

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS GUARAPUAVA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA

FELIPE MOYSES KOBYLANSKI

**PROJETO ADAPTATIVO EM ELEVADOR DE CANECAS DE UMA
AGROINDUSTRIA NA REGIÃO DE GUARAPUAVA**

GUARAPUAVA
2021

FELIPE MOYSES KOBYLANSKI

**PROJETO ADAPTATIVO EM ELEVADOR DE CANECAS DE UMA
AGROINDUSTRIA NA REGIÃO DE GUARAPUAVA**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Mecânica, como
requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia Mecânica, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Alves Ramalho

GUARAPUAVA

2021



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso
INCLUIR AQUI O TÍTULO DO TRABALHO

por
FELIPE MOYSES KOBYLANSKI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16:30 do dia 07 de Junho de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Guarapuava. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos Membros abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso, em sua forma final, pela Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica foi considerado APROVADO.

Prof.^a. Dr.^a Denise Alves Ramalho - Prof. Orientadora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Guarapuava

Prof. Dr. Aldo Przybysz,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Guarapuava

Prof. Dr. Sergio Dalmas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Guarapuava

Felipe Moyses Kobylanski

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me dado saúde e sabedoria nessa trajetória, de alegrias e dificuldades. Em memória ao meu avô Sebastião dos Santos Tabora e meu pai Henrique Kobylanski que sigo como exemplo de vida, a qual sempre me apoiaram e me incentivaram em todas as minhas escolhas. A minha mãe Débora Regina Xavier Tabora Kobylanski, estando ao meu lado sempre. A meu irmão Nathan Gustavo Kobylanski, sempre está me ajudando. Minha avó Purcinia Xavier Tabora (Cininha) que é minha segunda mãe, obrigada por estar cuidando tão bem da gente. A minha esposa Thaianne Louise Menon por todo o companheirismo e compreensão, e aos meus tios.

A minha orientadora, professora doutora Denise por me receber com alegria como seu orientado, pelos conhecimentos e experiências compartilhadas, por confiar em mim na realização desta pesquisa.

Aos meus professores da faculdade, que foram primordiais para a minha formação. E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Os únicos limites das nossas realizações de amanhã são as nossas dúvidas e hesitações de hoje”.

Franklin Roosevelt

RESUMO

O setor agroindustrial tem um impacto considerável no Produto Interno Bruto Brasileiro, portanto as indústrias todo ano aumentam a sua produção e como reflexo disso precisam de maior agilidade no armazenamento de grãos. Devido à essa necessidade, as empresas devem olhar com maior prioridade a alguns equipamentos que tem grande importância nessa área, e entre eles podemos destacar o elevador de canecas. Com o passar dos anos e o avanço tecnológico, as máquinas se tornam obsoletas rapidamente, entretanto, os profissionais buscam por soluções com o menor custo, entre elas o *retrofit*. Neste contexto, o trabalho justifica-se pela necessidade de estabelecer ações de melhorias e de manutenção para elevadores de caneca utilizados na agroindústria, estabelecendo como objetivo geral a realização de um projeto de *retrofit*, avaliando a aplicabilidade da bucha cônica, e da solda como recurso aplicável para promover a otimização, aumentar o desempenho e prevenir a falha funcional da máquina pela quebra da solda que une o tambor ao eixo que traciona a correia do elevador de canecas. Para o alcance do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: adquirir conhecimento sobre o funcionamento e aplicabilidade do elevador de canecas; identificar se a idealização das alterações funcionais desenvolvidas pelo projeto se enquadram como manutenção preventiva, corretiva, preditiva ou *retrofit*; identificar se a utilização da bucha cônica se sobrepõe a união por solda; demonstrar a aplicabilidade do projeto por meio dos cálculos e do protótipos e do desenho 3D. Após o apontamento da proposta de ação e do desenvolvimento da metodologia proposta e das análises do projeto quanto aos esforços aplicados entre o rolo e o eixo e pelas simulações desenvolvidas, foi possível concluir que, pela facilidade de manutenção, quando em casos de rompimento do eixo, rolamento, mancal ou o próprio tambor, torna-se necessário apenas desmontar a bucha cônica, processo que não ocorre com solda, tendo em vista que, as partes soldadas devem ser cortadas e muitas vezes com isso não servem mais, sendo perdidos eixo e tambor. Quanto às alterações funcionais propostas, observou-se após o desenvolvimento da proposta que o projeto se aplica na categoria de *retrofit* e não de manutenção corretiva ou preditiva, tendo em vista a modernização e atualização através da incorporação de materiais que foram propostos pelo projeto. Por todas as perspectivas de análise, o conjunto com a bucha cônica é a proposta de *retrofit* que melhor se aplica para apresentação das mudanças propostas para o equipamento elevador de canecas.

Palavras-chave: Elevador de Canecas, *Retrofit*, Agroindustrial.

ABSTRACT

The agro-industrial sector has a considerable impact on the Brazilian Gross Domestic Product, so the industries increase their production every year and as a result of this they need greater agility in grain storage. Because of this need, companies should look at some equipment that is of great importance in this area with greater priority, and among them we can highlight the mug elevator. As the years go by and technological advancement, the machines become obsolete quickly, however professionals look for solutions with the lowest cost, among them the retrofit, in this context, the work is justified by the need to establish improvement and maintenance actions for mug elevators used in the agribusiness, establishing as a general objective the realization of a retrofit project, evaluating the applicability of the tapered bushing, and the weld as an applicable resource to promote optimization, increase performance and prevent the functional failure of the machine by breaking the weld that joins the drum to the shaft that pulls the bucket elevator belt. In order to achieve the general objective, the following specific objectives were established: to acquire knowledge about the operation and applicability of the bucket elevator; identify whether the idealization of the functional changes developed by the project fit into preventive, corrective, predictive or retrofit maintenance; identify whether the use of the tapered bushing overlaps the weld joint; demonstrate the applicability of the project through calculations and prototypes and 3D design. After pointing out the proposed action and the development of the proposed methodology and the analysis of the project regarding the efforts applied between the roller and the shaft and the simulations developed, it was possible to conclude that due to the ease of maintenance, when in cases of shaft breakage, bearing, bearing or the drum itself, it is only necessary to disassemble the tapered bushing, a process that does not occur with welding, considering that the welded parts must be cut and often with this they no longer serve being lost axle and drum. As for the proposed functional changes, it was observed after the development of the proposal that the project applies in the retrofit category and not corrective or predictive maintenance, with a view to modernization and updating through the incorporation of materials that were proposed by the project. From all perspectives of analysis, the set with the tapered bushing is the retrofit proposal that best applies to the presentation of the proposed changes for the bucket elevator equipment

Keywords: Can Elevator, Retrofit, Agroindustrial.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Elevador de Canecas.....	16
Figura 2 - Partes do Elevador de Canecas	17
Figura 3 - Canecas.....	18
Figura 4 - Correia de Borracha.....	18
Figura 5 - Tambor de Acionamento.....	19
Figura 6 - Motor Trifásico Assíncrono de Indução CA.....	19
Figura 7 - Imagem da Bucha Cônica Tipo QD.....	28
Figura 8 - Bucha Cônica Desenvolvida para o Projeto de Retrofit do elevador de Canecas.....	30
Figura 9 - Rolo para Bucha Cônica Desenvolvida para o Projeto de Retrofit do Elevador de Canecas	30
Figura 10 - Revestimento do Rolo para Bucha Cônica Desenvolvida para o Projeto de Retrofit do Elevador de Canecas.....	31
Figura 11 - Eixo para Bucha Cônica com Novo Dimensionamento.....	32
Figura 12 - Parafuso com Novas Dimensões para Bucha Cônica.....	32
Figura 13 - Chaveta.....	33
Figura 14 Conjunto Rolo com Bucha Cônica - Análise Estática.....	34
Figura 15 - Chapa de Solda Para Unir o tambor ao Eixo	36
Figura 16 - Estudo Estático do Eixo Soldado - Contornos Tensão Von Mises	37
Figura 17 Estudo Estático do eixo para Maior Área de Solda - Contornos Tensão Von Mises.....	38
Figura 18 - Conjunto Rolo Soldado - Torque Rolo Soldado	40
Figura 19 - Eixo para Maior Área da Solda	41
Figura 20 - Conjunto Rolo com Maior Área de Solda.....	41
Figura 21 - Conjunto rolo e Maior Área da Solda	42
Figura 22 - Caneca com Dimensões Ideais para o Projeto.....	43

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Dados para os Cálculos das Alterações no Elevador de Canecas	28
Tabela 2: Dimensões do Cone de Aperto (Bucha Cônica)	29
Tabela 3: Resultados das Equações para Aplicabilidade na Solda.....	39

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1- Principais Modalidades de Manutenção Empregadas na Engenharia Mecânica.....	23
Quadro 2 - Legenda dos Dados Calculados nas Equações para Solda.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DO BRASIL - MARCO HISTÓRICO	13
2.1.1 A Evolução Industrial.....	14
2.2 ELEVADOR DE CANECAS E SEUS COMPONENTES.....	16
2.2.2 Principais Componentes do Elevador de Canecas	17
2.2.3 motor trifásico de indução ca.....	19
2.3 ELEVADOR DE CANECA: MANUTENÇÃO OU <i>RETROFIT</i>	21
2.3.1 Tipos de manutenção	22
3. OBJETIVOS	25
4. METODOLOGIA.....	26
4.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
5. DESENVOLVIMENTO	28
5.1 BUCHA CÔNICA.....	28
5.2 SOLDA	35
6. CONCLUSÕES	45
7. REFERENCIAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior exportação de grãos do mundo. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019), o Brasil contou com uma produção de 240,7 milhões de toneladas de grãos, 6,3% acima dos resultados obtidos em 2018.

Com a produção acelerada no mercado produtor de soja, torna-se fundamentalmente necessário que ações que promovam cada vez mais o aumento da produtividade sejam estabelecidas na colheita e nas indústrias de beneficiamento. Para tal, a tecnologia vem se apresentando como uma ferramenta de evolução do agronegócio, aliando soluções e projetos de adaptação, de modo a modernizar equipamentos desatualizados ou obsoletos, iniciativa esta cada vez mais frequente no mercado, devido ao baixo investimento, quando comparado a aquisição de máquinas e equipamentos novos (MANUTEC, 2019).

Nas indústrias de beneficiamento de soja, os elevadores de caneca possuem papel importante no transporte do grão, assim como em vários outros setores produtivos. O elevador de caneca é considerado o meio mais eficaz para o transporte de grãos, sendo essencial para fábricas do ramo alimentício. Possui grande demanda na indústria por ter várias vantagens em relação aos outros meios de transporte de grãos, facilitando e oferecendo retorno ao investimento feito a empresas agroindustriais (YAMAKI, 2014).

Mesmo com a grande importância para o transporte de grãos, a manutenção do elevador de caneca está sendo dificultada pela falta de peças de reposição em seus componentes motor e redutor, pois seu fabricante mudou a linha de produção com novos modelos e parou de fabricar os antigos, surgindo a necessidade de efetuar um projeto adaptativo, substituindo seu motor e redutor atualizando assim o equipamento. Sendo assim, o projeto justifica-se pela necessidade de estabelecer ações de melhorias e de manutenção para elevadores de caneca utilizados na agroindústria. Através da revisão de bibliografia, com a finalidade de obter conhecimento prévio dos processos que envolvem a funcionalidade do elevador de canecas para uso no agronegócio a partir do conhecimento adquirido das ações de *retrofit*, visando a diminuição dos desgastes e da quebra da solda que une o tambor ao eixo que traciona a correia, e que conseqüentemente foi possível adquirir o conhecimento teórico.

A pesquisa aborda o método qualitativo, caracterizado pela descrição do problema a partir da compreensão e da classificação dos processos vivenciados, de modo a contribuir para mudanças necessárias com base nos objetivos da pesquisa exploratória, visto que a pesquisa tem por objetivo expor os problemas apresentados pelos desgastes dos componentes e rolamentos pela corrosão provocada por atritos e pela exposição ambiental, tendo em vista, sua exposição ao meio ambiente.

Tendo em vista as questões apresentadas, o presente trabalho de conclusão de curso tem por objetivo geral realizar um projeto de *retrofit* para elevadores de canecas utilizados na agroindústria, avaliando a aplicabilidade da bucha cônica, e da solda como recurso aplicável ao projeto, objetivando promover a otimização, aumentar o desempenho e prevenir a falha funcional da máquina pela quebra da solda que une o tambor ao eixo que traciona a correia do elevador de canecas.

