



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS  
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CÁSSIO ALENCAR BARRETO

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTOTIPO DE COMPACTAÇÃO DE LATAS DE  
ALUMINIO DE BAIXO CUSTO VOLTADO PARA ASSOCIAÇÃO DOS  
CATADORES DA CIDADE DE PAU DOS FERROS - RN**

PAU DOS FERROS - RN

2020

CÁSSIO ALENCAR BARRETO

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTOTIPO DE COMPACTAÇÃO DE LATAS DE  
ALUMINIO DE BAIXO CUSTO VOLTADO PARA ASSOCIAÇÃO DOS  
CATADORES DA CIDADE DE PAU DOS FERROS - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Pau dos Ferros, em cumprimento às exigências legais como requisito para à obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa

Co-orientador: Me. Marco Diego Aurélio Mesquita

PAU DOS FERROS - RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B273c

Barreto, Cássio Alencar.

CONSTRUÇÃO DE UM PROTOTIPO DE COMPACTAÇÃO DE  
LATAS DE ALUMINIO DE BAIXO CUSTO VOLTADO PARA  
ASSOCIAÇÃO DOS CATADORES DA CIDADE DE PAU DOS  
FERROS - RN / Cássio Alencar Barreto. - 2020.  
30 f. : il.

Orientador: Cláwsio Rogério Cruz de Sousa.

Coorientador: Marco Diego Aurélio Mesquita.

Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e  
Tecnologia, 2020.

1. Prensa. 2. Baixo custo. 3. Catadores. 4.  
Latas. 5. Reciclagem. I. Sousa, Cláwsio Rogério  
Cruz de , orient. II. Mesquita, Marco Diego  
Aurélio, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CÁSSIO ALENCAR BARRETO

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTOTIPO DE COMPACTAÇÃO DE LATAS DE  
ALUMINIO DE BAIXO CUSTO VOLTADO PARA ASSOCIAÇÃO DOS  
CATADORES DA CIDADE DE PAU DOS FERROS - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso Superior de Bacharelado em Ciência  
e Tecnologia, da Universidade Federal Rural do  
Semi-Árido – UFERSA, Campus Pau dos  
Feros, em cumprimento às exigências legais  
como requisito para a obtenção do título de  
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 05 / 02 / 2020.

**BANCA EXAMINADORA**

Cláudio Rogério Cruz de Sousa

Cláudio Rogério Cruz de Sousa, Prof. Dr. - Presidente  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA/CMPF

Marco Diego Aurélio Mesquita

Marco Diego Aurélio Mesquita, Me. - Examinador  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA/CMPF

Pedro Thiago V. de Souza

Pedro Thiago Valério de Souza, Me. - Examinador  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA/CMPF

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por poder chegar até onde cheguei.

Aos meus pais, por todo apoio, dedicação, amor e incentivo aos meus estudos.

Ao Prof. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa por toda a dedicação, apoio, amizade e por aceitar ser meu orientador.

Agradeço ao meu coorientador, Prof. Me. Marco Diego Aurélio Mesquita por sua disponibilidade, ajuda e contribuição para o meu trabalho.

Agradeço a Banca Examinadora por toda a disponibilidade e por poder contribuir para o meu crescimento pessoal.

Agradeço a minha família por sempre estar ao meu lado me apoiando.

Aos meus amigos e minha namorada por sempre me incentivarem a buscar meu máximo sempre.

“Insanidade é fazer sempre a mesma coisa  
várias e várias vezes esperando obter um  
resultado diferente.”

Albert Einstein

## RESUMO

O Brasil é um dos países que mais recicla alumínio no mundo e grande parte dessa reciclagem é feita por meio de catadores de materiais recicláveis. Visando a saúde dos catadores e a redução do volume que as latas de alumínio ocupam, o presente trabalho aqui exposto teve como objetivo desenvolver um compactador de latas de baixo custo para a associação dos catadores da cidade de Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte. A construção do protótipo ocorreu por meio da reutilização de materiais de baixo custo e reciclados, de acordo com estudos bibliográficos tais como teses, artigos e livros. O protótipo é destinado para auxiliar na compactação das latas de alumínio e reduzir os riscos à saúde dos catadores. Para a construção foi utilizado um motor elétrico como principal componente do protótipo, os demais materiais se resumem a tubos e chapas de aço galvanizado, pistão de motocicleta e polias poliméricas. Como sistema de segurança uma câmara protetora foi construída a partir da reciclagem de fibras de madeira de média densidade. O protótipo possui um ótimo fator de compactação, embora seja construído com materiais de baixo custo e reciclado, esse fator gera uma redução de 89,5% no volume de uma lata de 350 ml, permitindo um aumento na capacidade de armazenamento pela associação de catadores.

