

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
WILQUER ALVES DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA MARCAÇÃO DE UM
PRODUTO NÃO CONFORME: Rodas liga leve de alumínio no setor automotivo para
veículos leves**

Varginha/MG

2018

WILQUER ALVES DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA MARCAÇÃO DE UM
PRODUTO NÃO CONFORME: Rodas liga leve de alumínio no setor automotivo para
veículos leves**

Projeto de pesquisa apresentado como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário do Sul de Minas, sob orientação do Professor Rullyan Marques Vieira.

Varginha/MG

2018

WILQUER ALVES DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA MARCAÇÃO DE UM
PRODUTO NÃO CONFORME: Roda liga leve de alumínio no setor automotiva para
veículos leves**

Monografia apresentada ao curso de engenharia mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel pela banca examinadora composta pelos membros citados abaixo:

Aprovado em ____/____/____.

Prof.

Prof.

Prof.

Dedico essa monografia aos meus pais, meu irmão e aos meus amigos que fiz no decorrer do curso, e a todos que sempre me auxiliaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família (meu pai Elias, minha mãe Zilda e meu irmão Erick) por me ajudarem a iniciar e agora de poder está concluindo mais esse ciclo em minha vida. Agradeço a todos meus amigos e companheiros de trabalho que me ajudaram desde o início ao fim para a conclusão com êxito deste trabalho, em especial ao Bruno Stefano, Sady Eustáquio, Elton Silva, Vivaldo Rocha entre outros. Agradeço aos meus amigos que fiz antes e durante a graduação, que sempre me incentivaram e me apoiaram.

A viga é feita de momentos, sim, a vida.
(Estudantes de engenharia)

RESUMO

Este trabalho trata do desenvolvimento de equipamento para marcação de produtos não conforme. Tal abordagem é devida ao fato que um produto não conforme é prejuízo a toda e qualquer empresa independente do seguimento, conseqüentemente é algo que todas as empresas/indústrias visam diminuir em seu processo e/ou utilizar o produto não conforme para realização de testes, setups, pesquisas entre outros, pois se não utilizarem o produto não conforme conseqüentemente deverão usar o conforme que de certa forma acaba sendo não viável, pois para economizar o produto conforme deveria ser utilizado apenas para testes de qualidade para realmente ter certeza de que o material produzido está como o planejado e pronto para ser enviado ao cliente, desta forma surge-se a ideia de desenvolver um equipamento que marca o produto, para que o mesmo caso retorne ao processo de produção ou seja enviado ao cliente, ambos conseguem identificar que o produto não está em condições normais de uso, e com isso a empresa/indústria evitando aproveitar o refugo(produto não-conforme) utiliza o mesmo para testes em todos os aspectos, desde a compra de um equipamento novo (pois necessita do produto para avaliar se o equipamento está ok para iniciar a produção) até mesmo para avaliação/analise interna dos materiais compostos pelo produto. A finalidade deste estudo é que a empresa/indústria do setor automotivo que produz roda de alumínio possa utilizar um produto não conforme e ao mesmo tempo identificar o mesmo, e caso retorne ao processo ou chegue ao cliente, ambos podem identificar que não está ok. Este propósito foi conseguido mediante do método de pesquisa exploratória, apoiando-se em técnicas de melhorias de produção. O estudo demonstrou a clara necessidade de desenvolver um equipamento para facilitar a marcação de produtos não conformes. O equipamento será projetado para trabalhar direto na linha de produção, pois é um equipamento automático controlado por PLC e sensores instalados na esteira transportadora.

Palavras-chave: Equipamento. Produto. Não conforme.

ABSTRACT

This paper deals with the development of equipment for marking nonconforming products. This approach is due to the fact that a nonconforming product is detrimental to any company that is independent of the follow up, consequently it is something that all companies / industries are aiming to reduce in their process and / or to use the nonconforming product for testing, setups , research among others, because if they do not use the non-conforming product, they must use the conforming one that ends up being non-viable, because to save the product as it should only be used for quality tests to really be sure that the material produced is as planned and ready to be sent to the customer, in this way the idea arises of developing equipment that marks the product, so that the same case returns to the production process or is sent to the customer, both can identify that the product is not in normal conditions of use, and with this the company / industry avoiding to take advantage of the refuse (nonconforming product) utilizes It is the same for tests in all aspects, from the purchase of a new equipment (because it requires the product to evaluate if the equipment is ok to start production) even for internal evaluation / analysis of the materials composed by the product. The purpose of this study is that the company / industry in the automotive industry that produces aluminum wheels can use a nonconforming product and at the same time identify the same, and if it returns to the process or reaches the customer, both can identify that it is not ok. This purpose was achieved through the exploratory research method, based on techniques of production improvements. The study showed the clear need to develop equipment to facilitate the marking of non-compliant products. The equipment will be designed to work directly in the production line, since it is an automatic equipment controlled by PLC and sensors installed in the conveyor belt.

Keywords: Equipment. Product. Non-conforming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Roda liga leve fabricada no brasil.....	21
Figura 02 – Representação de uma esteira comum de roletes.....	23
Figura 03 - Motoredutor	24
Figura 04 – Unidade de condicionamento.....	25
Figura 05 – Cilindro pneumático.....	26
Figura 06 – CLP (controlador lógico programável)	27
Figura 07 - Motor 0,5 cv 4 polos.....	29
Figura 08 - Mesa onde são fixados os mancais, eixo, polia e motor.....	30
Figura 09: Mancal, bucha e eixo	31
Figura 10 – Transmissão por correias e polias.	32
Figura 11 – Micro swith montada.	38
figura 12 – estrutura equipamento em 3d.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 ALUMÍNIO	14
2.2 ALUMÍNIO NO BRASIL	16
2.3 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO ALUMÍNIO	17
2.3.1 PONTO DE FUSÃO	17
2.3.2 PESO ESPECÍFICO.....	17
2.3.2.1 Propriedades físicas típicas do alumínio em relação ao aço e cobre.	17
2.3.3 RESISTÊNCIA A CORROSÃO	18
2.3.4 CONDUTIBILIDADE TÉRMICA.....	18
2.3.5 REFLETIVIDADE	18
2.3.6 PROPRIEDADE ANTIMAGNÉTICA.....	19
2.4 FUSÃO DO ALUMÍNIO	19
2.5 RODA DE LIGA LEVE	20
3 METODOLOGIA.....	21
4 PROJETO	22
4.1 PRODUTO NÃO CONFORME OU REFUGO	22
4.2 TRANSPORTE DO PRODUTO NÃO CONFORME	23
4.3 ESTRUTURA E COMPONENTES DO EQUIPAMENTO	24
4.4 UNIDADE DE CONDICIONAMENTO	25
4.5 CILINDRO PNEUMÁTICO	25
4.6 CLP (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL)	26
4.7 MOTOR ELÉTRICO 0,5 CV	28
4.8 EIXO	30
4.9 MANCAL E BUCHA.....	31
4.10 TRANSMISSÃO DE CORREIA.....	31
4.11 DISCO CORTE.....	37

4.12	SENSORES OPTICO E SOLENOIDE.....	38
5	FUNCIONAMENTO EQUIPAMENTO.....	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
7	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa que avaliando que uma indústria do setor automotivo precisa realizar testes, setups em suas máquinas (tornos, raio-x entre outros), convém ter um equipamento para identificar as peças não conformes desta forma não correr o risco do produto dar continuidade no processo? Uma das possíveis soluções para evitar que um produto não conforme volte para a linha de produção é a elaboração de um equipamento que marque o mesmo, desta forma facilitando a identificação tanto para um colaborador quanto para um auditor de um produto conforme com um não conforme. Alguns tipos de marcações, no caso com caneta, pincel não atende, pois em um produto fabricado com alumínio, por exemplo, quando passa por um processo de estanqueidade, ou lavagem a marcação é removida e corre o risco do mesmo seguir no processo.

Tal abordagem tem como foco estudo de um equipamento para auxiliar na marcação de um determinado produto, que ao visualizar o produto o colaborador já possa identificar que o mesmo não está conforme e não pode ter continuidade no processo, pois outros tipos de marcações que não são eficazes, não ficam visíveis ou até mesmo possam ser retirados intencionalmente ocasionando o retorno do produto ao processo. Um equipamento apenas para marcação de produtos não conforme evita gastos desnecessários como: mão de obra; matéria prima; energia entre outros durante um processo fabricação. Quando um cliente recebe um produto com alguma não conformidade, gera um desconforto entre ambas as partes, visando facilitar o processo e conseqüentemente evitar que um produto não conforme chegue ao destino final, uma forma de prevenir é utilizando esse novo equipamento.

É importante ressaltar também o desenvolvimento de um equipamento para a marcação dos produtos não conformes beneficia tanto o fabricante quanto o cliente, pois ambos evitam possíveis transtornos que podem gerar problemas maiores.

