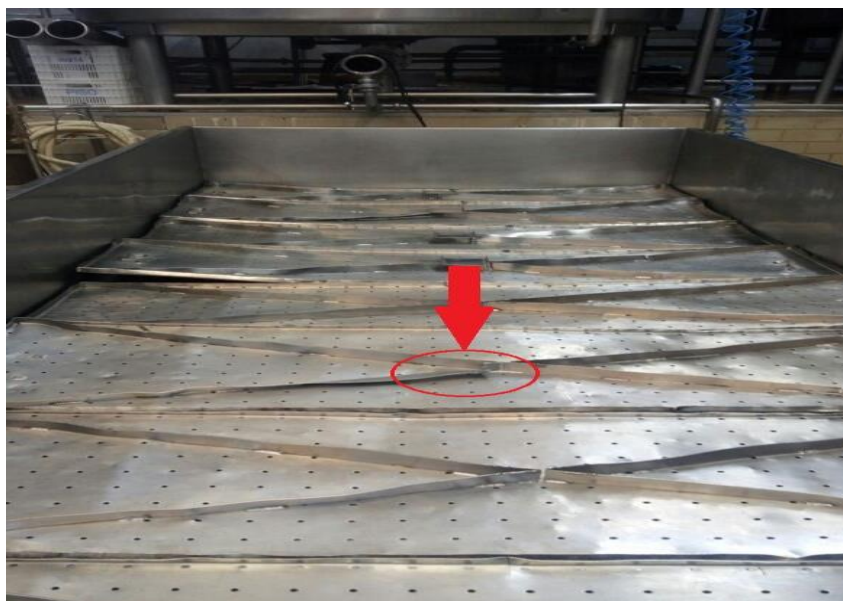
Figura 4. Teste de pistão com a base modificada (Autoria própria, 2017)



Foi utilizado uma máquina esmerilhadora para efeito de teste rápido da porcentagem de carbono do inox. Para obter o nível de carbono no ponto em que o pistão realizou o esforço, pegou se uma amostra da antiga chapa e a esmerilhou, a quantidade de faísca que saia da amostra representava o teor de carbono na chapa (Mais faísca, maior porcentagem de carbono). As análises e uma amostra do inox utilizado na fábrica, foram encaminhadas para o laboratório de resistência dos materiais do Centro Universitário de Patos de Minas (Unipam), para obter-se um teste de dureza do aço inox 304.

De acordo com literatura recente (de Melconiam, 2000a), foi possível identificar também que o dimensionamento dos furos, Figura 5, poderia alterar consideravelmente na tensão e resistência da chapa devido à perda de material no local em que foi retirado material. Para afirmar esta teoria, foi comparado o nível de tensão da chapa sem e com os furos.

Figura 5. Ponto principal de deformação na chapa da Dreno Prensa (Autoria própria, 2017)



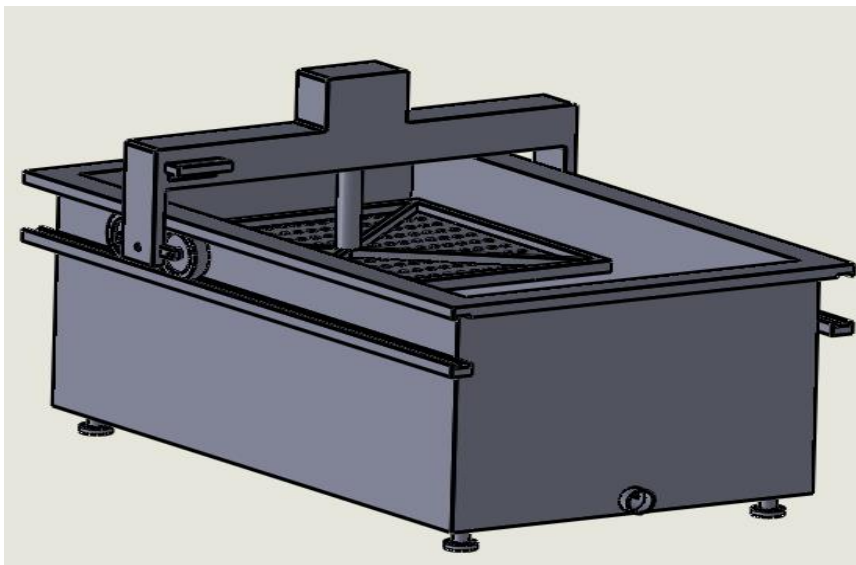
Com as análises feitas, os dados obtidos em relação as duas espécies de chapa (Usual e Nova) foram comparados. A partir das comparações foi possível determinar os pontos de melhoria na máquina, uma vez que os dados revelaram a

solução para o problema, respeitando também a norma NR-12 que estabelece sempre uma confiança pela qualidade do produto e a segurança do seu operador.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