**Palavras-chave:** Prensa. Baixo custo. Catadores. Latas. Reciclagem.

## ABSTRACT

Brazil is one of the countries that most recycles aluminum in the world and a large part of this recycling is done through recyclable material collectors. Aiming at the health of the collectors and the reduction of the volume that the aluminum cans occupy, this work intend to develop a low-cost can compactor for the association of collectors in the city of Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte. The construction of the prototype occurred through the reuse of low-cost and recycled materials, according to bibliographic studies such as theses, articles and books. The prototype is intended to assist in compression of aluminum cans and reduce the risks to health of collectors. For construction, an electric motor was used as the main component of the prototype, the other materials can be simplified to tubes and sheets of galvanized steel, motorcycle pistons and polymeric pulleys. As a security system, a protective chamber was built from the recycling of medium density wood fibers. The prototype has a great compression factor, although it is built with low-cost and recycled materials, this factor generates a reduction of 89.5% in volume in a 350 ml can, allowing an increase in storage capacity by collectors association.

**Keywords:** Press. Low cost. Pickers. Cans. Recycling.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Prensa enfardadeira jacaré .....                                                                                | 15 |
| <b>Figura 2:</b> Prensa mecânica .....                                                                                           | 15 |
| <b>Figura 3:</b> Esquema de um redutor com polias.....                                                                           | 16 |
| <b>Figura 4:</b> Parte interna de um relé mostrando a bobina e os terminais NA e NF.....                                         | 18 |
| <b>Figura 5:</b> Fluxograma das etapas para o desenvolvimento do protótipo.....                                                  | 18 |
| <b>Figura 6:</b> Materiais utilizados na fabricação do protótipo, em a) o motor, b) tubos de aço galvanizado e c) correias ..... | 19 |
| <b>Figura 7:</b> Pistão .....                                                                                                    | 19 |
| <b>Figura 8:</b> Polias utilizadas na construção e cotadas com seus respectivos diâmetros.....                                   | 20 |
| <b>Figura 9:</b> Modulo relé 5V 1 canal .....                                                                                    | 20 |
| <b>Figura 10</b> Fase inicial da construção do compactador.....                                                                  | 21 |
| <b>Figura 11:</b> Fase intermediária da construção do compactador .....                                                          | 21 |
| <b>Figura 12:</b> Fase final da construção do compactador.....                                                                   | 22 |
| <b>Figura 13:</b> Câmara de proteção .....                                                                                       | 23 |
| <b>Figura 14:</b> Esquematização do circuito utilizado no compactador .....                                                      | 23 |
| <b>Figura 14:</b> Esquematização do circuito utilizado no compactador .....                                                      | 23 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabela 1:</b> Propriedades físico-mecânicas do alumínio .....      | <b>14</b> |
| <b>Tabela 2:</b> Custos para desenvolver o compactador de latas ..... | <b>25</b> |
| <b>Tabela 3:</b> Volume das latas compactadas.....                    | <b>27</b> |