O objetivo desta pesquisa é desenvolver equipamento visando utilizar produtos que posteriormente seriam descartados ou fundidos novamente, economicamente viáveis, pois utilizar um produto não conforme evita ter que pegar um material conforme e pronto para ir ao cliente, utilizado desta forma pode considerar perda de lucro. A elaboração do projeto visa os seguintes tópicos:

- » A não destruição de um produto não conforme;
- » Como é apenas uma marcação, o produto pode ser utilizado para outros fins (estudo, setup...);

- » Evita que o produto retorne para o processo, pois facilita identificação visual; » Baixo custo de investimento;
- » Exigência de clientes, pois corre o risco de receber um produto que anteriormente havia sido reprovado, exemplo: erro por falta de identificação ou identificação não visível pode acarretar em desconforto entre ambas as partes, além de prejuízo com o retrabalho, frete, equipamentos, mão de obra, encargos, entre outros;
- » Atender exigências das ISO 9001:2008 – 8.3 Controle de produto não conforme;
- » Facilita o controle.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Alumínio

O alumínio em 1809 foi descoberto por Sir Humphrey Davy, tendo sido isolado para estudo pela primeira vez em 1825 por H. C. Oersted. Porém, apenas em 1886 foi desenvolvido um processo industrial econômico de redução. Neste mesmo ano dois cientistas independentes, Charles Martin Hall, nos Estados Unidos, e Paul Louis Héroult, na França, criaram o mesmo procedimento eletrolítico para reduzir a alumina em alumínio. O procedimento Hall-Héroult é o que se usa atualmente e consome cerca de 14,8 kWhcc (média brasileira) para a produção de um quilo de alumínio primário. O elemento “alumínio” é abundante na crosta terrestre na forma de óxido de alumínio e as reservas minerais são quase ilimitadas. O minério industrial mais importante é a “bauxita”, com um teor de óxido de alumínio entre 35% a 45%; suas jazidas localizam-se principalmente nas regiões tropicais e, no Brasil, concentram-se na área amazônica (Associação Brasileira do Alumínio - ABAL, 2000).

Segundo Peter Boer (1982) alumínio possui um futuro promissor. No decorrer dos anos surgiram novas possibilidades de aplicação para esse metal moderno. Construção de veículos leves e pesados rodoviários e ferroviários, aviões, navios, dispositivos eletrônicos, máquinas, equipamentos, eletrotécnica, decorações, embalagens de produtos, são apenas alguns dos mais importantes setores nos quais sua aplicação está explorada. Sua grande resistência anticorrosiva, pequeno peso específico e satisfatória tenacidade permitiram, quando de sua introdução na segunda metade do século passado, prever extensas possibilidades de aplicação.

Segundo a ABAL (2018) o alumínio é extraído da bauxita, que é um minério encontrado em três tipos de clima: pode ser encontrado no mediterrâneo, pode ser encontrado no tropical e também no subtropical. Para que seja viável a bauxita precisa apresentar 30% de óxido de alumínio (AL₂O₃), o Brasil possui uma das maiores reservas de bauxita do mundo, além da ótima qualidade.

Segue abaixo tabela de produção mensal de alumínio no Brasil nos períodos de 2017 e 2018.

Tabela 01 - Produção mensal de alumínio – Unidade:1000 toneladas

Período	2017	2018	2017/2018
Janeiro	67,7	66,7	-1,5
Fevereiro	61,3	60,7	-1,3
Março	67,9	67,8	-0,1
Abril	66,2	60,3	-8,9
Maiο	68,3	51,6	-24,5
Junho	66,1	49,8	-24,7
Julho	68,4	51,6	-24,6
Agosto	68,1	51,5	-24,4
Setembro	66,1	-	-
Outubro	68,5	-	-
Novembro	66,6	-	-
Dezembro	66,5	-	-
Total	801,7	-	-

Fonte: Associação brasileira de alumínio, 2018.

Durante os primeiros vinte anos do século xx com a aplicação deste novo metal, deram muitos resultados positivos, como o desenvolvimento do automóvel e do avião, ficando, entretanto, o desenvolvimento decisivo reservado à Segunda Guerra Mundial e a revolução técnica que se seguiu. Para tornar os conhecimentos essenciais da usinagem econômica do alumínio acessíveis tanto a estudiosos como às forças produtoras do futuro. Unicamente as reflexões teóricas indispensáveis a uma ocupação racional com o alumínio estão expostas de maneira facilmente compreensível (Peter Boer, 1982. p. 19)

Segundo a ABAL (2018) quando o alumínio possuía custo elevado para a produção, as primeiras aplicações foram limitadas a trabalhos majestosos, como por exemplo, estatuetas e placas comemorativas. Quando o metal se tornou disponível em grandes escalas (embora ainda medido em quilos em vez de toneladas) passou a ser usado na decoração Vitoriana como bandejas e escovas de cabelo ornamentais. No fim do Século XIX, com a elevação da produção e preços mais competitivos, foi gradualmente utilizado em utensílios de cozinha e alguns dos primeiros automóveis que já possuíam painéis revestidos de alumínio comercialmente puro. Entretanto, a resistência limitada do metal comercialmente puro restringia sua aplicação, especialmente quando havia alguma dificuldade nas indústrias

metalúrgicas em favor de materiais tradicionais com os quais elas estavam mais familiarizadas.

2.2 Alumínio no Brasil

As primeiras referências de bauxita no Brasil se deu início após a segunda guerra mundial que se iniciou as construções de usinas de alumínio, as mais importantes são: Companhia Eletro-Química Brasileira S.A., em Ouro Preto - Minas Gerais com produção prevista de aproximadamente dez mil toneladas de alumínio por ano, Companhia Brasileira de Alumínio localizado na cidade de Alumínio – SP com produção prevista de aproximadamente dez mil toneladas de alumínio. No início da produção de alumínio primário só foram produzidos no Brasil por conta do interesse e coragem de alguns empresários pioneiros no mercado, porém insuficientes para atender a demanda (ABAL,2018).

Segundo Peter Boer (1982) a matéria prima do alumínio, as bauxitas estão presentes em vários estados no Brasil, mas apenas parte das jazidas, algumas das quais de grandes proporções, foram objeto de prospecção detalhada.

Peter Boer (1982) cita algumas regiões do Brasil onde são consideradas ricas do minério, de onde se extrai o alumínio, conforme a seguir:

Poços de Caldas (Minas Gerais): as bauxitas mais valiosas aparecem no planalto de Poços de Caldas, parte da fronteira de São Paulo – Minas Gerais. São jazidas originadas da lateritização de nefelina sienita, fenolita e tinguaita, apresentando em suas partes compactas um teor de sessenta a sessenta e dois por cento de Al_2O_3 , enquanto que a parte amorfa é formada de bauxita com cinquenta e quatro a sessenta por cento de Al_2O_3 . Grandes ocorrências individuais: Chácara do Alemão, Felisberto, Conserva, Campo do Saco e Aterro. Reservas até agora conhecidas: 200 milhões de toneladas com 58%, 9 milhões com mais de 60%. Produção em 1951: 14.000 toneladas. Exploração pela Cia. Min. Bauxita; a bauxita é preparada por processo mecânico úmido, depois secada a $300^{\circ}C$ e embalada automaticamente. As jazidas de Poços de Caldas são a base da fábrica de alumínio de Rodvalho.

Ouro Preto (Minas Gerais): quatro jazidas – Morro do Cruzeiro, Brígida, Saramenha e Tesoureiro – tem um total de 74 mil toneladas de bauxita com uma média de 58% de Al_2O_3 e 118 mil toneladas com 56% em média. Teor de ácido silícico 2 a 4.

Serra de Mutucá (Minas Gerais): as ocorrências estão localizadas nas proximidades de Nova Lima. A bauxita formou-se pela lateritização de xisto argiloso da série Minas. Reservas até

agora conhecidas: 2 milhões de toneladas de bauxita com teor médio de 56% de Al_2O_3 , 2% de SiO_2 e 10% de Fe. Não há ligação ferroviária nas proximidades.

Mogi das Cruzes (Estado de São Paulo): as ocorrências de bauxita localizadas em Mogi das Cruzes são consideradas depósitos de resíduos de aflorescência. Sobre o gneiss e o granito aparecem módulos do tamanho de um grão de ervilha até as dimensões de uma cabeça; esta jazida, que se encontra próximo a Biritibassu e Mogi das Cruzes, possui uma espessura que varia entre alguns centímetros até 3 metros, em média apenas 2 metros. As bauxitas com impurezas provenientes da terra vermelha necessitam de lavagem. Teor médio do produto lavado acima de 55% de Al_2O_3 , com 5-20% de SiO_2 e menos de 5% de Fe.

Muqui (Espírito Santo): próximo a Muqui e Domingos Martins, existem jazidas constituídas de bauxita laterítica dignas de exploração. Reserva: 500 mil ton. Com 58-59% de Al_2O_3 ; alto teor em SiO_2 , porém baixo de ferro. A bauxita é transportada para a fábrica de Campos da Cia. Brasileira de Alumínio por ferrovia.

2.3 Propriedades químicas e físicas do alumínio

O alumínio possui propriedades específicas que o torna atrativo ao mercado, conforme as propriedades citadas abaixo:

2.3.1 Ponto de fusão

O ponto de fusão do alumínio é de 660°C , que é relativamente inferior ao aço que é de ordem de 1570°C (ABAL,2018).

2.3.2 Peso específico

A leveza é uma das principais características do alumínio. Seu peso específico é de cerca de $2,70 \text{ g/cm}^3$, aproximadamente 35% do peso do aço e 30% do peso do cobre (ABAL,2018).