Para o alcance do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: identificar se a idealização das alterações funcionais desenvolvidas pelo projeto se enquadram como manutenção preventiva, corretiva, preditiva ou *retrofit*; identificar se a utilização da bucha cônica se sobrepõe à união por solda; demonstrar a aplicabilidade do projeto por meio dos cálculos e dos protótipos e do desenho 3D.

O trabalho foi estruturado em três capítulos: o primeiro capítulo busca estabelecer os processos de industrialização no Brasil, seus marcos históricos e a evolução industrial no país. O segundo capítulo apresenta o elevador de caneca e seus componentes e por fim, o terceiro capítulo aborda o tema elevador de caneca na perspectiva de uma análise quanto ao processo de manutenção ou *retrofit*. No quarto capítulo apresenta-se a discussão do projeto através da análise do dimensionamento dos elementos que entregam a pesquisa, sendo estes: os cálculos dos protótipos e desenho 3D. O quinto capítulo traz as conclusões para o projeto, realizando as considerações sobre a aplicabilidade do mesmo. No sexto e último capítulo, são apresentadas as fontes teóricas que fundamentam a pesquisa.

Tendo em vista as questões apresentadas, o presente trabalho tem por objetivo geral realizar um projeto de *retrofit* para elevadores de canecas utilizados na agroindústria, avaliando a aplicabilidade da bucha cônica, e da solda como recurso aplicável ao projeto, objetivando promover a otimização, aumentar o desempenho e prevenir a falha funcional da máquina pela quebra da solda que une o tambor ao eixo que traciona a correia do elevador de canecas.

Para o alcance do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar se a idealização das alterações funcionais desenvolvidas pelo projeto se enquadra como manutenção preventiva, corretiva, preditiva ou retrofit;
- Verificar se a utilização da bucha cônica se sobrepõe a união por solda;
- Demonstrar a aplicabilidade do projeto por meio dos cálculos e dos protótipos e do desenho 3D.

Com base nas questões da pesquisa e nos objetivos do trabalho de conclusão do curso, a pesquisa justifica-se pela criação de processos que contribuem para a otimização produtiva dos elevadores de caneca, máquina amplamente utilizada na agroindústria.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DO BRASIL - MARCO HISTÓRICO

O desenvolvimento industrial no Brasil, ocorre desde o século XIX, tendo início com um setor industrial muito simples e subsidiário, a produção cafeeira, principal atividade econômica do período. Atrelado ao café, o desenvolvimento industrial tinha como principal característica a exportação da produção nacional, cenário que durou até fim da década de 1920. A partir de meados de 1930 até 1950, o Brasil finalmente transformou-se em um país com características industriais, integrado e cada vez mais aberto ao comércio exterior por intermédio da promoção das exportações relativas aos manufaturados (VERSIANI e SUZIGAN, 1990).

Alguns empresários brasileiros unidos à Evangelista de Souza, o Visconde de Mauá, e a grupos estrangeiros, viabilizaram a construção das estradas de ferro e, desta forma, contribuíram para organização das empresas de transportes urbanos e gás e também para a criação dos estabelecimentos bancários e seguradoras. Porém, mesmo com todas as evoluções propostas, a economia oficial, continuava a privilegiar a agricultura exportadora (ARAUJO, 2006).

Com o surgimento de grandes indústrias pelo Brasil, as pequenas manufaturas foram engolidas, o investimento na industrialização era muito alto, chegando a ser importados lotes inteiros de máquinas e equipamentos que estruturariam as indústrias brasileiras (ARAUJO, 2006).

No início do século XX, após a expansão e desenvolvimento das indústrias de máquinas e equipamentos na Inglaterra, Europa Continental e nos Estados Unidos, as atenções se voltaram para os fatores que explicam o aparecimento de uma indústria de máquinas e equipamentos em uma economia periférica como ao do Brasil, especificadamente na província e posteriormente no Estado de São Paulo (MARSON, 2014).

A evolução da indústria de máquinas em São Paulo, no início do Século XX, está atrelada as necessidades de manutenção técnica de máquinas e ferramentas próximas dos locais onde estavam instaladas, tendo em vista se tratarem de máquinas importadas de outros países, o que dificultava grandemente o processo de manutenção e revisão destes equipamentos. Outro motivo para o crescimento da produção industrial em solo brasileiro estava na oferta de trabalhadores imigrantes

relativamente qualificados, o que criava um cenário positivo para a gênese das indústrias de máquinas no estado de São Paulo (MARSON, 2014).

Com a crise do café, a 1.^a e 2.^a Guerra Mundial e a crise econômica de 1929, o Brasil destacou-se no processo de industrialização, tendo em vista que o mercado de bens de consumo aumentava gradativamente, tornando o Brasil um território promissor, celeiro lucrativo para novas empresas (CANO, 2015).

É válido ressaltar que o caminho da industrialização brasileira foi longo e cheio de percalços, e que a expansão industrial brasileira se iniciou no decorrer das décadas de 1940 e 1950, especificamente após a segunda metade de 1950, período em que o setor industrial passou a ser considerado o carro chefe da economia brasileira (CANO, 2015).

No decorrer do período colonial, através das normas relativas à política econômica mercantilista, não podia-se implantar no Brasil nenhuma atividade produtiva que pudesse competir com aquelas atividades da metrópole ou que prejudicasse seus interesses comerciais (VESENTINI, 2009).

2.1.1 A Evolução Industrial

As indústrias a cada dia se tornam ambientes automatizados e eficientes, produzindo mudanças que influenciam todos os processos de produção. O processo de mecanização das indústrias, iniciado durante a Revolução Industrial na Inglaterra, não ficou limitado apenas aos séculos XVII e XIX. Com a evolução industrial e com o poder de compra e escolha da humanidade, novas tecnologias foram desenvolvidas com o propósito de atender a sociedade dentro de seus desejos e exigências, e assim, novas tecnologias foram desenvolvidas para aumentar a quantidade e a qualidade dos itens produzidos, minimizar as perdas e maximizando a eficiência por meio da introdução de máquinas cada vez mais alinhadas às necessidades, oferecendo qualidade e otimização dos processos fabris, e assim, construir a automação industrial (MARSON, 2014).

A automação industrial pode ser empregada em máquinas e processos relacionados à indústria automobilística, química, de mineração, entre outras. Considerando as empresas relacionadas à produção de automóveis, as máquinas automatizadas atuam na execução de pinturas, realização de soldas e modelagem de chapas no formato desejado para os veículos. Atualmente, a parte mais visível dos processos de automação está ligada ao

emprego de robôs nas linhas de montagem e produção, ou seja, a aplicação da robótica. A utilização de sistemas compostos por transmissores de pressão, vazão, temperatura, entre outras variáveis, permitiu a instalação destas máquinas nas indústrias petroquímicas e farmacêuticas, nas quais exige-se um elevado nível de precisão (MATEUS, 2016).

A mecanização da indústria através dos processos tecnológicos produz um novo processo de revolução (MACHADO e JÚNIOR, 2018).

A palavra 'revolução' denota mudança abrupta e radical. Em nossa história, as revoluções têm ocorrido quando novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo desencadeiam uma alteração profunda nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos (SCHWAB 2016, p. 15).

A tecnologia aplicada à indústria contribui para a redução de custos e aumento da produção de bens, sejam bens de consumo ou bens de capital. Os processos de aprimoramento e as invenções tecnológicas do século XXI estão influenciando os rumos da economia, gerando avanços na qualidade da vida humana (SOUTO, 2019).

Para Coimbra (2017), a tecnologia é um fruto do conhecimento humano acumulado ao longo dos anos, e os avanços tecnológicos têm sido cada vez mais rápidos à medida que a humanidade vai desvendando os mistérios que permeiam o funcionamento do cérebro.

Por meio das novas tecnologias, que visam a modernização e readequação das indústrias, máquinas e equipamentos, iniciou-se um movimento com visão sustentável, aplicável à conservação e melhorias de máquinas e equipamentos, denominado *retrofit* (SOUTO, 2019).

O conceito de *retrofit* ("retro", do latim, significa movimentar-se para trás e "fit", do inglês, adaptação, ajuste) surgiu ao final da década de 90 nos Estados Unidos e na Europa. A princípio, o termo foi utilizado na indústria aeronáutica e referia-se à atualização de aeronaves, aos novos e modernos equipamentos disponíveis no mercado e, com o passar do tempo, começou a ser empregado, também, na Construção Civil. A ideia em foco diz respeito ao processo de modernização e atualização através da incorporação de avanços tecnológicos e da utilização de materiais de última geração (BARRIENTOS E QUALHARINI 2004, p.1).

O *Retrofit*, na prática industrial, tem por objetivo produzir modificações e melhorias em máquinas e equipamentos para que voltem a possuir características para as quais foram projetadas e que, devido aos desgastes da produção, tenham se tornado obsoletas, em situações em que peças e componentes deixaram de ser fabricados ou até mesmo quando se deseja a implementação de melhorias que

permitam aumentar a produção ou tempo de produtividade (GRAMS E CETNAROWKI, 2014).

2.2 ELEVADOR DE CANECAS E SEUS COMPONENTES

O elevador de canecas ou caçamba, é um equipamento transportador com finalidade de elevar materiais granulados a uma altura satisfatória para serem despejados em um ponto pré-determinado através de calhas ou tubulações, conforme apresentado na figura 1. (KEPLER WEBER, 2004).

Figura 1 - Elevador de Canecas



Fonte: FABRICA DE PROJETOS (2013).

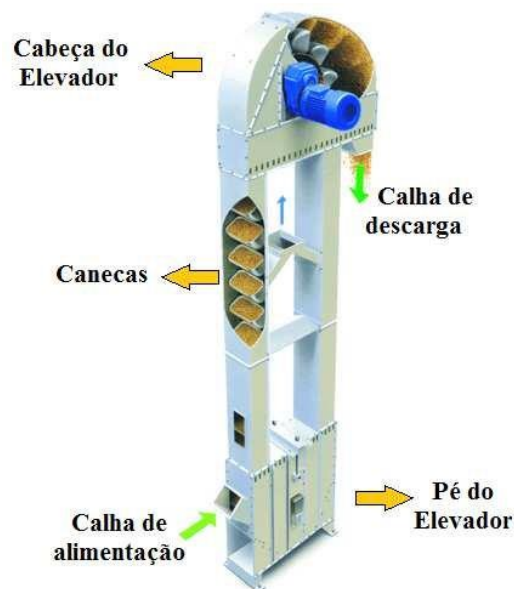
Santos (2010), afirma que o primeiro elevador de canecas de que se tem notícia na história foi utilizado na Babilônia, com a finalidade de irrigação, foi constituído por um sistema de cestos que após estarem cheios de água eram elevados até uma determinada altura.

Por décadas, o elevador de canecas, por ser um equipamento de fácil implementação e simplicidade, manteve-se com poucas mudanças. Construídos de acordo com o material transportado, possuem várias formas e inclinações que variam de 70° a 90° [inclinações dos... em relação a..., sempre considerando sua altura e as características físicas dos produtos transportados. Classificados de acordo com o seu sistema de descarga, podendo ser de centrífuga ou contínuo e suas canecas podem ter duas ligações distintas: correia ou corrente (MARTINS et al., 2016).

2.2.2 Principais Componentes do Elevador de Canecas

Basicamente composto por: canecas, correia, tambor de acionamento e retorno, cabeça do elevador, pé do elevador, motor trifásico de indução CA e redutores, conforme apresentado na figura 2. O elevador de caneca é considerado o melhor meio de transporte vertical, consegue transportar materiais a granel com eficiência e economia de custo e espaço físico (MARTINS et al., 2016).

Figura 2 - Partes do Elevador de Canecas



Fonte: FRITZEN (2018)

- Calha de alimentação: sua função é captar o material a ser transportado pelo elevador localizado na parte inferior do elevador.
- Canecas: também chamadas de caçambas, demonstradas na figura 3, são desenvolvidas em chapas soldadas ou polímeros, dependendo do produto a ser transportado.

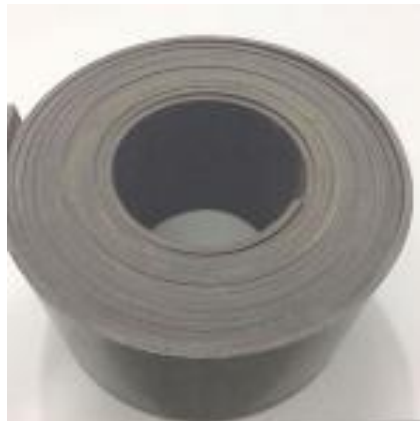
Figura 3 - Canecas



Fonte: FERRAZ MÁQUINAS (2019)

A fixação das canecas é feita por parafusos, prendendo a caneca na correia, que normalmente é fabricada em borracha ou *nylon*, conforme apresenta a figura 4.