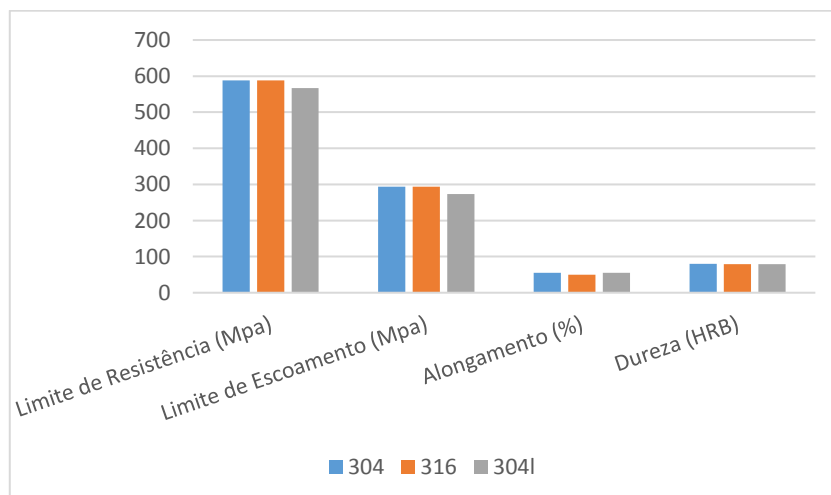
Com base nos resultados obtidos, foi possível detectar que a falha na deformidade das placas era proveniente devido ao modo que foi produzida estar em desacordo com as recomendações técnicas para a confecção da mesma. De acordo com trabalhos recentes (de Norton, 2013b) quanto maior o tamanho e menor a espessura, maior o potencial de deformação da mesma. Assim a chapa usada na atual Dreno Prensa, não é capaz de suportar uma frequência de uso diário sem o auxílio de elementos estruturais condizentes com seu tipo de ambiente e além disso, estava causando transtornos inconvenientes com a situação de trabalho da fábrica. As prensagens não estavam surgindo com a eficiência necessária para se obter uma massa de qualidade na primeira prensagem, e após a confecção do protótipo pode se notar que a pressão distribuída uniformemente na estrutura da nova chapa, fez com que houvesse uma melhor e mais rápida dissolubilidade do soro conforme mostrado na Fig. (6).

Figura 6. Protótipo de nova chapa da Dreno Prensa (Autoria própria, 2017)



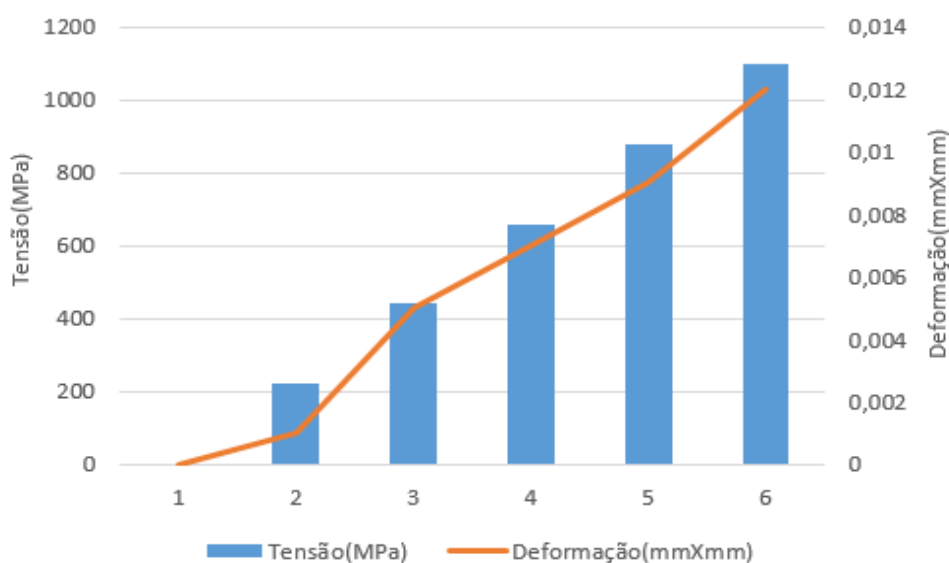
De acordo com trabalho recente (de Botelho, 2015b), para chegar ao colapso das estruturas tem que haver um efeito intermediário causado pelos esforços ativos e reativos que no final gerarão tensões de tração, compressão, cisalhamento e torção. No esquema da máquina, a força intermediária atuava na chapa irregular, motivo que provocava a deformação. Estes levantamentos foram obtidos a partir dos resultados das análises nas amostras do Inox 304 comparado aos Inox 316 e Inox 304L, Fig. (7).

Figura 7. Comparações entre Inox 304, Inox 316 e Inox 304L (Autoria própria, 2017)



Isto se dá devido à dissipação da pressão em toda chapa atual que afetaria diretamente em suas propriedades mecânicas. Trabalho recente (de Chiaverini, 2008), essa força aplicada e não distribuída corretamente sobre sua superfície causa o cisalhamento. Para evitar este tipo de problema, pode-se reforçá-la através de técnicas mecânicas para dissipação de força. Fazendo com que a pressão aplicada em um ponto se dissipe para o restante da chapa através de elementos estruturais, faz com que sua estrutura apresente melhor resistência em relação a uma chapa “simples”, fazendo com que uma reforçada por cantoneiras ou similar apresente uma maior resistência a grandes esforços em sua estrutura. Assim seguimos as análises dos resultados obtidos e a partir da comparação entre Tensão e deformação do inox 304. Afirma-se que o tamanho da chapa e sua espessura faz total diferença em sua aplicação relacionadas a exigência de grandes esforços diários relacionados com a pressão exercida sobre o mesmo. Assim pode se estabelecer uma relação de Tensão por Deformação conforme o gráfico, Fig. (8).