## SUMÁRIO

|              |                                                                              |           |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                      | <b>12</b> |
| <b>2</b>     | <b>OBJETIVOS.....</b>                                                        | <b>13</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>Objetivo Geral .....</b>                                                  | <b>13</b> |
| <b>2.2</b>   | <b>Objetivos específicos.....</b>                                            | <b>13</b> |
| <b>3</b>     | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                           | <b>13</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Impactos ambientais do alumínio .....</b>                                 | <b>13</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Propriedades do alumínio (Al) .....</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Prensa de latas .....</b>                                                 | <b>14</b> |
| <b>3.3.1</b> | <b>Redutores .....</b>                                                       | <b>15</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>Calculo de força necessária para comprimir uma lata de alumínio .....</b> | <b>16</b> |
| <b>3.5</b>   | <b>Sistema de automação .....</b>                                            | <b>17</b> |
| <b>4</b>     | <b>METODOLOGIA .....</b>                                                     | <b>18</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Materiais utilizados .....</b>                                            | <b>18</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Processo de construção do protótipo .....</b>                             | <b>20</b> |
| <b>4.3</b>   | <b>Determinação do volume das latas compactadas .....</b>                    | <b>23</b> |
| <b>5</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                          | <b>24</b> |
| <b>5.1</b>   | <b>Viabilidade econômica do protótipo .....</b>                              | <b>24</b> |
| <b>5.2</b>   | <b>Dados obtidos.....</b>                                                    | <b>26</b> |
| <b>5.2.1</b> | <b>Consumo de energia do motor .....</b>                                     | <b>26</b> |
| <b>5.2.2</b> | <b>Redução do volume das latas de alumínio .....</b>                         | <b>26</b> |
| <b>6</b>     | <b>CONCLUSÕES .....</b>                                                      | <b>27</b> |
| <b>6.1</b>   | <b>Sugestões para trabalhos futuros .....</b>                                | <b>28</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                     | <b>29</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A dificuldade encontrada pelos catadores de latas de alumínio está na maioria dos casos, em compactá-las de forma útil e eficaz. Geralmente as latas são compactadas de forma manual visando a diminuição do volume. Segundo o Instituto Nacional Norte-americano de Segurança e Saúde Ocupacional (1998, apud SILVA, 2006), os esforços que incluem movimentos repetitivos como, levantamento de peso, postura inadequada de trabalho, trabalho físico pesado e posição estática estão relacionados diretamente com problemas musculoesqueléticos.

A partir do momento em que se usa um compactador é gerada uma maximização da atividade e a diminuição do tempo para compactá-las, aumentando o rendimento do trabalho e diminuindo os riscos de problemas musculoesqueléticos. Sobre os sintomas mais frequentes relacionados a saúde dos catadores pode-se afirmar de acordo com Pereira & Goes (2016) que:

Entre os sintomas mais frequentes relacionados à atividade do catador, destacaram-se as dores musculoesqueléticas (Gutberlet e Baeder, 2008; Alencar, Cardoso e Antunes, 2009; Bazo, Sturion e Probst, 2011; Maciel et al., 2011), ligadas ao excesso de peso carregado, ao ato contínuo de inclinar o corpo para a coleta do material, às posturas inadequadas, às atividades automatizadas e repetitivas e às longas horas de trabalho, que constituem fatores de risco para estes tipos de lesões (Cavalcante e Franco, 2007; Gutberlet e Baeder, 2008; Bazo, Sturion e Probst, 2011).

Uma alternativa para contornar este problema é a utilização de um compactador de latas de baixo custo, tendo em vista a melhoria da qualidade de vida dos catadores, diminuindo a probabilidade de desenvolverem problemas musculoesqueléticos e sempre buscando a praticidade de manuseá-lo.

Segundo dados da Associação Brasileira do Alumínio – ABAL, em 2016, o Brasil permaneceu em destaque no cenário mundial na reciclagem de latas de alumínio para bebidas, atingindo índice de 97,7%. Ao todo, foram cerca 280 mil toneladas de sucata de latas recicladas no país. Ao passo que a produção de latas de alumínio alcança patamares tão altos, o Brasil se destaca pelo alto índice de reciclagem de alumínio, e um personagem importante para que isso ocorra é o catador de latinhas.

Silva (2006) fez um levantamento entre catadores e não catadores sobre a prevalência de dor lombar nos anos de 2005 e 2006 na cidade de Pelotas, no qual 49,2% dos catadores

afirmaram ter dores lombares, que é uma porcentagem muito superior a encontrada na cidade inteira, que é de 35%.

Tendo em vista o grande volume que as latas de alumínio ocupam e a preocupação com a saúde do catador, nada mais aceitável desenvolver um dispositivo para auxiliar o catador na compactação das latas a fim da diminuição do volume de forma prática e eficaz. Destarte, este trabalho teve como finalidade desenvolver um compactador de latas de baixo custo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolvimento do compactador de latas de alumínio a fim de facilitar o trabalho e melhorar a qualidade de vida dos catadores de latas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Selecionar os materiais de baixo custo para a fabricação de um compactador de latas.
- Avaliar a viabilidade econômica do compactador de latas de alumínio.
- Avaliar o desempenho do compactador na redução do volume das latas compactadas.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 Impactos ambientais do alumínio**

De acordo com os dados da Associação Brasileira do Alumínio – ABAL (2017), o Brasil produziu 802 mil toneladas de alumínio. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019) o alumínio leva mais de 200 anos para se decompor na natureza. Conclui-se que se no Brasil não houvesse um forte mercado de reciclagem, haveria grandes problemas ambientais, isso devido a destinação do alumínio e o tempo que o material leva para se decompor na natureza.