2.3.2.1 Propriedades físicas típicas do alumínio em relação ao aço e cobre.

A tabela abaixo compara os 0 principais metais utilizados atualmente.

Tabela 02 – Propriedades físicas típicas do alumínio, aço e cobre.

Propriedades Físicas Típicas	Alumínio	Aço	Cobre
Densidade (g/m ³)	2,70	7,86	8,96
Temperatura de fusão (°c)	660	1500	1083
Módulo de elasticidade (Mpa)	70000	205000	110000
Coefficiente de dilatação térmica (L/°C)	23.10-6	11,7.10-6	16,5.10-6
Condutibilidade térmica a 25°C (Cal/cm/°C)	0,53	0,12	0,94
Condutibilidade elétrica (%IACS)	61	14,5	100

Fonte: Associação brasileira de alumínio, 2018.

2.3.3 Resistência a corrosão

O alumínio é altamente resistente a temperatura, até mesmo em atmosferas industriais, que corroem outros metais, sendo também resistente a variados tipos de ácidos. O alumínio possui uma fina e invisível camada de óxido, que protege o metal de possíveis oxidações. Essa característica gera ao alumínio uma elevada resistência a corrosão (ABAL, 2018).

2.3.4 Condutibilidade térmica

Essa característica é um importante meio de transferência de energia térmica, tanto no aquecimento, como no resfriamento. Assim, os trocadores ou dissipadores de calor em alumínio são comuns nas indústrias alimentícia, química, petrolífera, aeronáutica, etc. O alumínio é também um excelente refletor de energia radiante devido ao grande alcance dos comprimentos de onda desde os raios ultravioletas, através dos espectros visíveis, até os raios infravermelhos e ondas de calor, tanto quanto ondas eletromagnéticas de rádio e radar (Guia Técnico do Alumínio, 2000).

2.3.5 Refletividade

Segundo a ABAL (2018) o alumínio tem uma refletividade acima de 80%, a qual permite ampla utilização em luminárias. Coberturas de alumínio refletem uma alta porcentagem do calor do Sol, tanto que edificações cobertas com esse material são menos quentes no verão.

2.3.6 Propriedade antimagnética

O metal não é magnético mesmo sendo utilizado como proteção em equipamentos eletrônicos, não produz faíscas, o que é uma característica muito interessante, pois, é bastante utilizado na estocagem de substâncias inflamáveis ou explosivas. A característica de ser infinitamente reciclável, sem perda de suas propriedades físico-químicas, torna o alumínio o metal de escolha, principalmente em embalagens para bebidas carbonatadas. Todas essas características apresentadas conferem ao metal alumínio uma extrema versatilidade. Na maioria das aplicações, duas ou mais destas características entram em jogo, por exemplo: baixo peso combinado com resistência mecânica em aeronaves, vagões ferroviários, caminhões e outros equipamentos de transporte (ABAL, 2018).

2.4 Fusão do alumínio

A fusão do alumínio é, na maioria das vezes, é realizada em fornos refratários de revérbero de indução rotativo ou de cadinho com capacidade que varia de quinhentos quilos a cem toneladas. Alguns fornos são carregados pelo topo, caso em que a carga cai diretamente dentro do metal líquido, que está dentro do forno, ou sobre uma carga ainda não líquida do metal. Alguns fornos são carregados ao nível do chão, através de portas laterais (Guia Técnico do Alumínio, 2000).

Segundo Peter Boer (1982) em algumas fábricas, primeiramente o alumínio é fundido em um forno (forno de fusão) e logo após é retransportado para um segundo forno (forno de espera) para os ajustes de composição, fluxação e controle adequado da temperatura antes do vazamento. Na indústria de alumínio primário, é comum na maioria das vezes encontrar fornos de fusão/espera, onde o metal das cubas é transferido para o forno juntamente com sucata de metal do processo. Os fornos atuais são do tipo basculante para propiciar melhor controle de temperatura e vazão do metal para os equipamentos de vazamento e permitir rápido e completo escoamento.

Na indústria de alumínio secundário, são utilizados fornos rotativos para fundir sucata secundária, material leve e borra. Nestes fornos, o metal é recuperado na parte inferior de uma camada líquida de sal protetora, a qual também serve para separar os óxidos metálicos do metal líquido (Guia Técnico do Alumínio, 2000).

Segundo a ABAL (2007) o Brasil, a maioria dos materiais de alumínio e suas ligas são produzidos dentro das especificações das Normas (NBR) emitidas pelo ABNT/CB-35 -

Comitê Brasileiro do Alumínio da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cujas Normas são elaboradas pelas Comissões de Estudos (CE), prescrevendo composição química, propriedades mecânicas, tolerâncias dimensionais, aplicações, etc. Estas Normas são vantajosas tanto para os fornecedores como para os usuários de alumínio. Adquirindo materiais dentro das especificações das normas, os usuários sabem exatamente o que estão comprando e podem atingir resultados reproduzíveis em seus produtos com diferentes lotes de metal recebidos de quaisquer fornecedores. Além disso, produzindo uma quantidade limitada de material padronizado, os fornecedores podem utilizar fábricas dispendiosas mais economicamente do que se produzissem pequenos lotes dentro das especificações de cada cliente.

2.5 Roda de liga leve

As rodas com raios surgiram na Mesopotâmia que é a atual Turquia, eram utilizadas em carros de guerra. Em torno de 1500 a.C., os egípcios dominam a tecnologia, com a construção de rodas de quatro raios, bem leves. Logo após, sua figura ou formato permaneceria quase inalterado durante muito tempo, sendo que as únicas inovações estavam ligadas a usos diversos da roda, como o emprego em moinhos d'água e sarilhos (mecanismos de lançamento ou de arrasto). Até o século XVI, a inovação mais relevante foi a criação da roda de disco abaulado, com os raios dispostos em forma de cone achatado. Em meados de 1870 surgiram as rodas de raios de arame, próprias para bicicletas, dez anos depois foi desenvolvido o aro pneumático (apesar de patenteado quarenta anos antes). Apesar de invento básico e elementar, a roda ainda encontra importância fundamental em meio à nossa sociedade, em especial nos modernos automóveis.

Os primeiros modelos traziam rodas de aros de madeira, como o das carroças. Logo são adotadas rodas com raios de arame e as chamadas “rodas de artilharia”, fabricadas em uma única peça de ferro fundido. Na década de 1930, surgem as rodas de aço estampado, mais leves, resistentes e baratas. Atualmente, o tipo mais popular entre o consumidor são as rodas de liga leve (Oficina das rodas,2018).

As primeiras rodas de liga - leve a serem fabricadas no Brasil eram feitas de Magnésio fundido, as famosas gaúchas. Depois de alguns anos começaram a ser fabricadas as rodas de ligas de alumínio, muito mais resistentes a quebras que as anteriores e também com possibilidade de se conseguir desenhos mais complexos e modernos. Existem basicamente 3 tipos de processo de fabricação de rodas de alumínio, a fundida na qual se é despejado

alumínio fundido em moldes em baixa pressão, a injetada na qual o alumínio derretido é comprimido a pressão dentro de moldes e as forjadas mais utilizadas em caminhões e ônibus (Oficina das Rodas, 2018). Segue abaixo uma imagem de roda liga-leve.

Figura 01 – Roda liga leve fabricada no brasil.



Fonte: Mangels S.A, 2018.

3 METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado é a exploratória, apoiando-se em técnicas de melhorias de produção. De acordo com Gil (2007) este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. O estudo foi desenvolvido a partir de:

1. Pesquisa de levantamento: Para Fonseca (2002) Entre as vantagens dos levantamentos, temos o conhecimento direto da realidade, economia e rapidez, e obtenção de dados agrupados em tabelas que possibilitam uma riqueza na análise estatística. O conceito levantado foi ‘ os problemas ocasionados dentro de indústrias por conta de produtos não conformes retornando ao processo de fabricação, pois estavam sem marcações ou marcações não eficientes’.
2. Pesquisa com survey: É a pesquisa que busca informação diretamente com um grupo de interesse a respeito dos dados que se deseja obter. Trata-se de um procedimento útil, especialmente em pesquisas exploratórias e descritivas (SANTOS 1999). Foi realizado busca

de informações com empresa localizada região do sul de minas de como era o processo de marcação de seus produtos e se realmente funcionavam”’.

4 PROJETO

O item 4 desta monografia descreve desde o que é refugo (produto não conforme), como ocorrerá o transporte, componentes necessários para elaboração de um equipamento para marcação do mesmo até o funcionamento.

4.1 Produto não conforme ou refugo

Produto é considerado refugo quando não satisfaz aos padrões dimensionais necessários ou de qualidade, às vezes o refugo chega a ser vendido no mercado com preço inferior aos produtos que foram aprovados (que estão nos padrões dimensionais necessários e com a qualidade aprovada), mas nem todo produto refugado pode ser vendido no mercado, pois dependendo do produto pode gerar prejuízo à saúde e até a levar o consumidor final ao óbito, que é o caso da indústria que fabrica roda de alumínio de liga leve para veículos leves.