Figura 8. Comparação entre tensão e deformação do Inox 304 utilizado na Dreno Prensa (Autoria Própria, 2017)



Contudo, observaram-se variações físicas entre os elementos estudados. Tais efeitos demonstram a necessidade de confecção de novas chapas para a melhoria do processo de produção do queijo. Assim foi analisado a melhor opção para a fabricação de novas chapas. Seguindo a metodologia (de Beer e Russell, 2011), conclui se que a melhor opção seria a que melhor desempenhasse a resistência após a pressão de aproximadamente $8t$ do cilindro, assim a chapa deveria ser reforçada através de cantoneiras como foi desempenhada no protótipo de teste D e produzida, Fig. (9).

Figura 9. Protótipo da nova da Dreno Prensa (Autoria Própria, 2017)



Com os testes, foi possível esboçar um protótipo de chapa para substituição das antigas conforme Fig. (10). Esta chapa será capaz de suportar uma frequência diária de uso no local por aproximadamente 4 anos sem apresentar avarias. A confecção das mesmas foi concretizada até dezembro de 2017. O retorno financeiro foi de 1 ano, haja vista que a nova chapa reduziu em R\$ 15.000,00 reais ao ano na verba da empresa, uma vez que as novas chapas possuem um nível maior de aproveitamento do potencial da mesma melhorando o escoamento de soro e a qualidade e uniformidade da massa do queijo, aumentando ainda mais o rendimento da mesma.

Figura 10. Nova chapa da Dreno Prensa finalizada (Autoria Própria, 2017)



5. CONCLUSÃO

Conforme exposto em trabalho recente (de Melconiam, 2000b), a chapa com elementos auxiliares em sua estrutura apresenta melhor desempenho quanto a deformação em relação a chapa simples, devido ao melhor dimensionamento dos furos e de seu espaço interno, contando também com os elementos de reforços na estrutura da mesma que propiciam uma melhor resistência e distribuição da força aplicada com a recepção dos trabalhos provenientes do pistão. A melhoria da estrutura da mesma faz com que a massa do queijo após primeira prensagem seja uniforme, ocasionando um melhor rendimento e uma maior porcentagem de lucros para a fábrica. O pistão pneumático trabalha com maior performance se sua base acomodar suave e justo ao elemento de apoio na chapa, propiciando que sua base não escape nem cause acidentes provenientes de condições e atos inseguros.

6. AGRADECIMENTOS

O agradecimento vai primeiramente a Deus, familiares que independente da distância estão sempre nos apoiando a crescermos e tornar nos excelentes seres humanos e profissionais de respeito, à Mestre Janaína Aparecida Pereira pelo incentivo imprescindível para a confecção do projeto, ao Centro Universitário de Patos de Minas pela oportunidade de estar desenvolvendo pesquisas em seus excelentes laboratórios contribuindo de forma grandiosa para nossa formação.

7. REFERÊNCIAS

- Alves, F. O. *A força do triângulo mineiro*. Disponível em: <<http://www.indi.mg.gov.br/a-forca-do-triangulo-mineiro/27/03/2017>>
- Beer, F. P.; Russell, E. J. *Mecânica Vetorial para engenheiros. - Estática dos pontos materiais págs. 15 a 91; Forças distribuídas: Centroides e baricentros págs. 287-362. Análise de estruturas, págs. 369-451*. Lehigh University, Pensilvânia 2011.
- Botelho, M. H. C. *Resistência dos materiais. - Estudando a flexão normal nas vigas isostáticas-Diagramas de momentos fletores, forças cortantes e forças nominais págs. 59-66; Flambagem ou mal característico das peças comprimidas págs. 115-128; estrutura e materiais não resistentes a tração 129-138, a torção e os eixos págs. 153-162*. São Paulo 2015.
- Campos, V. Região lidera produção de leite em Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/giro-lacteo/regiao-lidera-producao-de-leite-em-minas-gerais-12555n.aspx>>Gazeta mercantil março 2001.

- Castro, J. S. *O leite em minas gerais*. Revista SEBRAE/FAEMG, outubro 2010. Disponível em:
<<http://www.sistemaafaemg.com.br> Belo Horizonte, 2011
- Chiaverini, V. *Tecnologia Mecânica, materiais de construção mecânica. - Matérias resistentes a corrosão e ao calor*. págs. 250-259. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2008
- Melconiam, Sarkis. *Elementos de Máquinas*. Editora Érica, São Paulo, 2000.
- Norton, R. L. *Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada*. 2ª Edição. Editora ArtMed, São Paulo, 2013.
- Shigley, J. E.; Mischke, C. R.; Budynas, R. G. *Projeto de Engenharia Mecânica*. 7ª edição. Editora ArtMed. São Paulo. 2005.

8. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.