Figura 4 - Correia de Borracha



FONTE: VULCARA (2019)

Cabeça do elevador: localizado na parte superior do elevador, local onde se encontra o tambor de acionamento e a calha de descarga, componente que possui a função de guiar todo o material a ser descarregador pela caneca, onde a descarga de material granulado ocorre, e onde a unidade completa de acionamento fica localizada (YAMAKI, 2014).

A unidade de acionamento ou *drive*, é uma estrutura sustentada por uma plataforma, constituída pelo motor com a base e o redutor de velocidade, podendo o redutor de velocidade ser acionado diretamente ou pelo tambor de acionamento, ou ainda por luvas estáticas (MARTINS et. al., 2016).

Figura 5 - Tambor de Acionamento



FONTE: PAMPEIRO (2019)

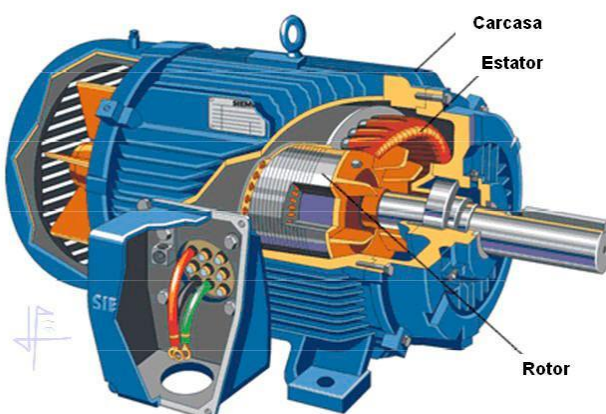
- Pé do elevador: parte inferior do elevador, local onde está localizado o tambor de retorno, a calha de alimentação e o esticador.

2.2.3 Motor trifásico de indução CA

O motor de indução trifásico, principal fonte de movimento dentre os motores na aplicação industrial vai além da manufatura e produção. Esses motores podem ser utilizados em ambientes como prédios e residências, realizando tarefas do cotidiano, tais como acionamentos de bombas, compressores, ventiladores, moinhos, esteiras, elevadores, entre outros (BARNES, 2003).

O motor trifásico, assíncrono de indução CA é constituído basicamente por um estator com enrolamento trifásico e um rotor, gaiola de esquilo, como apresentado na figura 6. Com velocidade de rotor, maior do que o campo girante, o assíncrono, e seu percentual denominado escorregamento (DEVITTE, 2012).

Figura 6 - Motor Trifásico Assíncrono de Indução CA



Fonte: ELETROVAL (1998)

Popular por sua vasta aplicação, também possui características como robustez e confiabilidade, além de preço baixo e necessidades reduzidas de manutenção. Todavia, para que sua atuação se enquadre nas necessidades industriais, é necessário que o motor trabalhe em velocidade diferente da velocidade habitual. Sendo assim, torna-se necessária a inserção de conversores de potência, e de circuitos de controle que possibilitem o ajustamento do motor as necessidades operacionais (PAREKH, 2003).

Composto por duas partes eletromagnéticas, o motor de indução trifásico possui a parte fixa, o estator, e outra rotativa, o rotor. Constituídas por um circuito elétrico, produzindo uma corrente e por um circuito magnético que produz o fluxo magnético. O rotor é alimentado por correntes induzidas pelo estator, e o mesmo, alimentado por tensão trifásica (BARNES, 2003).

Sobre os motores CA, Barnes, (2003), descreve as seguintes características:

- Velocidade do motor – é dada pelo n.º de polos (p) e pela frequência de alimentação (f) do motor.

A velocidade de rotação (n_s) do motor síncrono é representada por:

$$n_s = \frac{f \cdot 120}{p} \text{ rpm} \quad (1)$$

- No motor assíncrono, a velocidade do eixo (n) tem um escorregamento na velocidade de rotação do fluxo estator, dado por:

$$n = (n_s - \text{escorregamento}) \text{ rpm} \quad (2)$$

- Fluxo de entreferro (\emptyset)
 - Diretamente proporcional à amplitude da tensão de alimentação
 - Inversamente proporcional a frequência de alimentação.

$$\emptyset \propto \frac{v}{f} \quad (3)$$

- Toque de saída – depende do fluxo do entreferro e da corrente do rotor.

$$T \propto \emptyset I_R \quad (4)$$

- Potência de saída – proporcionalmente ao produto do tanque de saída e com a velocidade de rotação.

$$P \propto T n \quad (5)$$

2.3 ELEVADOR DE CANECA: MANUTENÇÃO OU *RETROFIT*

O desenvolvimento das organizações e a sofisticação dos processos e dos equipamentos exigem investimentos e inovações por parte da linha de produção. Neste sentido, não sendo suficiente apenas dispor de instrumentos, torna-se necessário, além de saber utilizá-los racionalmente, saber extrair o máximo de aproveitamento desses equipamentos, prolongando sua vida útil através de manutenções programadas ou produzindo melhorias para otimização dos resultados (COSTA, 2013).

A manutenção é um processo conceituado estabelecido pela combinação de ações técnicas, administrativas e de supervisão, que visam conservar ou recolocar um componente ao estado que possa desempenhar a função estabelecida (XENOS, 1998).

Com base neste contexto, Kardec e Nascif (2009), declaram: “na visão atual, a manutenção existe para que não haja manutenção. O trabalho da manutenção está sendo enobrecido, e, cada vez mais, a equipe de manutenção deve estar qualificada para evitar falhas e não para corrigi-las”.

A manutenção com vias de desenvolver um papel estratégico para empresas e organizações deve estar voltada para os resultados, deixando de ser eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não apenas reparando equipamentos, mas, mantendo a função destes equipamentos, ou até buscando aprimorá-los (KARDEC & NASCIF, 2009).

Para Souza (2008), as corporações vêm pesquisando incessantemente novas maneiras de gerir, através de ferramentas de qualidade, confiabilidade e produtividade, todos os processos de manutenção. Neste contexto, as atribuições da engenharia de produção começam pela incansável busca de ações de melhorias, sendo capaz de visualizar o invisível, e de maneira prática, implantar projetos que atinjam objetivos práticos quanto a manutenção e melhoria de equipamentos, para que assim sejam identificadas as falhas funcionais provenientes principalmente da deterioração de máquinas de equipamentos (COSTA, 2013).

A ABNT-NBR 5462 (1994, p.4) define falha por deterioração como: “Falha que resulta de mecanismos de deterioração inerentes ao *item*, os quais determinam uma taxa de falha instantânea crescente e temporária”.

A análise da falha de um equipamento é um processo vital e que deve fazer parte do cotidiano do setor de manutenção de qualquer empresa, visto que através dela, torna-se possível a identificação das causas do defeito, e assim, trabalhar as condições das causas desde a estaca zero, fornecendo maior disponibilidade física e confiabilidade aos equipamentos que passaram pelos processos de manutenção (BRAIDOTTI, 2011).

Xenos (2014), estabelece três categorias de causa de falhas: falta de resistência, uso inadequado e manutenção inadequada. O autor define que a falta de resistência advém da deficiência do projeto, o uso inadequado significa que o equipamento está sendo submetido a uma exigência excessiva quanto à sua capacidade, e a manutenção inadequada implica em ações preventivas e corretivas insuficientes ou incorretas.

As falhas nos equipamentos raramente possuem uma única causa fundamental. As falhas são geralmente causadas pela interação de várias causas fundamentais menos significativas. Desse modo, uma investigação das causas fundamentais deve ser extremamente abrangente considerando diversos aspectos diferentes (XENOS, 1998).

Para Shook (2008), há de se pensar em soluções para os casos em que as máquinas não alcancem o desempenho esperado, pois a falta de desempenho caracteriza um nível de performance não alcançado. Nestes casos, exige-se que ações de melhorias e de manutenções de qualidade sejam propostas para o aumento no padrão pelas quais as atividades são executadas, e assim, solucionar problemas.

2.3.1 Tipos de manutenção

Para ENGEMAN [s.d.], independentemente da aplicação, a manutenção pode ser definida como conjunto de procedimentos de realização periódica em máquinas, equipamentos e sistemas, objetivando manter a todos os dispositivos em funcionamento pleno, garantindo o funcionamento eficiente de todas as funções

desempenhadas. Dentre as linhas diferentes de manutenção, três possuem maior destaque conforme estabelecidas no quadro 1 representado abaixo:

Quadro 1- Principais Modalidades de Manutenção Empregadas na Engenharia Mecânica

Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva
A manutenção corretiva opera na correção de falhas, quebras ou defeitos, através de intervenções que façam as máquinas operarem em sua qualidade normal.	A manutenção preventiva impede quebras e aparições de falhas em máquinas e componentes.	A manutenção preditiva consiste nas atualizações nas máquinas de acordo com alterações e parâmetros de controle.
A manutenção corretiva pode ser dividida em dois tipos:	Dentre as principais vantagens da manutenção preventiva, destaca-se:	Dentre as principais vantagens da manutenção preditiva destaca-se
<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção Corretiva não Planejada: corrige falhas aleatórias em situações que não existe tempo para o agendamento do serviço de reparo. Concebida por correções de quebras que mantêm máquinas e equipamentos fora de operação. São operações caras que demandam tempo e geram perdas de produção ou serviços. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução no envelhecimento e deterioração de equipamentos; • Ampliação da vida útil; • Redução das paradas e tarefas corretivas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Probabilidade de previsão das operações nas máquinas; • Supressão das inspeções físicas e desmontagem de equipamentos; • Diminuição das intervenções corretivas;
<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção Corretiva Planejada: realizada em casos de perda de performance das máquinas — exige tempo na programação e planejamento e intervenção. Ação mais barata que as tarefas não planejadas, porém, gera perdas pela queda de desempenho dos equipamentos. Ideal que seja realizada o quanto antes para evitar que falhas ocorram. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução dos riscos e acidentes; • Redução dos custos da manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos; • Segurança de confiabilidade do equipamento; • Acréscimo da vida útil; • Decisão de causas raízes.
A Manutenção Corretiva não possui benefícios, somente corrige falhas e retorna os equipamentos ao funcionamento.	Não atenua as trocas de componentes em determinado equipamento, permitindo que a vida útil dele seja maximizada.	Tipo de manutenção que exige investimentos — sensores, softwares e computadores. Através do uso da tecnologia é possível monitorar, pois a manutenção preditiva pode ser feita de forma remota.

Fonte: ENGEMAN (on-line)

Manutenção e *retrofit* não configuram na mesma ação, ou seja, são ações diferentes, tendo em vista que a manutenção caracteriza por pequenas intervenções que não alteram por completo a funcionalidade da máquina ou equipamento. Já o *retrofit* envolve a atuação mais ampla, implica em uma maior intervenção de atualização e modernização, alterando a estrutura de determinada máquina ou equipamento (YAMAKI, 2014).

Para Leite (2007), a manutenção ou *retrofit* de máquinas e equipamentos industriais se transformaram em soluções para empresas que objetivam dar uma

“sobrevida” para máquinas antigas, de mecanismos obsoletos ou até mesmo naqueles casos em que se torna necessário a otimização dos resultados apresentados por uma determinada máquina ou equipamento.

Para a realização do *retrofit* quatro etapas são estabelecidas: avaliação do equipamento, desenvolvimento do projeto, compra de matérias, implementação do projeto e testes. Primeiramente os objetivos do projeto são estabelecidos, e assim são traçados os métodos de avaliação da máquina, onde a mesma é desmontada para melhor análise e para o levantamento de informações da mesma. Após análise dos componentes, é definida a melhor estratégia de execução do projeto com base no projeto original, outro projeto é desenvolvido, contemplando as modificações que serão realizadas para a revitalização/otimização da máquina. Com base no projeto desenvolvido inicia-se o processo de compra de materiais e equipamentos que melhor atendam as especificações do projeto. Após a implementação das alterações e melhorias propostas, a máquina passa por testes que certifiquem sua funcionalidade e as melhorias implementadas (GRAMS; CETNAROWSKI, 2014).

No Brasil, o método *retrofit*, de máquinas não é bem explorado por empresas, mesmo com o benefício do aumento da produtividade e o baixo investimento em bens de capital. Para muitas empresas, o *retrofit* é visto como um problema, quando, na verdade, trata-se de uma solução para diversos sistemas e para o reuso de máquinas e equipamentos. Ao olhar pelo ângulo do custo e benefício, o *retrofit* industrial pode ser satisfatório, trazendo resultados como aumento na produção e economia de recursos financeiros (FERREIRA, BENTO e MORALES, 2018).