A indústria que fábrica rodas de alumínio de liga leve para veículos leves pode chegar a produzir mais de 1.000.000 (um milhão) de rodas por ano, apenas uma roda que passar despercebida pela fornecedora e pelo cliente (montadora), pode ocasionar acidentes graves ao cliente final e até levar ao óbito uma vida ou mais dependendo do ocorrido, além de prejuízos financeiros, e por conta desse acontecido deverá se estudar um possível recall a empresa fornecedora.

O Departamento de Proteção e Defesa do Consumidor (DPDC) já registra 14 casos de motoristas que relatam acidentes envolvendo o desprendimento de uma das rodas traseiras do Fiat Stilo. As ocorrências não têm em comum apenas a perda da roda, mas uma série de pontos que desafiam a definição de “acaso”. “Todos tinham roda de liga leve de 17 polegadas. Todos com freio a disco, sem ABS, com cerca de 15 mil quilômetros rodados”, lista Carla de Moraes Barbosa, de Sobradinho (DF). (Auto Esporte, folha 01, 2018.).

Uma pequena falha durante o processo em que o produto ou não foi identificado pode desestruturar uma fábrica tanto financeiramente quanto em relação aos clientes, que obviamente se questionarão em relação a qualidade do produto que a empresa os oferece.

Atualmente a indústria em geral tem investido pesado no setor da qualidade, pois ao decorrer dos anos é um setor que vem se desenvolvendo e diminuindo possíveis falhas.

4.2 Transporte do produto não conforme

Esteira transportadora tem a função de transportar materiais em longas ou não muito longas distâncias são adequadas para todo o tipo o tipo de material que se deseja transportar apenas, apenas precisa ajudar a sua necessidade.

Na indústria esteiras transportadoras são indispensáveis, e são utilizadas em vários setores como, por exemplo, alimentício, construção civil (brita, areia entre outros), siderurgia, automobilístico entre vários outros.

Geralmente nas empresas e indústrias possuem esteiras 100% motorizadas, pois facilitam à movimentação de itens ou materiais volumosos e/ou pesados, elas são fabricadas conforme a necessidade da empresa, ou seja, cada indústria e/ou empresa possuem seu tamanho de esteira transportadora padrão.

O produto com a não conformidade será transportado por uma esteira automática até o equipamento.

Para a construção da estrutura do equipamento, será necessário inicialmente o pré-dimensionamento da largura da esteira transportadora que possui um mil duzentos e vinte e dois milímetros de largura externa total e um mil e sessenta milímetros de largura interna para produtos com até sessenta quilos, conforme tamanho indicado pela empresa Sew eurodrive, especialista em sistemas e máquinas em movimento. Segue figura abaixo com a representação de uma esteira comum de roletes.

Figura 02 – representação de uma esteira comum de roletes.



Fonte: O autor.

As esteiras utilizadas para o transporte de produtos dentro da indústria na maioria das vezes possuem motoredutor para reduzir a velocidade de rotação do sistema de acionamento da esteira, e reduzindo sua velocidade aumenta o torque que será transmitido.

Motoredutor é um motor elétrico com um redutor acoplado, que juntos reduzem a rotação (velocidade) de um equipamento ou peça acionadora. O motoredutor é utilizado para adequar a rotação do acionador a rotação do equipamento e/ou dispositivo. Segue a abaixo a imagem de um motoredutor.

Figura 03 - Motoredutor



Fonte: SEW Eurodrive, 2018.

4.3 Estrutura e componentes do equipamento

Para a construção da estrutura do equipamento, primeiramente é necessário identificar o produto no qual irá ser marcado, que será roda de liga leve de alumínio que pesa aproximadamente 20 kg cada, o equipamento apenas será acionado quando uma roda for identificada pela empresa um produto não conforme e for direcionada a esteira transportadora.

Após a verificação do produto, é necessário verificar ponto próximo de energia elétrica 220 v, ponto pneumático e mecânicos (próximo ao motor do transportador), calcular a força máxima que o disco exercerá e a rotação necessária.

O equipamento é composto por: um motor 0,5 cavalo; dois cilindros pneumáticos dupla ação e solenoide dupla; um disco de corte próprio para alumínio; duas polias fixas (uma fixa no motor e outra fixa no eixo; uma correia em v-lisa; dois mancais de rolamento de ferro fundido; eixo com rosca esquerda; unidade básica de conservação (pneumática), uma micro switch e um CLP digital. Conforme figura abaixo o motor fica fixo na mesa que é uma chapa de ferro fundido, que ao acionar o cilindro pneumático a mesa faz o mesmo movimento.

4.4 Unidade de condicionamento

Antes de interligar a tubulação de ar comprimido nos cilindros pneumáticos é necessário instalar uma unidade de condicionamento ou lubrificador, que é um dispositivo que filtra o ar, regula a pressão e introduz certa quantidade de óleo no sistema, a fim de melhorar o desempenho e evitar que entre partículas de sujeiras no sistema.

A utilização desta unidade de serviço é indispensável em qualquer tipo de sistema pneumático, do mais simples ao mais complexo. Ao mesmo tempo em que permite aos componentes trabalharem em condições favoráveis, prolonga a sua vida útil (Parker Engineering, 2018).

Conforme figura 04, uma imagem de uma unidade de condicionamento ou lubrificador, onde o ar comprimido é filtrado antes de ir para o sistema (cilindros pneumáticos).

Figura 04 – Unidade de condicionamento



Fonte: O autor.

4.5 Cilindro Pneumático

O cilindro pneumático precisa de ar comprimido para produzir trabalho em ambos os sentidos de movimento (avanço e retorno), é um cilindro de dupla ação. Sua característica

principal, pela definição é o fato de se poder utilizar tanto o avanço quanto o retorno para desenvolvimento de trabalho (Parker Engineering, 2018).

O cilindro a ser utilizado é o cilindro pneumático dupla ação DSBC-100-200-PPVA-N3 Ref.: festo, o cilindro DSBC segundo a empresa festo possui um sistema modular de configurações e acessórios de acordo com a necessidade de cada aplicação, ou seja, é ajustável conforme a necessidade é padrão conforme ISO 15552:2018.

De acordo com ISO 15552:2018: [...] estabelece uma série métrica de dimensões básicas, de montagem e de acessórios, conforme necessário para a intercambialidade de cilindros pneumáticos de haste simples ou dupla, com ou sem disposição para sensores magnéticos, para uma pressão nominal máxima de 1 000 kpa (10 bar).

Segue abaixo a imagem do cilindro pneumático DSBC-100-200-PPVA-N3.

Figura 05 – Cilindro pneumático



Fonte: Festo, 2018.

O cilindro pneumático é acionado após o clp enviar um bit para o solenoide de entrada.

4.6 Clp (Controlador Lógico Programável)

Segundo a empresa AMCI Advanced Micro Controls INC (Americana) fabricante de CLP's, CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP) é um sistema de controle de computador industrial que monitora continuamente o estado dos dispositivos de entrada e toma decisões com base em um programa personalizado para controlar o estado dos dispositivos de saída.

No momento em que é ligado o CLP executa uma série de operações pré-programadas, gravadas em seu Programa Monitor: Verifica o funcionamento eletrônico da C.P.U., memórias e circuitos auxiliares; verifica a configuração interna e compara com os circuitos instalados; verifica o estado das chaves principais (RUN / STOP, PROG, etc.); - Desativa todas as saídas; - Verifica a existência de um

programa de usuário; - Emite um aviso de erro caso algum dos itens acima falhe. (Antonelli, 1998).

Conforme figura 06 um CLP instalado.

Figura 06 - CLP(controlador lógico programável)



Fonte: O autor.

Para que o produto seja identificado, é necessário instalar um sensor óptico na esteira transportadora, que ao identificar o produto na posição pré-ajustada o sensor envia um bit de entrada digital para o CLP, o programa inserido na memória interna do mesmo (criado por um software gratuito) processa a informação de entrada digital e atua suas respectivas saídas digitais que são:

- A) Motor da esteira é ligado ao CLP que é parado, pois o sensor envia um bit para o CLP;
- B) Logo após aciona solenoide do cilindro pneumático dupla ação que é utilizada para fixar o produto no ponto determinado do transportador;
- C) Após, é acionada a solenoide do cilindro pneumático de avanço do dispositivo de marcar o produto, e após 5 segundos é acionado o motor de 0,5 CV do dispositivo por meio de uma lógica interna no CLP denominado temporizador digital, que ao acionar o motor que possui acoplado uma polia fixa e uma correia interligada ao eixo usinado com rosca esquerda que é preso por dois mancais são responsáveis por gerar a rotação para que o disco possa marcar a face do produto.

4.7 Motor elétrico 0,5 cv

A função do motor elétrico é transformar energia elétrica em energia mecânica.

Para saber qual modelo de motor elétrico utilizar, é necessário realizar uma análise de qual tipo fonte de alimentação se é corrente contínua, trifásica ou monofásica, qual é a frequência da rede, o esforço que o motor realizará, se o modo de funcionamento será contínuo ou se será utilizado esporadicamente, qual a temperatura ambiente em que ficará o motor e se ficará exposto a algum tipo de poeira, umidade entre outros.

Após realização de estudos para o presente equipamento a fonte de alimentação será trifásica, pois é comum na indústria, a frequência de rede do Brasil é de 60 Hz, deverá considerar a temperatura ambiente de 20°C a 23°C, pois desta forma atende a necessidade do equipamento e a norma regulamentadora NR17, como o equipamento está sendo projetado para ficar direto na linha de produção ficou considerado que o equipamento fica sujeito à poeira e cavacos de alumínio (pois o equipamento gerará cavacos de alumínio).

Para saber qual motor necessário para utilização é necessário o cálculo de rotação (RPM) para saber a rotação necessária, o cálculo de trabalho, o torque e o cálculo de potência: Rotação é a velocidade do giro do motor, conforme formula abaixo:

$$Vrpm = \frac{120 \times f}{n^{\circ} \text{ de polos}} \quad (01)$$

Onde:

$Vrpm$ = velocidade sincronizada em revoluções por minutos (RPM).

f = frequência em Hz.

Trabalho é dado pela a força pelo deslocamento do corpo em que atua, ou seja, o trabalho que o motor exercerá quando estiver marcando a roda. Calculando:

$$W = F \times D \quad (02)$$

Onde:

W = Trabalho (N/m)

F = força (o peso da roda 20 kg em N convertido em Newton)

D = Distância (a distância do disco de corte até a roda)

Para identificar a potência (Horse Power que é equivalente a 746 W) ideal do motor precisa-se saber a voltagem da rede elétrica em que será ligado, corrente nominal de 8.7 amperes e os motores possuem uma eficiência de 80% conforme a National Electric Code.

$$HP = \frac{V \times I \times Ef}{746} \quad (03)$$

Onde:

HP = Potência (hp)

V = Tensão (volts)

Ef = Eficiência

I = Corrente (Amperes)

Um CV (cavalo-vapor) equivale a 735,5W (watt) e um HP (horse-power) equivale a 745,7W (watt), ou seja, um cavalo-vapor é igual a 0,9863 HP e um HP é igual a 1,0139 CV.

Baseado em cálculos conforme equações do item 4.4 o motor que atende a necessidade é o trifásico blindado de 0,50 cv ou 0,37 kW, pois é um motor próximo a 3,59 CV que é encontrado para mínimo de potência necessária, 4 polos que funciona com 220 volts ou 380 volts da marca WEG que possui uma rotação de 1750 rpm (baixa rotação) é um motor de indução seu funcionamento de acordo com o catalogo da empresa WEG o motor de indução, que funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo, é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática. Atualmente é possível o controle da velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência. Segue abaixo a figura de um motor 0,5 cv.

Figura 07 - Motor 0,5 cv 4 polos



Fonte: Weg, 2018.

A função do motor no equipamento de marcar um produto não conforme após o CLP enviar um bit acionando o motor, o mesmo com uma polia fixa acoplada na sua saída rotacionará a polia que está envolvida por uma correia em v-lisa que possui acoplada no eixo uma polia fixa, que gera o movimento de rotação do eixo, desta forma rotacionando o disco que marcará o produto.

O modelo ideal é WEG trifásico blindado de 0,50 cv, pois o mesmo é próprio para baixas rotações que é o ideal para girar um disco de corte apenas para marcar determinado produto, mas caso o produto a ser marcado possua material muito resistente, deve-se reavaliar o modelo de disco e se necessário reavaliar o motor. Segue abaixo a figura do motor WEG.

4.8 Eixo

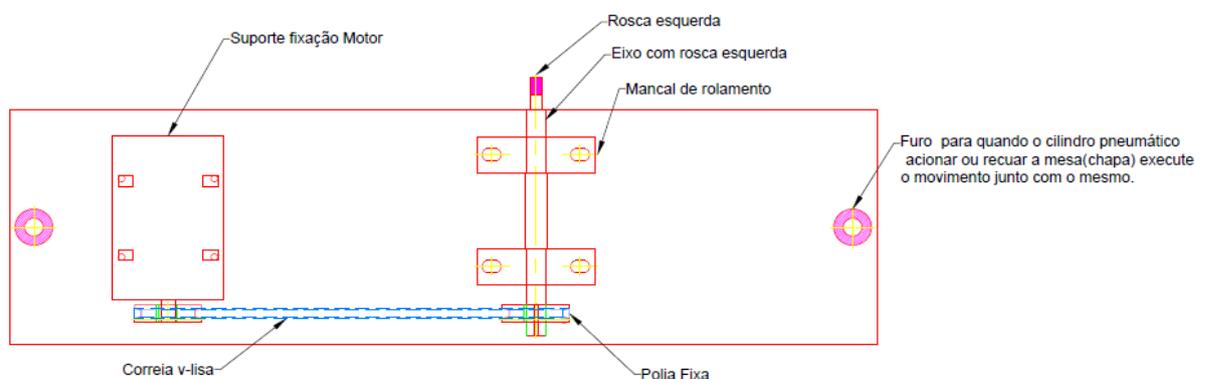
O eixo é elemento mecânico que transmite todo o movimento gerado pelo motor, com a mesma rotação dependendo do tipo de correia conforme citado no item 4.7.

O material do eixo é o aço carbono 1020, que é um aço comercial que possui alta usinabilidade, um material tenaz e baixa dureza.

Eixo é elemento mecânico utilizado para articular um ou mais elementos de um equipamento ou máquina. Geralmente são acoplados a mancais, longos e na maioria das vezes podem ser vazados ou sólidos. (COLLINS, 2006).

Durante o funcionamento do equipamento o eixo (conforme figura 08) é rotacionado por uma polia que possui uma correia interligando a outra polia encaixada no eixo do motor, esse movimento se chama forma motriz.

Figura 08 - Mesa onde são fixados os mancais, eixo, polia e motor.



Fonte: O autor.

O eixo está acoplado a dois mancais de deslizamento que estão fixados na mesa.

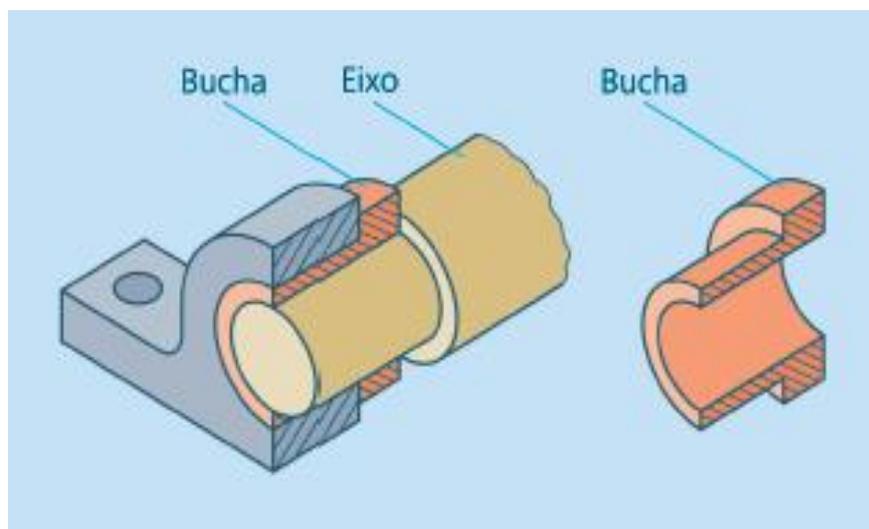
4.9 Mancal e bucha

O Mancal é um componente que trabalha como apoio de eixos e rolamentos que são elementos que são rotacionados, podem ser classificados em mancais de deslizamento e mancais de rolamento.

A função dos mancais é diminuir o atrito e ampliar o rendimento do sistema mecânico, entre partes que se movem entre si. O funcionamento dos mancais pode ser observado na relação entre eixos e carcaças de redutores e entre carros e barramentos de máquinas-ferramentas.

Para garantir a centralização e a fixação segura do eixo no mancal é necessário colocar uma bucha, que é fabricada de material sem rugosidade e menos rígido que o eixo e o mancal conforme figura 09.

Figura 09: Mancal, bucha e eixo



Fonte: CTISM, 2018.

4.10 Transmissão de correia

O torque é o responsável pela capacidade de o motor produzir força motriz, ou seja, o movimento giratório. É essa força que faz o veículo sair da inércia, arrancar e vencer ladeiras íngremes sem que você precise efetuar muitas trocas de marchas (Auto esporte Globo, 2018). Para calcular utiliza-se a equação abaixo:

$$Mt = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{P}{n} \quad [Nm] \quad (04)$$

Onde:

P = Potência [W]

Mt = Torque [Newton metros N.m]

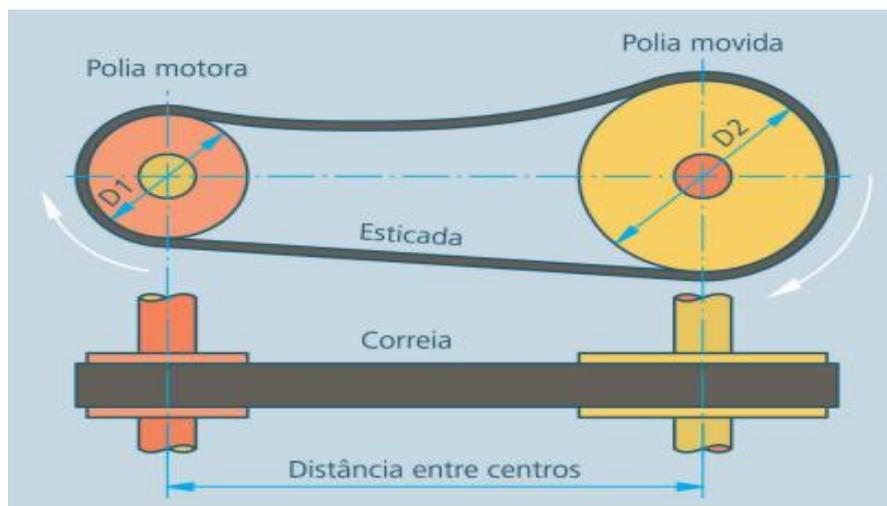
n = Rotação [rpm]

$$Mt = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{2.639,778}{1750} = 14,40 \text{ Nm} \quad (05)$$

O torque que o motor exercerá será de 14,40 Nm.