Projetados para operar em regime contínuo, o elevador de canecas é considerado o melhor meio de transporte vertical, pela sua eficiência, baixo custo e pequeno espaço físico das instalações. O desenvolvimento do projeto de um elevador de canecas é feito levando-se em conta a altura e características físicas dos materiais granulados a serem transportados. Considerando sua aplicação na empresa, torna-se um equipamento muito utilizado, requerendo um plano de manutenção sistemático e programado, e muitas vezes um projeto de *retrofit* que potencialize sua funcionalidade para que atenda as exigências de produção crescente do setor agroindustrial (YAMAKI, 2014).

3. OBJETIVOS

Tendo em vista as questões apresentadas, o presente trabalho tem por objetivo geral realizar um projeto de *retrofit* para elevadores de canecas utilizados na agroindústria, avaliando a aplicabilidade da bucha cônica, e da solda como recurso aplicável ao projeto, objetivando promover a otimização, aumentar o desempenho e prevenir a falha funcional da máquina pela quebra da solda que une o tambor ao eixo que traciona a correia do elevador de canecas.

Para o alcance do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar se a idealização das alterações funcionais desenvolvidas pelo projeto se enquadram como manutenção preventiva, corretiva, preditiva ou *retrofit*;
- Verificar se a utilização da bucha cônica se sobrepõe a união por solda;
- Demonstrar a aplicabilidade do projeto por meio dos cálculos e dos protótipos e do desenho 3D.

Com base nas questões da pesquisa e nos objetivos do trabalho de conclusão do curso, a pesquisa justifica-se pela criação de processos que contribuem para a otimização produtiva dos elevadores de caneca, máquina amplamente utilizada na agroindústria.

4. METODOLOGIA

A pesquisa científica tem como propósito a análise dos fenômenos que ocorrem em ambientes distintos a partir dos conhecimentos disponíveis, quanto a sua finalidade e procedimentos técnicos empregados (RICHARDSON, 1999).

A referida pesquisa aborda o método qualitativo, caracterizado pela descrição do problema a partir da compreensão e da classificação dos processos vivenciados, de modo a contribuir para mudanças necessárias com base nos objetivos da pesquisa exploratória, visto que a pesquisa tem por objetivo expor os problemas apresentados pelos desgastes dos componentes e rolamentos pela corrosão provocada por atritos e pela exposição ambiental, tendo em vista, sua exposição ao meio ambiente.

Para a adequação ao projeto de *retrofit* do elevador de canecas, foram desenvolvidos os cálculos de esforços para aplicabilidade em bucha cônica e para solda conforme a partir de dados obtidos no manual interno de equipamentos de uma indústria do setor do agronegócio, onde foi realizado o estágio curricular

4.1 MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão de bibliografia teve a finalidade de obter conhecimento prévio dos processos que envolvem a funcionalidade do elevador de canecas para uso no agronegócio, a partir do conhecimento adquirido das ações de *retrofit*, visando a diminuição dos desgastes e da quebra da solda que une o tambor ao eixo que traciona a correia, e que conseqüentemente leva a paralisação da máquina.

Através de desenho 3D feitos com o *software Solid Edge* versão (221.00.03.003 x64) Femap (2020.1.1) do conjunto do rolo com a bucha cônica para identificação dos pontos de tensão empregados sobre o rolo e a bucha cônica – análise estática simulação para maior área da solda; conjunto do rolo soldado com o torque para melhor compreensão da tensão de *Von Mises*; representação do eixo quanto a aplicação da tensão para avaliar o grau de tensão aplicada ao rolo.

Para a aplicação dos cálculos de tensão foram utilizados os resultados dos cálculos analíticos baseados nas formulas estabelecidos nos manuais desenvolvidos pela empresa onde o estágio foi realizado.

A criação do protótipo do eixo para maior área da solda, objetivou a aplicabilidade de tensão quando colocados em prática o eixo, o eixo soldados possibilitou a comparação da maior área da solda.

A partir dos protótipos, cálculos das equações e dados obtidos com a *software* para os cálculos de tensão, possibilitando a análise e comparação da aplicabilidade da solda, da maior área de solda e da bucha cônica foi possível avaliar que os três protótipos apresentaram resultados favoráveis.

De acordo com as análises do projeto, quanto aos esforços aplicados entre o rolo e o eixo e pelas simulações desenvolvidas, leva-se em consideração a facilidade de manutenção, quando em casos de rompimento do eixo, rolamento, mancal ou o próprio tambor, torna-se necessário apenas desmontar a bucha cônica, processo que não ocorre com solda, tendo em vista que, as partes soldadas devem ser inutilizando o eixo e tambor.

5. DESENVOLVIMENTO

Tabela 1 - Dados para os Cálculos das Alterações no Elevador de Canecas

DADOS PARA OS CÁLCULOS		
		UNIDADES
Volume de uma caneca: <i>software</i>	6878223,92	mm ³
Volume de uma caneca:	0,006878224	m ³
Massa de uma caneca vazia:	4644,03	g
Massa de uma caneca vazia:	4,64403	kg
Comprimento total a correia:	30,00	m
Quantidade de canecas:	300	UND.
Densidade do grão de soja:	770	kg/m ³
Volume de um grão de soja:	126,47	mm ³
Volume de um grão de soja:	1,2647E-07	m ³
Massa de um grão de soja:	9,7382E-05	kg
Quantidade de soja em uma caneca:	5,4386E+04	UND.
Massa de uma caneca cheia:	9,94	kg
Massa a levantar com canecas vazias:	696,60	kg
Massa a levantar com canecas cheias:	1.491,04	kg
Massa conjunto rolo soldado:	382686,26	g
Massa conjunto rolo soldado:	382,68626	kg
Massa conjunto rolo com maior área de solda:	386715,17	g
Massa conjunto rolo com maior área de solda:	386,71517	kg
Massa conjunto rolo com bucha:	444074,96	g
Massa conjunto rolo com bucha:	444,07496	kg
Torque necessário (t):	2.600,70	N.m

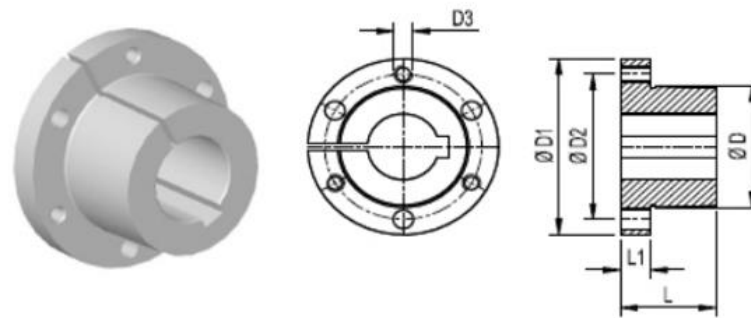
FONTE: (O AUTOR)

O peso específico da soja a granel sem umidade apresentado por Sheizi (2010) foi de 720 kg/m³. Mundstock (2005) apresentou valores entre 774,5 a 811,1 kg/m³. A partir dos dados coletados na indústria, utilizou-se o valor de 770 kg/m³.

5.1 BUCHA CÔNICA

A bucha cônica tipo QD foi desenvolvida para facilitar a montagem de polias ou de elementos rodantes girantes nos respectivos eixos.

Figura 7 - Imagem da Bucha Cônica Tipo QD



FONTE: ADAPTADOS DE CASA DAS POLIAS, 2021

Destinada para diferentes funções, a peça pode ser empregada para: facilitar a montagem entre peça e eixo; reduzir tempo de montagem; diminuir tempo de manutenção; montagem perfeita com menor interferência de tolerâncias; facilitar manutenção (POLIAS QD, 2020).

As dimensões do cone de aperto da bucha cônica QD são apresentadas pelo catálogo técnico da Casa das Polias (2021), conforme apresentado da imagem abaixo:

Tabela 2: Dimensões do Cone de Aperto (Bucha Cônica)

TIPO DE BUCHA	CÓDIGO	DIMENSÃO S					D3 Tipo de Parafuso Classe 8.8	Torque de aperto no parafuso Nm 6,8	Torque suportado pela bucha Nm	Quantidade de parafusos e arruela de pressão	Ø Eixo Máx. Ch DIN 6885 *GG25/1020
		ØD	ØD1	ØD2	L	L1					
JA	BUJA	34,93	51	42	25,4	8	M5x25	6	113	3	11-19* 19.1-22
SH	BUSH	47,52	68,5	57,1	32,1	9,5	M6x25	10	396	3	11-28* 28.1-35
SDS	BUSDS	55,56	81	68,3	33,6	11	M6x30	10	565	3	14-37,9* 38-42
SD	BUSD	55,56	81	68,3	46	11	M6x50	10	565	3	14-37,9* 38-42
SK	BUSK	71,44	99	84,1	47,5	12,5	M8x50	20	791	3	14-48* 48.1-55
SF	BUSF	79,38	118	98,5	50,5	12,5	M10x50	40	1243	3	24-55* 55.1-60
E	BUE	97,38	153	127	66,5	19	M12x70	80	2260	3	28-70* 70.1-75
F	BUF	112,71	169	142,9	92,5	21	M14x90	100	3391	3	38-79,9 80-90
J	BUJ	130,77	185	158,8	114	25	M16x120	180	5086	3	48-89,9* 90-100
M	BUM	165,1	232	200	171,5	32	M20x170	300	9607	4	55-114,9* 115-120
N	BUN	177,8	255	216	206,5	38	M22x200	400	16953	4	65-119,9* 120-125
P	BUP	209,55	299	254	238	44	M24x240	600	28256	4	75-134,9* 135-140
W	BUW	265,1	381	324	289	51	M27x280	800	42384	4	90-169,9* 170-180
S	BUS	307,98	451	381	400	85,5	M30x400	1000	70639	5	100-189,9* 190-210

Dados Principais :

Material: Aço AISI 1045 zincado

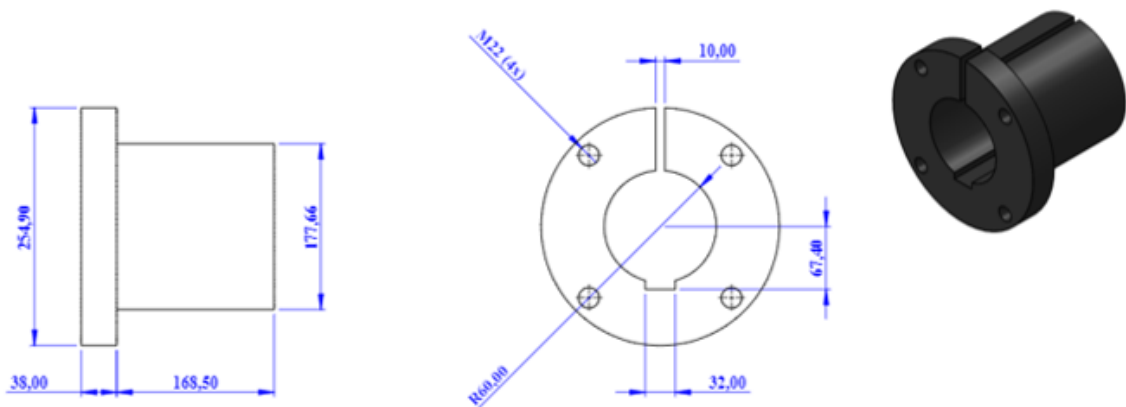
03 Parafusos sextavados 8.8

03 Parafusos Fenda/Sextavados zincados p/projeção da rosca extratora

FONTE: ADAPTADOS DE CASA DAS POLIAS, 2021

A escolha da bucha cônica se deu a partir das análises das dimensões, pois a bucha escolhida deve ajustar-se ao eixo e pelo material de fabricação que para o projeto utilizou-se o aço AISI 1045 zincado. Seguindo as dimensões do cone de aperto da bucha cônica QD são apresentadas pelo catálogo técnico da Casa das Polias (2021), criou-se através do *software Solid Edge* versão (221.00.03.003 x64) Femap (2020.1.1), o desenho 3D da Bucha Cônica Desenvolvida para o Projeto de *Retrofit* do elevador de Canecas como representado na figura 8.

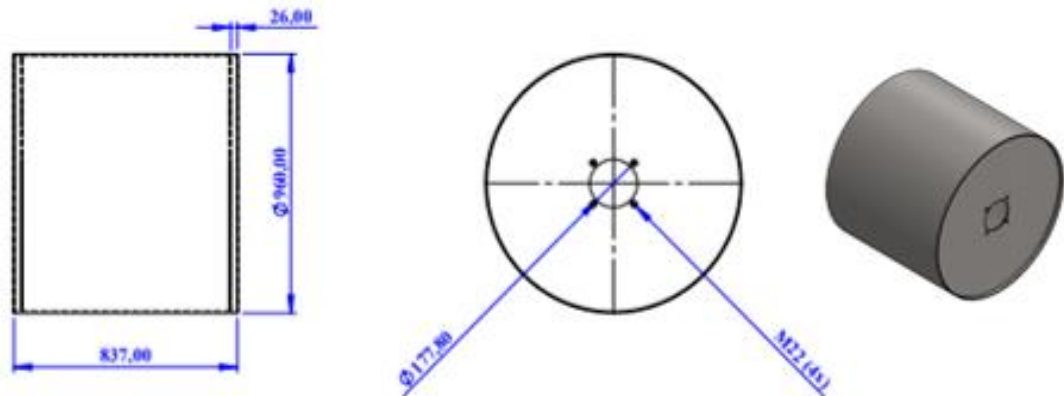
Figura 8 - Bucha Cônica Desenvolvida para o Projeto de *Retrofit* do elevador de Canecas



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

O projeto apresenta a inserção da bucha cônica como mecanismo de que promoverá um perfeito ajuste, eliminando as folgas que por ventura possam ocorrer entre a polia e cone de aperto e o eixo. Para que o encaixa ocorra de maneira precisa foi desenvolvido Rolo para Bucha Cônica, conforme apresentado na figura 9:

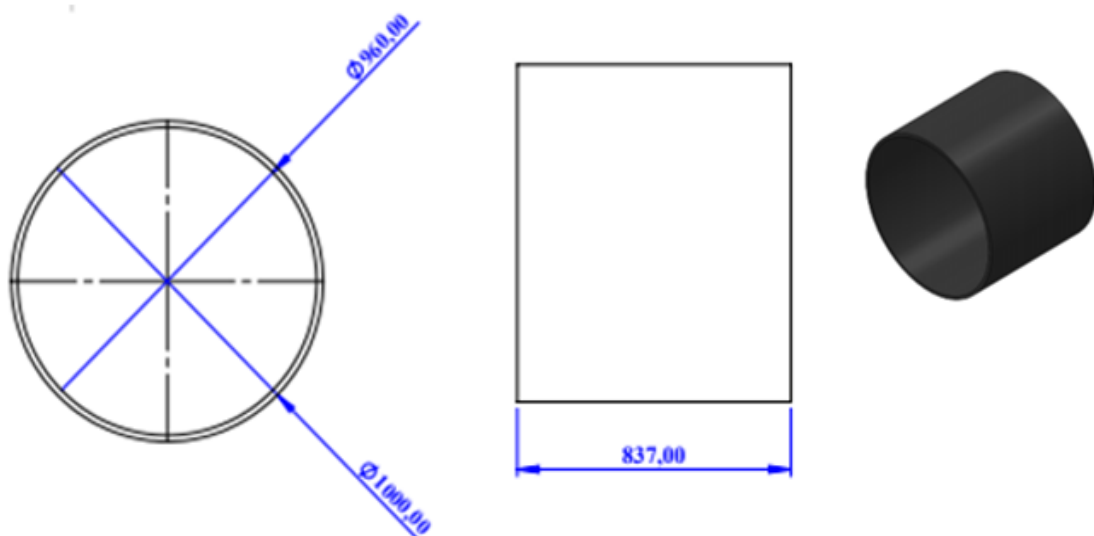
Figura 9 - Rolo para Bucha Cônica Desenvolvida para o Projeto de *Retrofit* do Elevador de Canecas



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

Assim como o rolo apresentado para bucha cônica desenvolvido para o projeto de revestimento do rolo para bucha cônica conforme apresenta a figura 10, criado através *software Solid Edge* versão (221.00.03.003 x64) Femap (2020.1.1), formam um conjunto para identificação dos pontos de tensão empregados sobre o rolo e a bucha cônica .

Figura 10 - Revestimento do Rolo para Bucha Cônica Desenvolvida para o Projeto de *Retrofit* do Elevador de Canecas

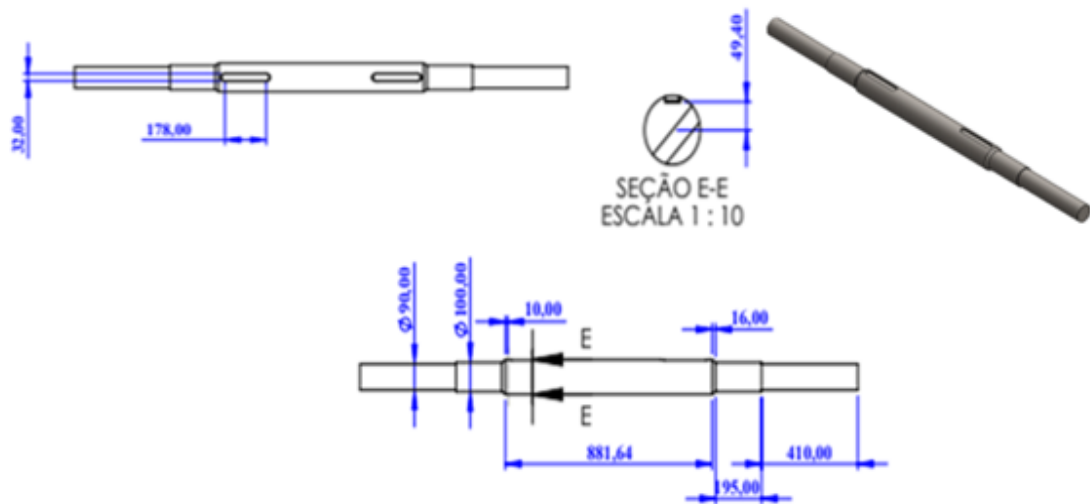


FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

O revestimento do rolo para a bucha cônica possibilita aumento do atrito cinético entre o tambor e a correia para que não ocorra o contato entre eles, facilitando o movimento.

O Eixo representado pela figura 11 foi desenvolvido com o dimensionamento já existente na indústria pesquisada, os valores foram retirados do manual interno de equipamentos, fabricado em Aço SAIE1045.

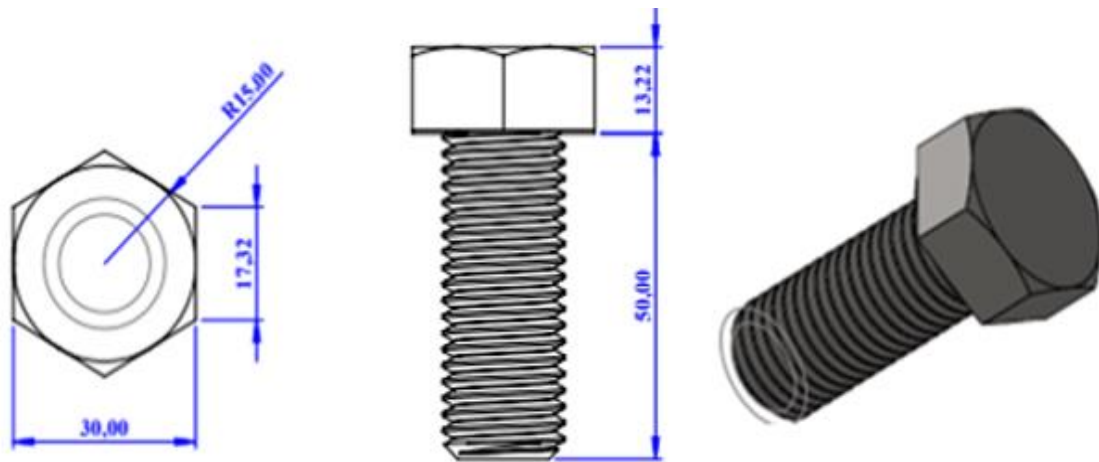
Figura 11- Eixo para Bucha Cônica com Novo Dimensionamento



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

Para a indústria o modelo de eixo escolhido é de maior durabilidade e mínimo desgaste pelo atrito constante. Quanto ao esforço do torque, este pode variar de acordo com fatores externos como localização e clima, e por ser um eixo já utilizado pela indústria, o mancal já possui os encaixes e especificações que atendam as demandas do equipamento.

Figura 12 - Parafuso com novas dimensões para bucha cônica

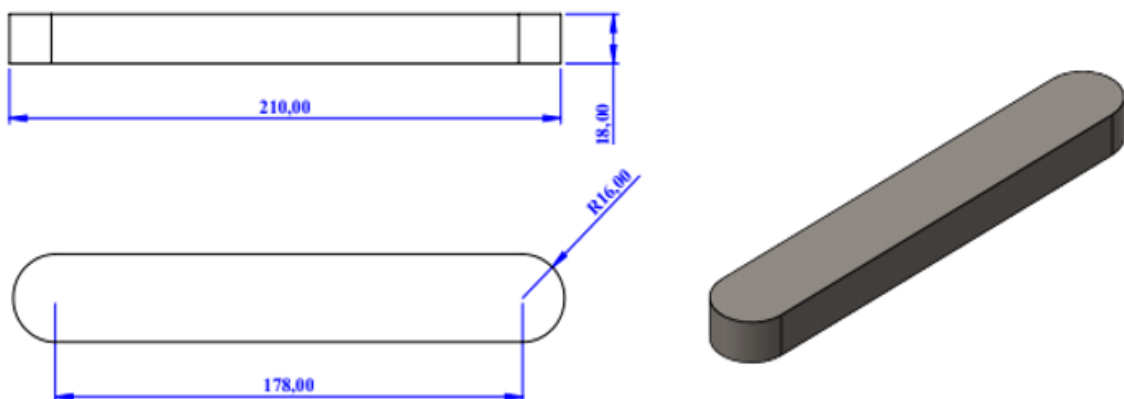


FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

A escolha do parafuso foi realizada seguindo a tabela de dimensões do cone de aperto, representada pela figura 3 do projeto, sendo este, um parafuso com dimensões presente no mercado, e rosqueamento que atende as necessidades do projeto, não necessitando de um processo de fabricação do parafuso. A escolha de um produto com fabricação em grande escala traz economia de tempo e de recursos ao projeto

A chaveta (figura 13), tem a forma de um prisma de bases retangulares ou trapezoidal para adaptar-se as ranhuras feitas nos outros componentes servindo de trava entre os eixos e polias, ou a engrenagem e eixo, garantindo a fixação do conjunto na utilização de torques.

Figura 13 - Chaveta



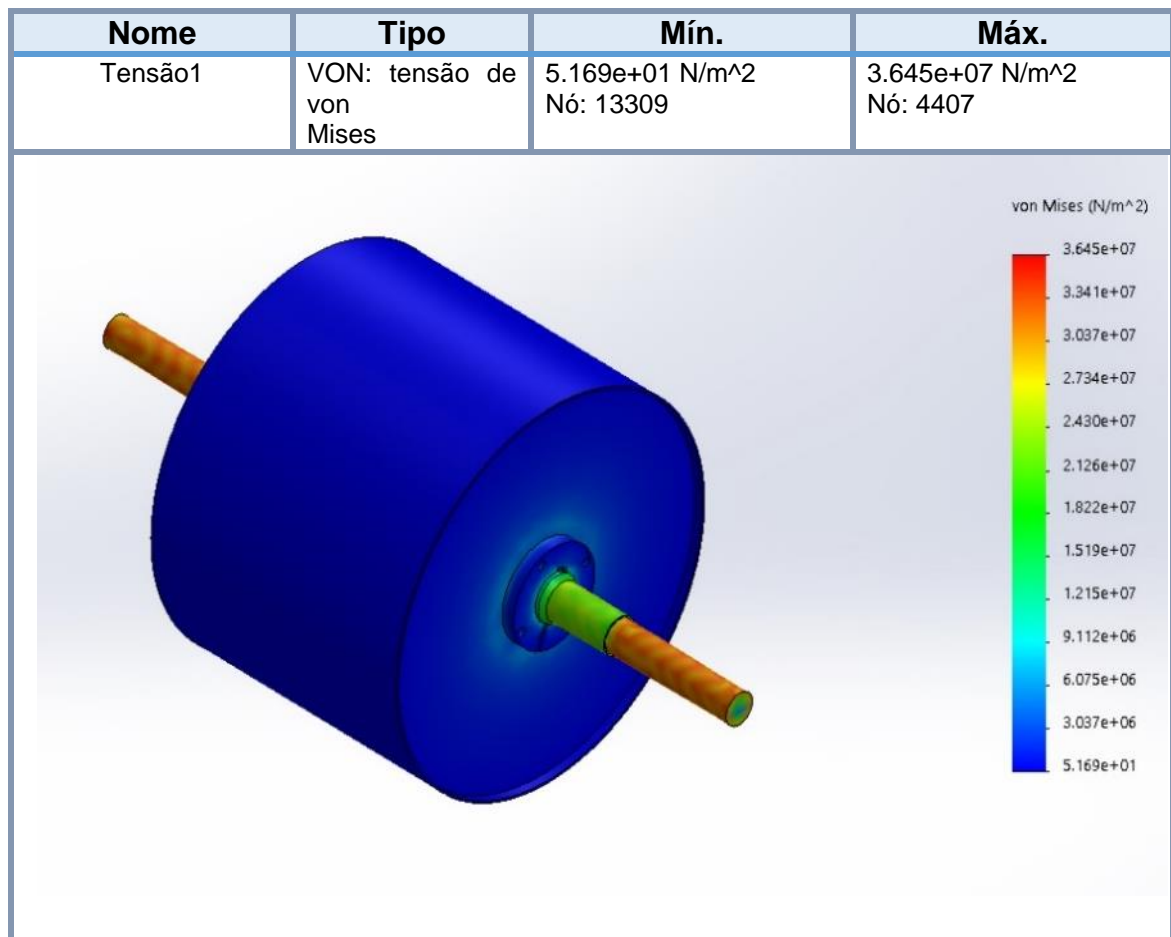
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

As dimensões do furo e do rasgo da chaveta são estabelecidas em conformidade com a Norma DIN6885/1.