A correia é o elemento flexível e pode ser projetada para realizar a redução ou multiplicar a rotação, a correia pode ser composta de vários tipos de materiais e formas, responsável pela transmissão de rotação entre duas árvores paralelas ou reversas. Em sua forma mais simples, a transmissão por correias é composta por um par de polias, uma motriz motora (fixada ao eixo motor) e outra resistente (movid). (Virgil, 1975). Conforme figura abaixo.

Figura 10 – Transmissão por correias e polias.



Fonte: CTISM, 2018.

As vantagens de utilizar transmissão por correias são:

- Pela questão de segurança que durante vibração, uma sobre carga ou um choque a correia oferece proteção;

- São econômicas (financeiramente) e não precisa de lubrificação;
- São bastante versáteis, pois podem ser projetadas para operarem em diversas rotações, com diferentes quantidades de pares de polias;
- Não geram vibrações no sistema;
- Alto coeficiente de atrito.

As desvantagens de utilizar transmissão por correias são:

- Ocupam enormes espaços entre os eixos e polias;
- Frequência maior de manutenções;
- Pode gerar baixo rendimento, por conta do escorregamento elevado.

A correia corresponde ao elemento da máquina que, sendo movimentado por meio de uma polia motriz, transmite força e velocidade à polia que esta sendo movida. É um sistema muito utilizado no transporte de mercadorias, sendo considerado um dos mais eficientes já inventados, cujo emprego pode ser realizado em uma grande variedade de máquinas e aplicações. (CTISM, folha 01. 2018).

A correia a utilizar será a correia em V, pois segundo Melconian para utilizar correia em V é necessário que a potência do motor seja menor que 1500 cv.

Para realizar o dimensionamento das transmissões por correia em “V” é necessário sabermos antes os seguintes dados:

- Tipo motor:
- Potência do motor:
- Rotação do motor:
- Tipo de equipamento:
- Rotação do equipamento:
- Distância entre centros:
- Tempo de trabalho diário da máquina:

Primeiro deve-se achar a potência projetada utilizando a equação abaixo:

$$P_p = P_{motor} \times F_s$$

Onde:

P_p = Potência projetada [cv]

P_{motor} = Potência do motor [cv]

F_s = Fator de serviço [adimensional]

Para identificar o fator de serviço deve-se utilizar a tabela :

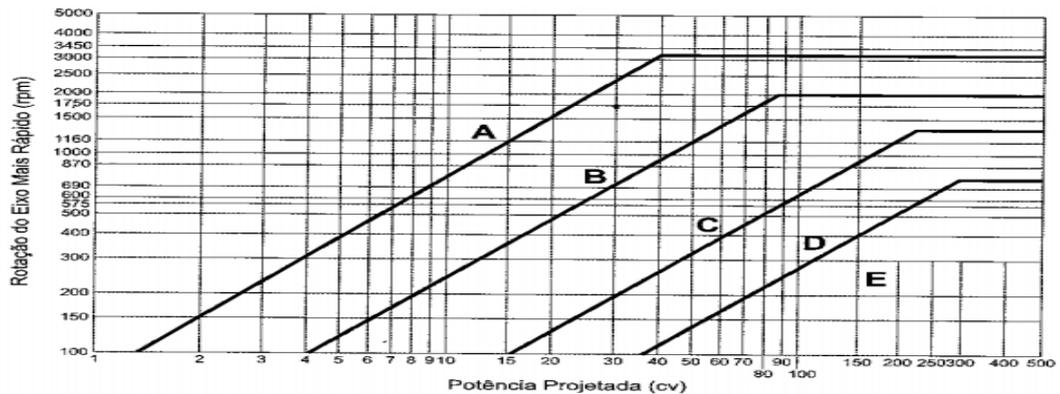
Tabela 03 – Fator de serviço

Máquina Conduzida	Máquina Condutora					
	Motores AC: Torque Normal, Rotor gaiola de Anéis, Síncronos, Divisão de Fase Motores DC: Enrolados em Derivação Motores Estacionários: Combustão interna de Múltiplos Cilindros			Motores AC: Alto Torque, Alto Escorregamento, Repulsão-Indução, Monofásico, Enrolado em Série, Anéis Coletores Motores DC: Enrolados em Série, Enrolados mistos Motores Estacionários: Combustão interna de um cilindro* Eixos de Transmissão Embreagens		
	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo
As máquinas relacionadas são apenas exemplos representativos. Escolha o grupo cujas características sejam mais semelhantes à máquina em consideração	3-5 h diárias ou periodicamente	8-10 h diárias	16-24 h diárias	3-5 h diárias ou periodicamente	8-10 h diárias	16-24 h diárias
Agitadores para Líquidos Ventiladores e Exaustores Bombas Centrífugas e Compressores Ventiladores até 10cv Transportadores de Carga Leve	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Correias Transportadoras para Areia e Cereais Ventiladores de mais 10cv Geradores Eixos de Transmissão Maquinário de Lavanderia Punções, Pressas e Tesourões Máquinas Gráficas Bombas Centrífugas de Deslocamento Positivo Peneiras Vibratórias Rotativas	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Maquinário para Oleria Elevadores de Canecas Excitadores Compressores de Pistão Moinhos de Martelo Moinhos para Indústria de Papel Bombas de Pistões Serrarias e Maquinário de Carpintaria Maquinários Têxteis	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5
Britadores (Giratórios e de Mandíbulas) Guindastes Misturadoras, Calandras e Moinhos para Borracha	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8
* O fator de serviço deverá ser aplicado sobre o valor para regime contínuo, mencionado na placa de identificação do próprio motor. Subtraís 0,2 (com um fator de serviço mínimo de 1,0) quando se tratar de classificação máxima intermitente. Recomenda-se o uso de um Fator de Serviço de 2,0 para equipamento sujeito a sufocações ou alagadiços.						

Fonte: Melconian, 2005.

Após encontrar o valor da potência projetada, pela tabela abaixo encontra o perfil da correia Hi-Power II.

Gráfico 01 – Seleção de perfil de correias Hi-Power II



Fonte: Melconian, 2005.

Por meio da tabela 04, é determinado o menor diâmetro em função da potência do motor em cv e da rotação.

Tabela 04 – Diâmetros mínimos recomendados para correias Hi-Power II

CV do motor	RPM do motor (50 e 60 ciclos)						CV do motor
	575 485*	690 575*	870 725*	1160 950*	1750 1425*	3450 2850*	
½	2,5	2,5	2,2	-	-	-	½
¾	3	2,5	2,4	2,2	-	-	¾
1	3	3	2,4	2,4	2,2	-	1
1 ½	3	3	2,4	2,4	2,4	2,2	1 ½
2	3,8	3	3,0	2,4	2,4	2,4	2
3	4,5	3,8	3,0	3,0	2,4	2,4	3
5	4,5	4,5	3,8	3,0	3,0	2,6	5
7 ½	5,2	4,5	4,4	3,8	3,0	3,0	7 ½
10	6	5,2	4,6	4,4	3,8	3,0	10
15	6,8	6	5,4	4,6	4,4	3,8	15
20	8,2	6,8	6,0	5,4	4,6	4,4	20
(25)	9	8,2	6,8	6,0	5,0	4,4	25
30	10	9,0	6,8	6,8	5,4	-	30
40	10	10	8,2	6,8	6,0	-	40
50	11	10	9,0	8,2	6,8	-	50
60	12	11	10,0	9,0	7,4	-	60
75	14	13	10,5	10,0	9,0	-	75
100	18	15	12,5	11,0	10,0	-	100
125	20	18	15	12,5	11,5	-	125
150	22	20	18	13	-	-	150
200	22	22	22	-	-	-	200
250	22	22	-	-	-	-	250
300	27	27	-	-	-	-	300

Fonte: Melconian, 2005.

Para encontrar o valor do menor diâmetro da polia a ser utilizado, deve-se calcular a relação de transmissão utilizando a equação abaixo:

$$I = \frac{n_1}{n_2} \quad (06)$$

Onde:

n_1 = Rotação 1 [rpm]

$n_2 = \text{Rotação 2 [rpm]}$

$$I = \frac{1750}{1750} = 1 \quad (07)$$

Foi utilizado o valor da rotação 1 e 2 o mesmo valor, pois a rotação do disco será a mesma do motor.