O dimensionamento da estrutura que compõe a bucha cônica, foi elaborado para impedir folgas entre a polia e o cone, e assim, produzir um maior aperto ao eixo.

Para melhor análise da tensão sobre o rolo quando utilizada a bucha cônica foi desenvolvida imagem 3D utilizando o *software SolidWorks*. Através deste, foi possível identificar os pontos de tensão empregados sobre o rolo com bucha cônica-análise estática, conforme apresentado na figura 14.

Figura 14 - Conjunto Rolo com Bucha Cônica - Análise Estática



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

Trata-se de um elemento extra, adicionado a engrenagem ou as polias em eixos para proporcionar ajuste perfeito, alinhando perfeitamente as folgas e evitando possíveis vibrações. Com o ajuste preciso dos parafusos com as dimensões estabelecidas na figura 12, obtidas através da norma técnica DIN 933, ocorre a

pressão de contato entre a bucha cônica e a engrenagem, que passa a ser transferida ao eixo, fixando firmemente o conjunto e diminuindo o ponto de tensão.

Com relação a pressão necessária, esta, corresponde a 16953, que é torque suportado pela bucha conforme representado no quadro 3. Possuindo a pressão ideal estabelecida pelo fabricante.

5.2 SOLDA

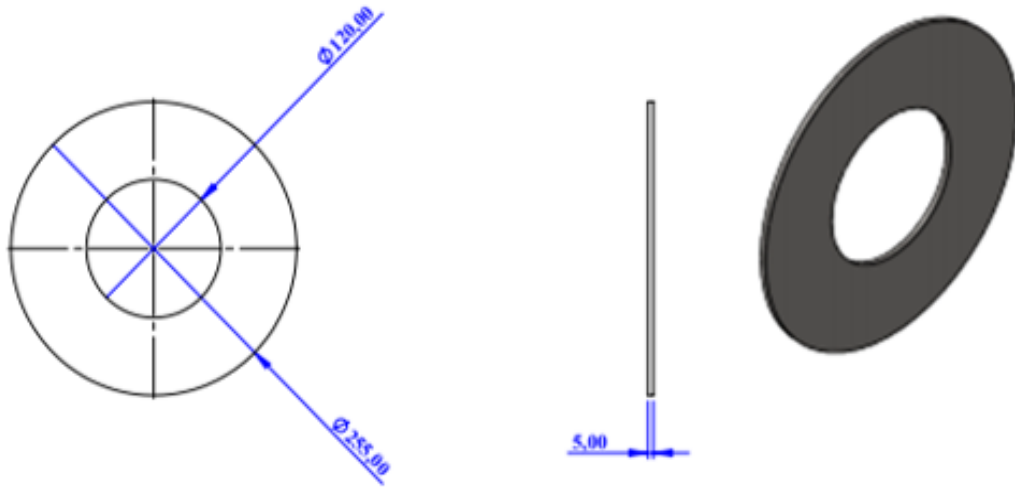
Empregada em diversas atividades, a solda tem papel de destaque entre os processos de união de materiais. Através dela, a união entre materiais pode ocorrer por meio da fusão dos mesmos ou através da adição de outros. Sendo assim, a solda possui por característica principal unir as partes com resistência superior ao metal de base.

Aldebrand (2016), estabelece:

Através do emprego de técnicas modernas, muitos processos de soldagem ou variações destes são usados para deposição de material sobre uma superfície, visando a recuperação de peças desgastadas ou para a formação de um revestimento com características especiais. Em linhas gerais, a soldagem é um conjunto de processos de manufatura pelos quais duas partes metálicas são unidas permanentemente pela “coalescência” da interface de contato, que é induzida pela combinação de temperatura, pressão e condições metalúrgicas (ALDEBRAND, 2016 p.230).

Pelas características dos processos aplicáveis a solda, que tem por objetivo a união de duas partes metálicas, a solda foi o processo escolhido para produção da chapa que une o tambor ao eixo conforme apresentado na figura 15.

Figura 15 - Chapa de solda Para Unir o Tambor ao Eixo

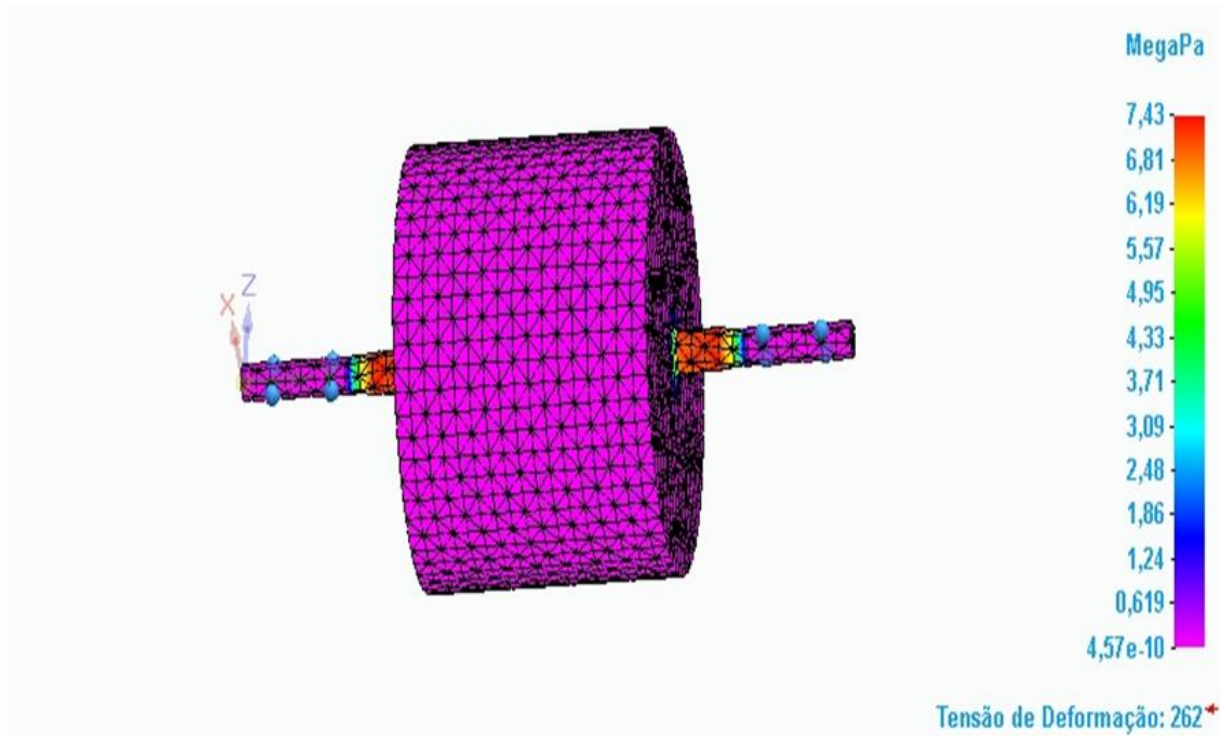


FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

O projeto considerou a utilização para a solda em aço SAE 1045 a utilização de eletrodos AWS 7018, tendo 4,0mm de diâmetro, sendo estes o produto e a especificação padrão utilizada pela empresa proprietária do elevador de canecas, local onde o estágio foi realizado.

Para melhor análise da proposta do eixo soldado, foi realizada uma simulação no *software Solid Edge* versão (221.00.03.003 x64) Femap (2020.1.1), conforme apresentado na figura 16 para estudo estático do eixo soldado:

Figura 16 - Estudo Estático do Eixo Soldado - Contornos Tensão Von Mises



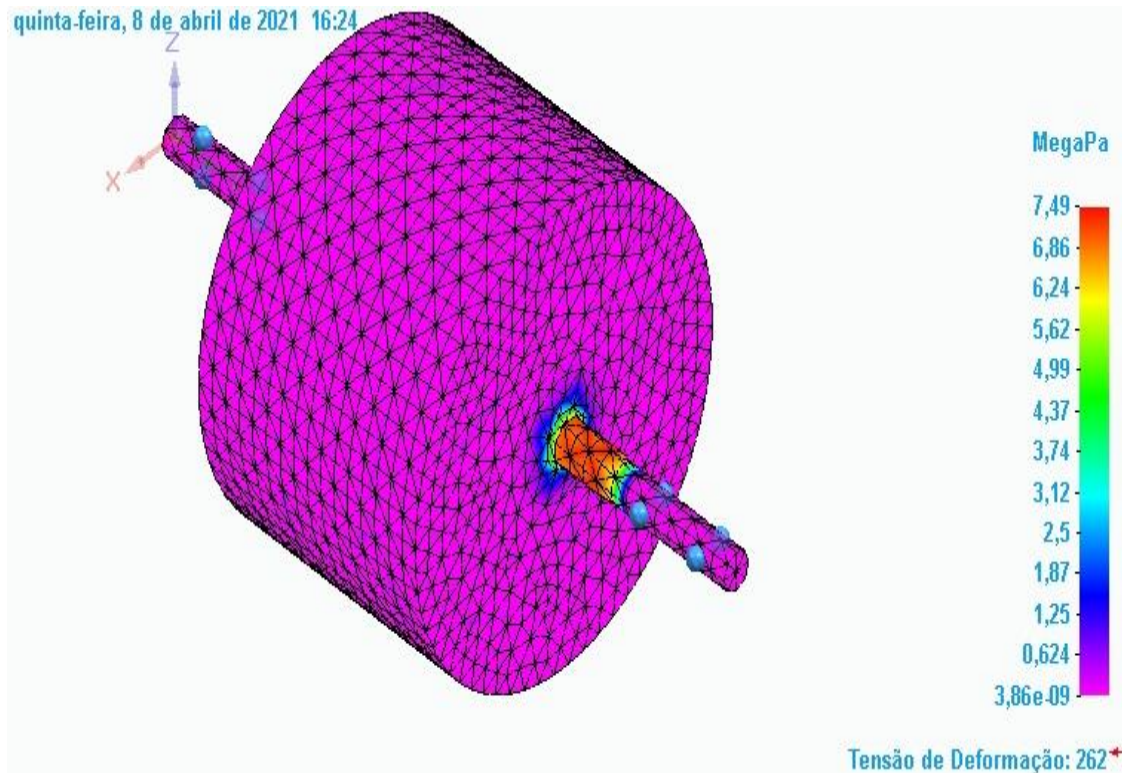
FONTE: FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

(software Solid Edge versão (221.00.03.003 x64) Femap (2020.1.1))

A simulação do eixo soldado teve por objetivo comparar os valores dos esforços na solda. A análise realizada serve também para aplicação junto a bucha cônica.

Assim como na proposta para a chapa de solda, foi realizada uma simulação para maior área de solda através do *software Solid Edge* versão (221.00.03.003 x64) Femap (2020.1.1), conforme apresentado na figura 17.