Para saber o diâmetro da polia a ser utilizado, deve-se multiplicar o diâmetro encontrado na tabela anterior por 25,4 para obter o resultado em milímetros e utilizar as equações abaixo:

$$\begin{aligned} D_2 &= d^1 \times i \\ D_2 &= 76,2 \times 1 \\ D_2 &= 76,2 \text{ mm} \end{aligned} \quad (08)$$

Onde:

$d^1 = \text{Diâmetro da polia (menor)}$

$D_2 = \text{Diâmetro da polia (maior)}$

O diâmetro menor e/ou maior é 76,2 mm, por tanto será utilizado duas polias com diâmetro de 80 mm cada.

Para encontrar o comprimento da correia utiliza-se a equação abaixo:

$$l = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad (09)$$

Onde:

$C = \text{distância entre centros [mm]}$

$D = \text{Diâmetro maior [mm]}$

$d = \text{Diâmetro menor [mm]}$

$l = \text{Comprimento da correia [mm]}$

$$\begin{aligned} l &= 2 \times 450 + 1,57(80 + 80) + \frac{(80-80)^2}{4 \times 450} \\ l &= 1151,2 \text{ mm} \end{aligned} \quad (10)$$

Tabela 05– Comprimento das correias Hi-Power II

Perfil A			Perfil B			Perfil C			Perfil D			Perfil E		
Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH	
	Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm
A-26	27.3	695	B-35	36.8	935	C-61	53.9	1370	D-120	125.3	3130	190	164.6	4695
27	28.3	720	37	38.8	985	56	57.9	1470	128	131.3	3335	195	199.5	5065
31	32.3	820	38	39.8	1010	58	60.9	1540	136	139.3	3540	202	206.5	5245
32	33.3	845	39	40.8	1035	60	62.9	1600	144	147.3	3740	210	214.5	5450
33	34.3	870	42	43.8	1115	63	65.9	1675	158	161.3	4095	225	229.5	5830
35	36.3	920	46	47.8	1215	68	70.9	1800	162	165.3	4200	240	241.0	6120
37	38.3	975	48	49.8	1265	71	73.9	1875	173	176.3	4490	270	271.0	6885
38	39.3	1000	50	51.8	1315	72	74.9	1900	180	183.3	4655	300	301.0	7645
41	42.3	1075	51	52.8	1340	73	75.9	1930	195	196.3	5035	325	326.0	8280
42	43.3	1100	52	53.8	1365	76	77.9	1980	210	213.3	5420	330	331.0	8405
45	46.3	1175	53	54.8	1390	81	83.9	2130	225	225.8	5735	360	361.0	9170
46	47.3	1200	55	56.8	1445	85	87.9	2235	240	240.8	6115	300	391.0	9630
47	48.3	1225	60	61.8	1570	90	92.9	2360	250	250.8	6370	420	421.0	10695
49	50.3	1280	63	64.8	1645	96	98.9	2510	270	270.8	6880	480	481.0	12215
50	51.3	1305	64	65.8	1670	100	102.9	2615	300	300.8	7640			
51	52.3	1330	65	66.8	1695	105	107.9	2740	330	330.8	8400			
53	54.3	1380	68	69.8	1775	112	114.9	2920	360	360.8	9165			
54	55.3	1405	71	72.8	1850	120	122.9	3120	390	390.8	9925			
55	56.3	1430	73	74.8	1900	128	130.9	3325	420	420.8	10690			
57	58.3	1480	75	76.8	1990	136	138.9	3630	480	480.8	12210			
60	61.3	1605	78	79.8	2025	144	146.9	3730						
62	63.3	1610	81	82.8	2105	158	160.9	4085						
64	65.3	1660	85	86.8	2205	162	164.9	4190						
66	67.3	1710	90	91.8	2330	173	175.9	4470						
68	69.3	1760	93	94.8	2410	180	182.9	4645						
69	70.3	1785	95	96.8	2460	195	197.9	5025						
71	72.3	1835	97	98.8	2510	210	212.9	5410						
75	76.3	1940	105	106.8	2715	225	225.9	5740						
80	81.3	2065	112	113.8	2890	240	240.9	6120						
85	86.3	2190	120	121.8	3095	255	255.9	6500						
90	91.3	2320	124	125.8	3195	270	270.9	6880						
96	97.3	2470	128	129.8	3295	300	300.9	7645						
105	106.3	2700	136	137.8	3500	330	330.9	8405						
112	113.3	2880	144	145.8	3705	360	360.9	9165						
120	121.3	3080	158	159.8	4060	390	390.9	9930						
128	129.3	3285	162	163.8	4160	420	420.9	10690						
136	137.3	3485	173	174.8	4440									
144	146.3	3690	180	181.8	4620									
158	159.3	4045	195	196.8	5000									
162	183.3	4150	210	211.8	5380									
173	174.3	4425	225	225.3	5725									
180	181.3	4605	240	240.3	6105									
			270	270.3	6865									
			300	300.3	7630									
			330	330.3	8390									
			360	360.3	9150									

Somente na construção individual

Nas construções individual e PowerBand

Fonte: Melconian, 2005.

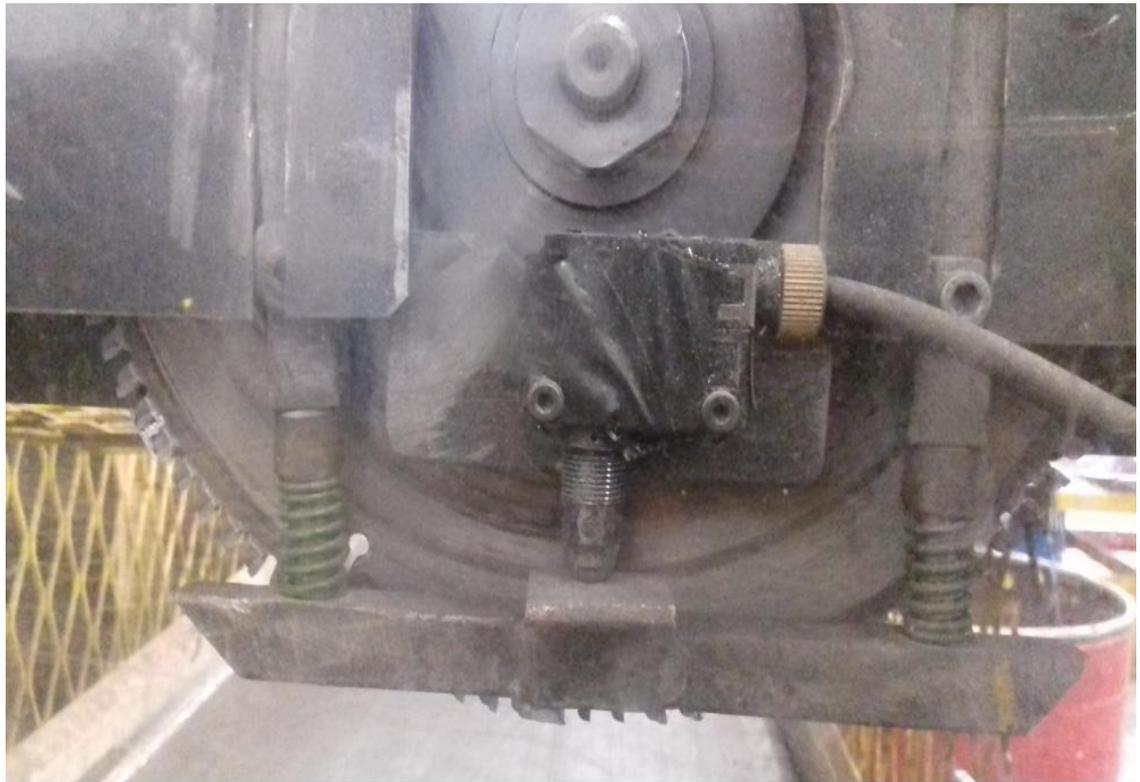
O comprimento da correia é de 1151,2 mm, e o modelo a ser utilizado é A-45 conforme tabela 05 – Comprimento das correias Hi-Power II.

4.11 Disco corte

Existem vários modelos de discos de corte e de variados materiais como, por exemplo, disco de aço, disco de ferro, disco de alumínio entre outros. O disco necessário para realizar o corte (marcação) de um produto de alumínio é disco especializado de alumínio ref.: Makita, pois possui uma alta resistência durante ao corte, possui maior duração e cortes com maior precisão.

O disco de corte é preso ao eixo que possui no final uma polia que envolve uma correia ligada ao eixo do motor. Todos os comandos são acionados e desacionados através de sensores (solenóide e sensor óptico). Quando o motor recebe o comando de entrada do sensor, e o mesmo é ligado aciona o temporizador (5 segundos) e a solenóide envia o comando de avanço do cilindro pneumático com o disco de corte rotacionando, após o disco adentar 15 milímetros na roda o dispositivo de entrada micro switch (figura 11) aciona e envia um bit entrada para o CLP que envia um bit para a solenóide desta forma fazendo o cilindro pneumático recuar.

Figura 11 – Micro switch montada.



Fonte: O autor.

4.12 Sensores óptico e solenóide

O sensor é um dispositivo eletroeletrônico que responde a um estímulo ou um sinal, ou seja, que detecta o produto na área pré-demarcada, como por exemplo, você instala o dispositivo na área e/ou região que você queira identificar seu produto, e no momento que seu produto passa frente ou próximo ao sensor o mesmo envia um bit para o clp, que executa a ação no qual você demarcou para que aconteça. Existem vários tipos de sensores, mas o determinado para o equipamento é o sensor optico – mfeb 10 14 dpt c4 referência do fabricante Maksen.