Figura 17 Estudo Estático do eixo para Maior Área de Solda - Contornos Tensão Von Mises



Fonte: Fonte: Autoria Própria, 2021
(software Solid Edge versão (221.00.03.003 x64) Femap (2020.1.1))

O estudo estático foi aplicado objetivando uma segunda análise da aplicação da tensão que se propaga pela área para a maior área da solda, e para tal, cotaram com a realização dos cálculos estabelecidos pelas equações a seguir:

Para a confecção da área da solda foram utilizadas as seguintes equações:

$$A = 1,414 \times \pi \times h \times r \quad (6)$$

$$Ju = 2 \times \pi \times r^3 \quad (7)$$

$$J = 0,707 \times c \times Ju \quad (8)$$

$$\pi = (T \times r) / J \quad (9)$$

As equações são estabelecidas de acordo com os dados contidos no quadro 4:

Quadro 2 - Legenda dos Dados Calculados nas Equações para Solda

A	Área da garganta
Ju	Segundo momento polar unitário de área
r	Raio
h	Garganta de solda
l	Comprimento de solda
T	Torque
D	Diâmetro
c	Cordão de solda
π	Tensão

FONTE: BUDYNAS, 2011

Através das equações aplicadas, as soldas serão estabelecidas com as seguintes características apresentadas a seguir

Tabela 3: Resultados das Equações para Aplicabilidade na Solda

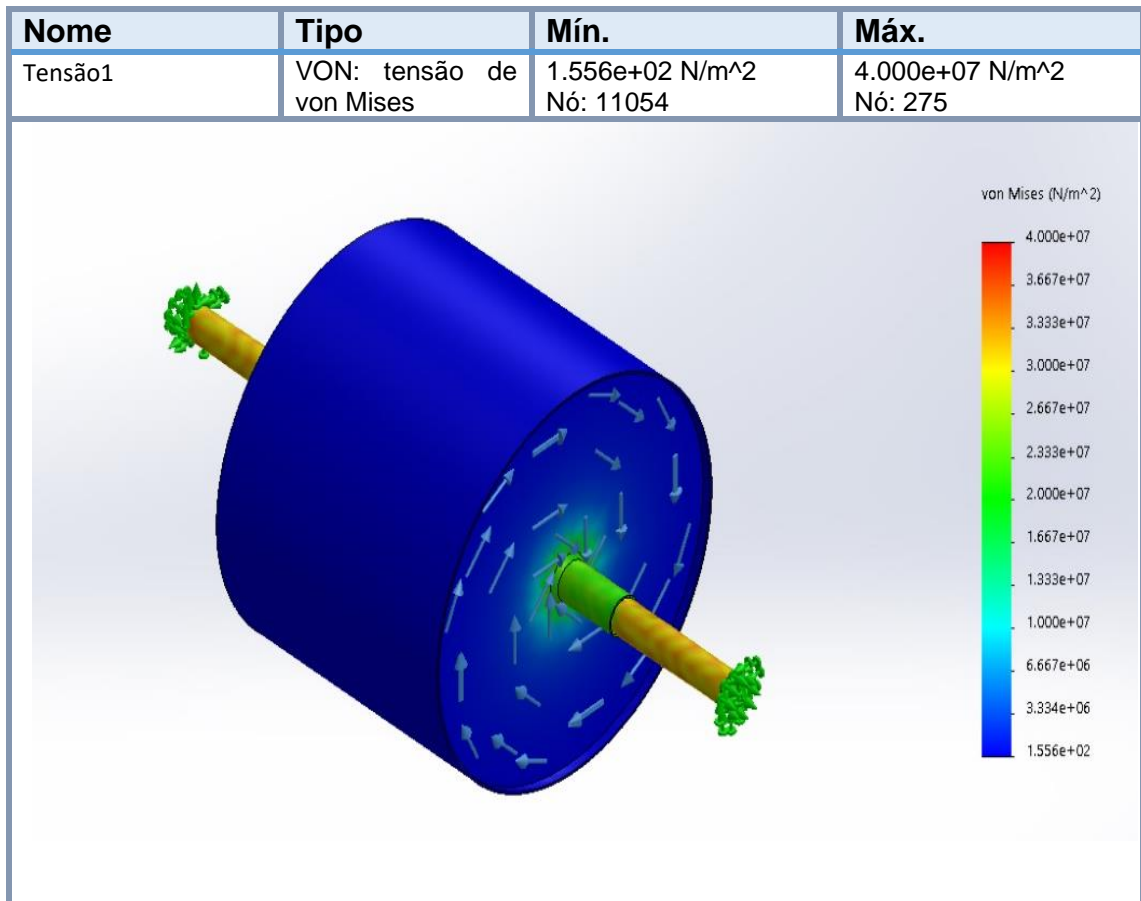
Para o conjunto com a chapa		
D = 255 mm		
d = 120 mm		
c = 4,0 mm		
R = 127,5 mm		
r = 60 mm		
T = 2600,7 N.m		
Para o diâmetro maior da chapa		
Ju =	0,8011061	m ³
J =	0,0022655	m ⁴
τ =	146,36289	kPa
Para o diâmetro menor da chapa		
Ju =	0,3769911	m ³
J =	0,0010661	m ⁴
τ =	311,02115	kPa

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

A escolha da chapa para aumentar a solda se deu por ser um produto facilmente encontrado no mercado e por possuir uma espessura que se enquadra nas necessidades apresentadas o desenvolvimento do projeto.

A figura 18, ilustra o conjunto rolo soldado – Torque Rolo Soldado. Através dessa representação torna-se possível compreender como a tensão de Von Mises se aplica ao projeto.

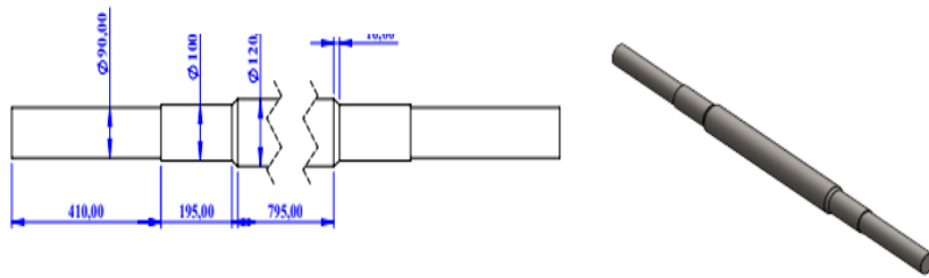
Figura 18 - Conjunto Rolo Soldado - Torque Rolo Soldado



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

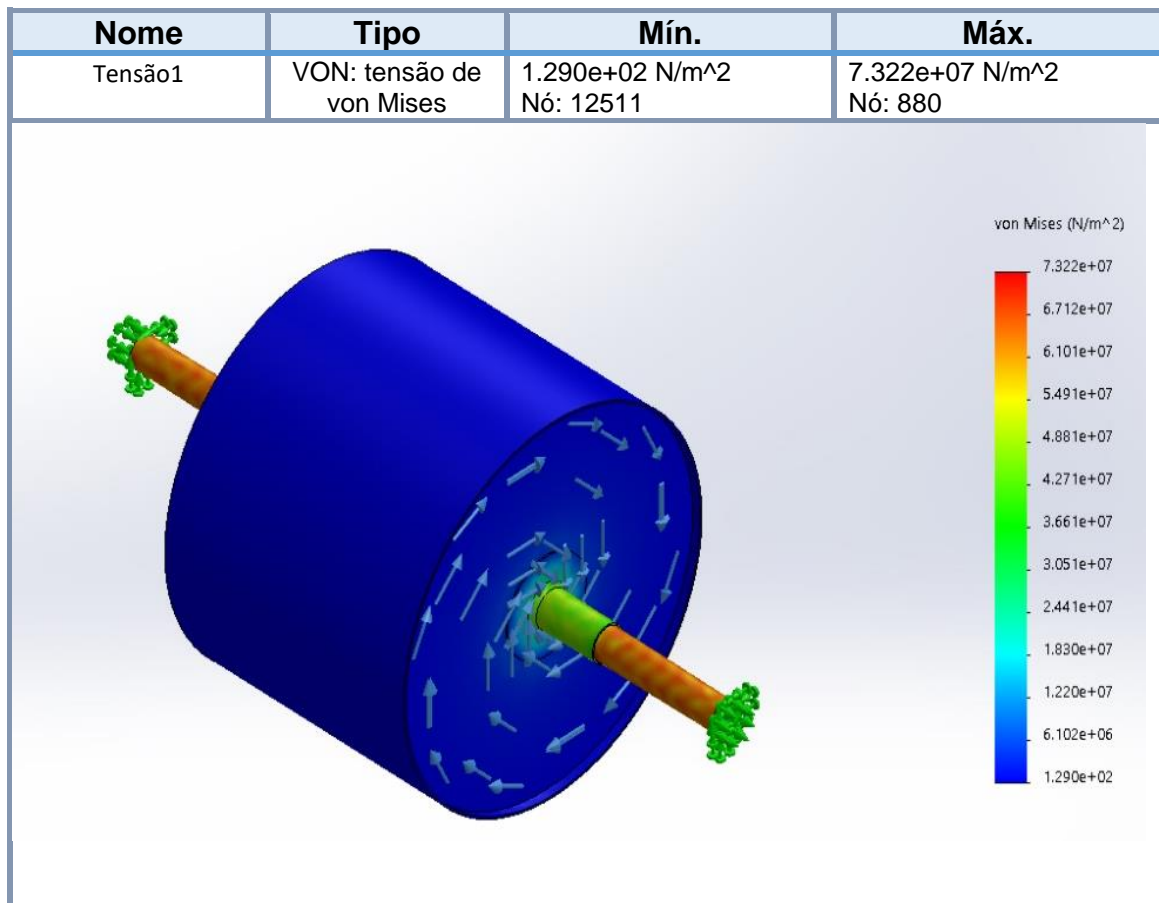
Com relação ao maior eixo da solda, a figura 19 a seguir traz a representação do eixo quanto a aplicação da tensão que se propaga pela área. A aplicação deste método busca avaliar o grau de tensão aplicada ao rolo.

Figura 19 - Eixo Maior Área da Solda



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

Figura 20 - Conjunto Rolo com Maior Área de Solda

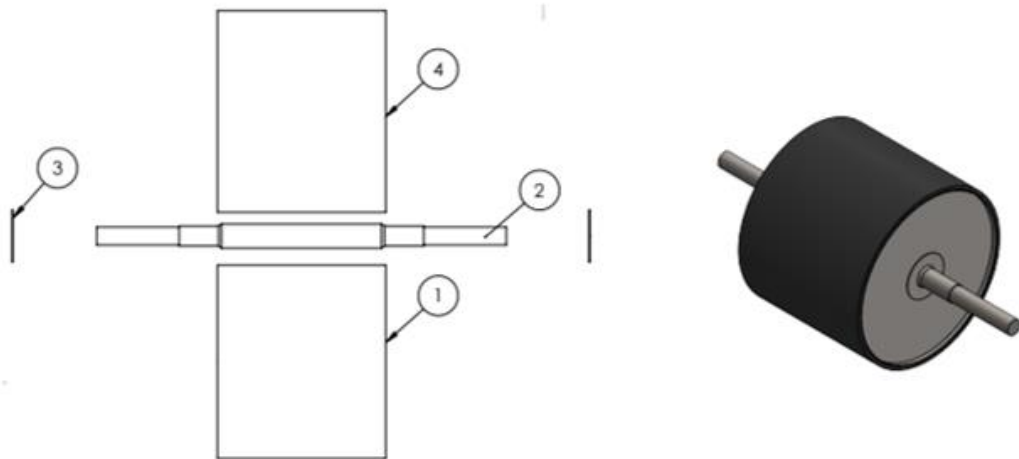


FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

A criação do eixo para maior área de solda pretende minimizar a fratura do eixo, situação que acontece ao longo da vida útil do equipamento considerando a amplitude de tensões, sendo este o parâmetro mais importante na avaliação de fadiga. A figura 19 apresenta a especificação do novo eixo a ser desenvolvido para maior área da solda, enquanto a figura 20, apresenta a aplicabilidade da tensão quando colocado em prática o eixo com maior área de solda.

Os diferentes eixos foram desenvolvidos para 3 conjuntos diferentes, sendo desenhados para posteriormente identificar qual dentre eles possui menor tensão ente o eixo e o tambor (rolo) de acionamento.

Figura 21 - Conjunto rolo e Maior Área da Solda



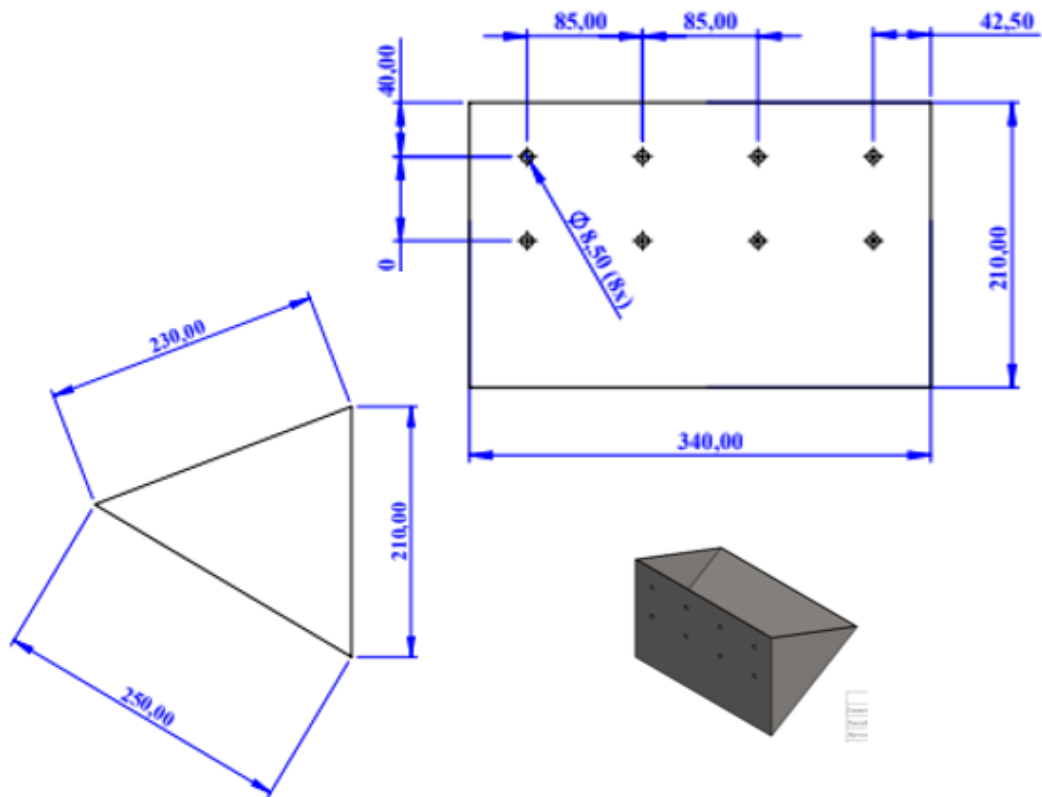
Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Rolo soldado		1
2	Eixo para maior area de solda		1
3	Chapa para solda		2
4	Revestimento rolo		1

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021

A tensão utilizada foi estabelecida de acordo com o critério de falha de Von Mises, pois o mesmo indica que o escoamento de um material sólido inicia quando invariavelmente o segundo é deviatório de tensão, sendo assim, a tensão equivalente de Vom Mises satisfaz a propriedade de que dois estados de tensão de mesma energia de distorção tem a mesma tensão equivalente (BUFFONI, 2017).

Para a aplicabilidade efetiva das propostas de *retrofit* em suas três categorias aplicam-se novas dimensões para as canecas, para que as mesmas se adéquem as alterações estabelecidas pelo projeto, conforme apresentado na figura 22.

Figura 22: Canecas com Dimensões Ideias para o Projeto



Fonte: Autoria Própria, 2021

A empresa possui como norma técnica a utilização da solda de eletrodos WS7018. Tendo em vista que o projeto visa atender a empresa onde o estágio foi realizado, as especificações e as normas técnicas da empresa foram obedecidas.

O dano mecânico provocado ao grão é um dos principais fatores que afetam a qualidade do produto, por se tratar de uma agressão física sobre o tegumento e o embrião deste grão. Para a definição das especificações ideais quanto a tamanho e forma da caneca para ser utilizada na proposta do projeto, consideraram-se os danos mecânicos e também a densidade do grão de soja que compreende em média 770 kg/M^3 , segundo Welch (1980).

Sendo assim, o modelo e tamanho da caneca foram projetados para oferecer agilidade ao processo, objetivando diminuir o impacto com o grão, situação que contribui para o decréscimo da qualidade industrial dos grãos e também foram ponderadas as especificações do manual de dimensionamento da empresa, como de igual forma o manual técnico da empresa em questão. Neste sentido, a velocidade do

elevador e o dimensionamento da caneca são fatores considerados para reduzir o dano ao grão.

Dentre as projeções realizadas para as 3 adaptações possíveis a serem implementadas no elevador de caneca: bucha cônica, solda e maior área de solda observaram-se as seguintes características:

Solda: O conjunto eixo soldado requer menos investimento de recursos, sendo este, barato para produzir, porém, a manutenção tornar-se-ia dificultada por ter que ser desmontado todo o eixo com o rotor;

Maior área de solda: O conjunto eixo com a chapa para aumentar a área de solda acaba tendo uma pequena diferença entre o valor do eixo soldado por utilizar uma maior área de solda e duas chapas a mais, para a manutenção equivale ao conjunto eixo soldado;

Bucha cônica: O conjunto eixo com bucha cônica é mais caro, porém a manutenção é facilitada tendo em vista que o conjunto se desmonta por inteiro, facilitando e barateando a manutenção já que é possível fazê-la por partes (se houver necessidade de manutenção no rolo, basta desmontar e tirar apenas o rolo, se o problema ocorrer no eixo, apenas retira-se o eixo, etc.);

6. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados para os 3 protótipos foram satisfatórios. O rolo com maior área de solda (com a chapa) teve a maior tensão que ocorreu entre o rolo e o eixo. O rolo soldado proporcionalmente foi o segundo com maior tensão ocasionada entre o rolo e o eixo. Por fim, a menor tensão ocorreu na projeção para bucha cônica.

De acordo com os resultados apresentados, torna-se possível aferir-se que a tensão entre o rolo e o eixo não são suficientes para romper a união entre rolo e o eixo, sendo assim, a maior tensão se encontra apenas no eixo. Por essa perspectiva eleva-se a discussão sobre a qualidade da solda, do material, do tipo de solda e se a mesma foi bem executada. Tendo em vista que o maior esforço não ocorre na solda e o maior esforço é de 7,49MPa, e para maior área de solda é de 7,43MPa.

Tendo em vista que o maior esforço no eixo acontece antes das partes soldadas, não é possível aferir com exatidão os motivos que ocasionaram os casos de rompimento das partes soldadas, uma das hipóteses encontra-se na resistência da solda diminuída pelo processo de oxidação.

Quanto ao eixo, o mesmo também pode romper-se, pelas mesmas hipóteses que levam a solda a oxidar, tendo em vista o ambiente cheio de sujidades das indústrias.

De acordo com as análises do projeto, quanto aos esforços aplicados entre o rolo e o eixo e pelas simulações desenvolvidas, conclui-se que, pela facilidade de manutenção, quando em casos de rompimento do eixo, rolamento, mancal ou o próprio tambor, torna-se necessário apenas desmontar a bucha cônica, processo que não ocorre com solda, tendo em vista que, as partes soldadas devem ser cortadas e muitas vezes com isso não servem mais, sendo perdidos eixo e tambor.

Quanto às alterações funcionais propostas, observou-se, após o desenvolvimento da proposta, que o projeto se aplica na categoria de *retrofit* e não de manutenção corretiva ou preditiva, tendo em vista a modernização e atualização através da incorporação de materiais que foram propostos pelo projeto.

Por todas as perspectivas de análise o conjunto com a bucha cônica, é a proposta de *retrofit* que melhor se aplica para apresentação das mudanças propostas para o equipamento elevador de canecas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5462: **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- ALDEBRAND, R. B. Readequação Tecnológica Mecânica em Manipulador Cartesiano de Soldagem / Rainara Bueno Aldebrand. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1297> Acesso em: 18 mar. 2021.
- ARAUJO A automação industrial no século XXI – Engenharia 360 Disponível em: <https://engenharia360.com/a-automacao-industrial-no-seculo-xxi/>
- ARAÚJO. F. Era Mauá. InfoEscola. Copyright 2006-2021. Disponível em: <https://www.infoescola.com/historia/era-maua/> Acesso em: 12 fev. 2021
- BARNES, Malcolm. **Practical Variable Speed Drives and Power Electronics**. Elsevier, 2003
- BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações**: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais. 2004. 189 f. Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- BUFFONI. S. Critérios de Falha. - Universidade Federal Fluminense Escola De Engenharia Industrial Metalúrgica De Volta Redonda. Disponível em: <http://www.professores.uff.br/salete/wp-content/uploads/sites/111/2017/08/aula141.pdf> Acesso em: 24 mar. 2021
- COIMBRA. R. **O Cérebro Vazio**. Cientifica – 24 de junho de 2017 – Atualizado em 12 de agosto de 2019. Disponível em <https://societificacom.br/o-cerebro-vazio/> Acesso em 04 Fev. 2021
- COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional** / Mariana de Almeida Costa. – 2013. 103 f. Disponível em https://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2012_3_Mariana.pdf Acesso em: 10 fev. 2021
- CANO, WILSON. **Crise e industrialização no Brasil entre 1929 e 1954: a reconstrução do Estado Nacional e a política nacional de desenvolvimento**. Rev. Econ. Polit., São Paulo , v. 35, n. 3, p. 444-460, Sept. 2015 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572015000300444&lng=en&nrm=iso>. access on 05 Feb. 2021. <https://doi.org/10.1590/0101-31572015v35n03a04>.
- DEVITTE. W. Desenvolvimento de um Sistema para Medir o Conjugado de um Motor de Indução. UNIVATES. 2012. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/433/1/WillianDevitte.pdf> Acesso em: 12 fev. 2021

FÁBRICA DE PROJETOS; <https://www.fabricadoprojeto.com.br/2013/02/serie-transportadores-elevador-de-canecas/>

FERREIRA, J.H.G; BENTO, L. F; MORALES. I.M. **Aplicação de Retrofit em Sistemas de Comando e Controle de um Chiller**. 2018. Disponível em: https://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/artigo_haroldo_1.pdf Acesso em 15 fe. 2021.

GRAMS. C. A; CETNAROWKI. E. Retrofit em Máquinas Industriais: estudo de caso. Curitiba, 2014. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9475/2/CT_COMET_2014_1_03.pdf Acesso em 05 fev. de 2021

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p

KEPLER WEBER, Manual de Utilização de Transportadores, 2004.

LEITE, Ednei de Oliveira. Retrofitting Industrial – O Uso De Novas Tecnologias. Universidade São Francisco. Campinas: 2007.

MACHADO. L.A, JÚNIOR. P. G. A Quarta Revolução em Pleno Século XXI, Sam Consultoria e Produções Artísticas. Set. 2018. Disponível em: <http://www.souzaaranhamachado.com.br/2018/09/a-quarta-revolucao-industrial-em-pleno-seculo-xxi/> Acesso em 10 fev. 2021.

MARTINS. F.L.C. et. al. Construção de elevador Caneca. Instituto Federal de Minas Gerais. 2016. Disponível em https://www.ifmg.edu.br/arcos/ensino-/tai/20162_TAI1_Elevadordecaneças.pdf Acesso em 05 fev. de 2021.

MARSON, Michel Deliberali. **A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: Dedini e Romi, entre 1920 e 1960**. Nova econ., Belo Horizonte , v. 24, n. 3, p. 685-710, Dec. 2014 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512014000300685&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 Feb. 2021. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/2096>.

Mundstock, Claudio Mário. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos / Cláudio Mério Mundstock; André Luís Thomas – Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavouras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf

PAREKH, 2003] Parekh, R. (2003). Ac induction motor fundamentals. Microchip Technology Inc, (DS00887A):1–24. 29

POLIAS RD. Disponível em: <https://www.poliasriodoce.com.br/bucha-de-aco-para-concreto> Acesso em: 18 mar. 2021

RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1999

SANTOS, Cecília Débora dos. Elevadores de caneca – Estudo da arte e projeto de dimensionamento. Uberlândia, 2010

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016

SHEIZI, NAKA. Determinação das propriedades físicas dos grãos mamona visando o armazenamento em silos verticais/ Sheizi Naka, Campinas, SP: 2010. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256907/1/Naka_Sheizi_M.pdf
Acesso em: 04 de fev. 2021

SHOOK, J. **Gerenciando para o aprendizado: usando o processo de gestão A3 para resolver problemas, promover alinhamento, orientar e liderar**. São Paulo: Lean InstituteBrasil, 2008

SOUTO. L. C. Retrofit como Forma de Atualização Tecnológica e Sustentável de Fachadas de Edificações: Estudo de Caso do Edifício Venâncio 2000. Disponível em <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/prefix/14008> Acesso em: 04 de fev. 2021.

SOUZA, J. B. Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa

VERSIANI, Flávio R.; SUZIGAN, Wilson. O Processo brasileiro de industrialização: uma visão geral. Brasília, UnB, 1990. Disponível em: <https://www.angelfire.com/id/SergioDaSilva/industrializacao.pdf> Acesso em 22 fev. 2021.

VESEBTINI. J.W. Repensando a Geografia Escolar para o Século XXI. São Paulo, 2009, 161p.

YAMAKI, Daisuke. **Reforma de um elevador de canecas de uma unidade de granulação de fertilizantes** [manuscrito] / Daisuke Yamaki. - 2014. 48 f. il., figs, tabs.. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/596/o/Daisuke_Yamaki.pdf
Acesso em: 06 de Fev. 2021

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 1998. 302 p