O solenoide controla a direção de acionamento do atuador pneumático. A válvula solenoide utilizada no equipamento será a pneumática 5/2 (possui cinco portas e duas posições) que atua um cilindro pneumático de dupla ação, as portas são para entrada, saída e escape de ar no circuito e segundo a Mti Brasil:

Posição um: nessa posição a entrada de ar (porta 1) se conecta a um dos lados do cilindro (porta 2). A outra porta do cilindro (porta 3) se conecta a um escape (porta 4) de ar para atmosfera. Uma válvula simples solenoide tem solenoide de um lado da válvula e o outro lado tem uma mola. Essa posição seria quando a solenoide não tem energia elétrica.

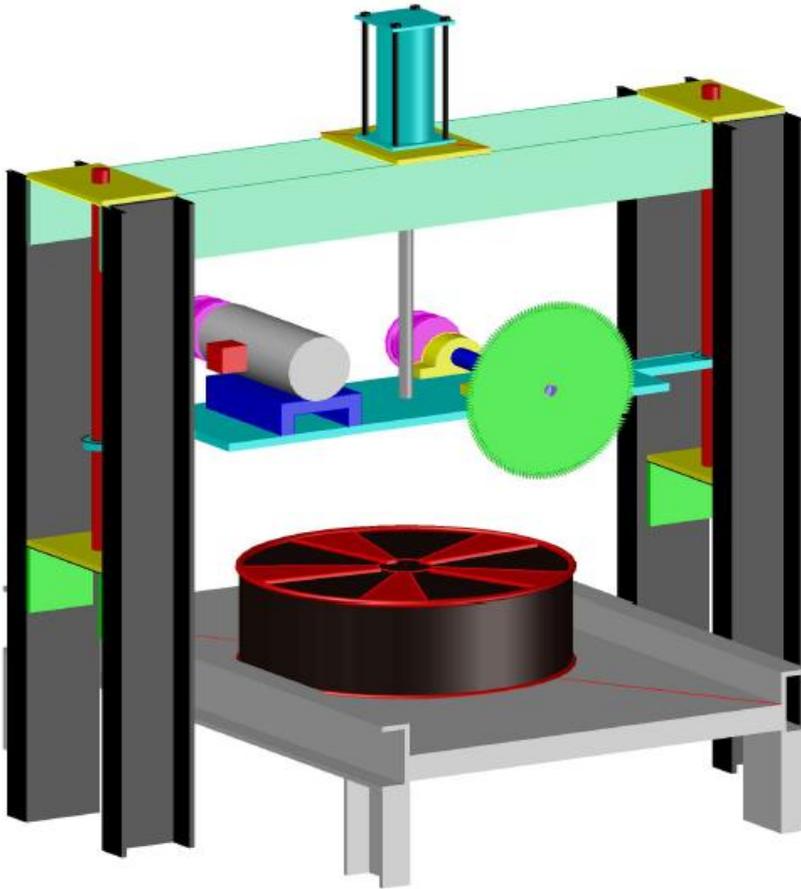
Posição dois: Nessa posição o lado do cilindro que recebe a pressão é invertido, ou seja, a entrada de ar (porta 1) conecta-se à porta 3 e a porta 2 conecta-se ao outro escape (porta 5). Essa posição acontece quando a solenoide da válvula é energizado. (Mti Brasil, folha 01, 2018).

5 FUNCIONAMENTO EQUIPAMENTO

A esteira transportadora do produto não conforme no qual foi projetada e instalado o equipamento totalmente automatizado, cuja função é marcar um produto para que o mesmo não retorne para o processo sendo essa uma exigência de clientes e para controle da própria empresa.

A esteira transportadora possui vários dispositivos elétricos como por exemplo: CLP, sensores, motor, pneumáticos como por exemplo unidade de condicionamento, cilindro pneumático e mecânicos por exemplo eixo, mancal, polia entre outros que podem ser classificados em dois tipos: dispositivos de entrada e de saída de um programa desenvolvido e inserido no CLP, responsável pela automação do dispositivo. Segue abaixo imagem da estrutura do equipamento.

Figura 12 – Estrutura equipamento em 3D



Fonte: O autor.

Há na esteira transportadora um sensor óptico que ao identificar o produto na posição pré-ajustada o sensor envia um bit de entrada para o CLP.

O programa inserido na memória interna do CLP processa a informação de entrada e atua suas respectivas saídas digitais que são nomeadas conforme sequência abaixo:

- a) Parar motor esteira;
- b) Acionar solenoide do cilindro pneumático de fixação do produto na esteira transportadora;
- c) Acionar solenoide do cilindro pneumático de avanço do dispositivo de marcar o produto, simultaneamente é acionado o motor do dispositivo, por meio de uma lógica interna no CLP denominado temporizador digital (5 segundos) responsável pela transmissão da rotação do dispositivo de marcar, é através de uma correia A-45 conforme item 4.10, um eixo usinado com rosca esquerda conforme item 4.8 e mancais para fixação do eixo.
- d) Após completar o avanço do cilindro pneumático responsável pela marcação do produto, um dispositivo de entrada micro switch ao ser acionado envia um bit de

entrada digital para o programa no CLP, que ao processar a informação finaliza o processo de marcação no produto, atuando a solenoide de recuo dos cilindros pneumáticos e desligando o motor, assim retorna a sua posição inicial, aguardando um novo ciclo de trabalho e religando a esteira transportadora.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto como um todo foi analisado para atender à necessidade de elaboração de um dispositivo para marcar rodas que forem consideradas não conforme ou refugo.

Foram realizados teste com o equipamento em uma empresa que fabrica roda na região do sul de minas, foi constatado como ganho, todas as rodas estão sendo marcadas conforme a elaboração do projeto, o disco possui uma durabilidade de 1 mês corrido ou 240 rodas marcadas, considerando que em média 8 rodas são refugadas por dia.

Ocorreu conforme o esperado, todo o sistema funciona corretamente, apenas precisa ser estudado mais a fundo uma forma de remover o cavaco gerado, pois os cavacos estão ficando espalhados pelo setor.

7 CONCLUSÃO

Após a economia do país apresentar pontos de crescimento no mercado global, o setor automobilístico vem cada vez mais consolidando-se a população brasileira. Um dos motivos cruciais para o crescimento, está na confiabilidade dos fornecedores diretos as montadoras. O estudo desenvolvido neste trabalho demonstra claramente um equipamento, onde o mesmo por comandos automatizados auxiliam o setor da qualidade, evitando danos e perdas tanto para o fornecedor quanto ao cliente.

Uma pequena falha em uma indústria, pode afetar todo o setor da empresa pois perde a credibilidade no mercado, prejuízo financeiro, que puxa demissões, corte de gastos, enfraquece o mercado local, ou seja, o prejuízo não é apenas da indústria e sim de toda a região em que ela predomina.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16030: Ensaios não destrutivos - Partículas magnéticas - Detecção de descontinuidades** Rio de Janeiro, p. 45. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO - ABAL. **Manual do Alumínio**. Disponível em: <www.abal.com.br> Acesso em: 01 mar 2018.
- BOER, Peter. **Metalurgia Prática do Alumínio**; 3.ed. Sao Paulo ,Brasiliense, 1982.
- BOLTON, Willian. **Programmable Logic Controllers**. 6. Ed. Boston: Newnes, 2015. V1, 424p.
- BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R. E. **Fundamentos da Termodinâmica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013. v. 1, 730p.
- CTISM, **Universidade Federal de Santa Maria**. Disponível em<<http://www.ctism.ufsm.br/>> acessado em: 05/06/2018.
- COLLINS, J. **Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de Prevenção de falhas**. São Paulo: Editora LTC, 2006.
- CUNHA, Lauro Salles, CRAVENCO, Marcelo Padovani. **Manual prático do mecânico**. São Paulo: Ed. Hemus, 2003.
- FAIRES, Virgil Moring. **Elementos orgânicos de máquinas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1971. 2 v.
- FESTO. **Cilindro pneumático DSBC-100-200-PPVA-N3**. Disponível em <https://www.festo.com/net/pt-br_br/SupportPortal/default.aspx?q=DSBC>. Acesso em:28 de junho 2018.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 15552:2018** Pneumatic fluid power. Disponível em <<https://www.iso.org/standard/66921.html>>. Acesso em: 28 de junho 2018.
- LINSINGEN I. V. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. 5. ed. Ed. Florianópolis: Ufsc, 2016. V. 1, 398p.
- LAKATOS, E. M. de A.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.
- MANGELS Industrial S.A, **Unidade Rodas**. Disponível em: <www.mangels.com.br> acessado em: 08/10/2018.
- MELCONIAN, S. **Elementos de máquinas**. São Paulo: Ed. Érica Ltda., 2008.
- MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. 9. ed. São Paulo: Editora Érica, 2009.

PORTAL OFICINA DAS RODAS. **RODAS 2013**. Disponível em:
<<http://www.oficinasrodas.com.br/articles/historia-liga-leve.html>> Acesso: 08/08/2018.