### 3.2 Propriedades do alumínio (Al)

De acordo com o Callister (2009), o alumínio é caracterizado por sua baixa densidade, alta condutividade elétrica, térmica e boa resistência à corrosão, referente ao seu óxido protetor ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), em condições naturais de temperatura e pressão. A densidade do alumínio chega a ser aproximadamente 3 (três) vezes menor que a do aço, essas sendo respectivamente  $2,7 \text{ g/cm}^3$  e  $7,9 \text{ g/cm}^3$ , além de apresentar condutividade térmica até 3 (três) vezes maior que a do aço, já em questão de condutividade elétrica é semelhante à do cobre, ou seja, tem uma condutividade elétrica elevada. A Tabela 1 apresenta as propriedades físico-mecânicas do alumínio.

**Tabela 1:** Propriedades físico-mecânicas do alumínio.

|                                       |                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Densidade</b>                      | $2,7 \text{ g/cm}^3$                |
| <b>Condutividade Elétrica</b>         | $3,8 \times 10^7 / \Omega\text{-m}$ |
| <b>Módulo de Elasticidade</b>         | 69 GPa                              |
| <b>Módulo de Cisalhamento</b>         | 25 GPa                              |
| <b>Coefficiente de Poisson</b>        | 0,33                                |
| <b>Ponto de Fusão</b>                 | 660 C°                              |
| <b>Limite de Resistência a Tração</b> | 90 Mpa                              |
| <b>Ductilidade</b>                    | 40 AL% (em 50 mm <sup>2</sup> )     |

Fonte: CALLISTER (2009).

### 3.3 Prensa de latas

A prensa de latas é um dispositivo que tem a função de achatar ou comprimir latas entre a sua base e a pulsão, sendo comumente encontrada em três tipos, hidráulica, pneumática ou mecânica.

A prensa pneumática tem como fonte alimentação um compressor de ar comprimido, que aciona o equipamento gerando o movimento do pistão para compactar os materiais.

A prensa hidráulica consiste em utilizar o princípio de Pascal, que diz que uma força aplicada em uma determinada área gera uma pressão, e essa pressão exerce uma força em outra área, ou seja, essa força aplicada é transmitida ao longo do equipamento fazendo com que as latas sejam compactadas e a prensa mecânica consiste em utilizar um motor elétrico como fonte de alimentação, que aciona o aparato fazendo com que o pistão seja acionado gerando a força necessária para fazer a compactação das latas (SILVA, 2014; HEWITT, KELLER & YOUNG, 2000). Na Figura 1 pode ser observado um exemplo de prensa de latas hidráulico.

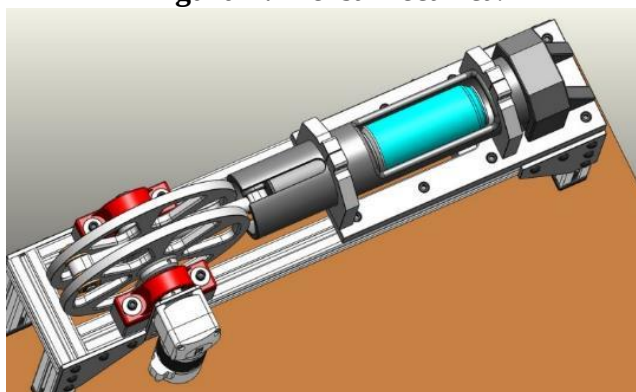
**Figura 1:** Prensa enfardadeira jacaré.



Fonte: MASKINER (2019)<sup>1</sup>

A Figura 2 exibe um exemplo de prensa de latas mecânica, onde ela faz o uso de motor elétrico para comprimir as latas.

**Figura 2:** Prensa mecânica.



Fonte: GRADCAD (2019)<sup>2</sup>

### 3.3.1 Redutores

Redutor ou caixa de redução é utilizado quando se tem a necessidade de diminuir a rotação de um motor e transformá-la em torque, através de associações polias ou engrenagem. Segundo Júnior (2002) um redutor, é capaz de gerar um torque muitas vezes maior que o do motor em questão de redução, e por isso é extremamente vantajoso. Para que reduza a rotação de um motor elétrico, e assim conseguir aumentar o torque, utiliza-se um conjunto de polias

<sup>1</sup> MASKINER (Campinas – SP). **Todas prensas.** 2019. Disponível em: <<http://www.maskinerprensas.com.br/prensa-jacare/>>. Acesso em: 11 out. 2019.

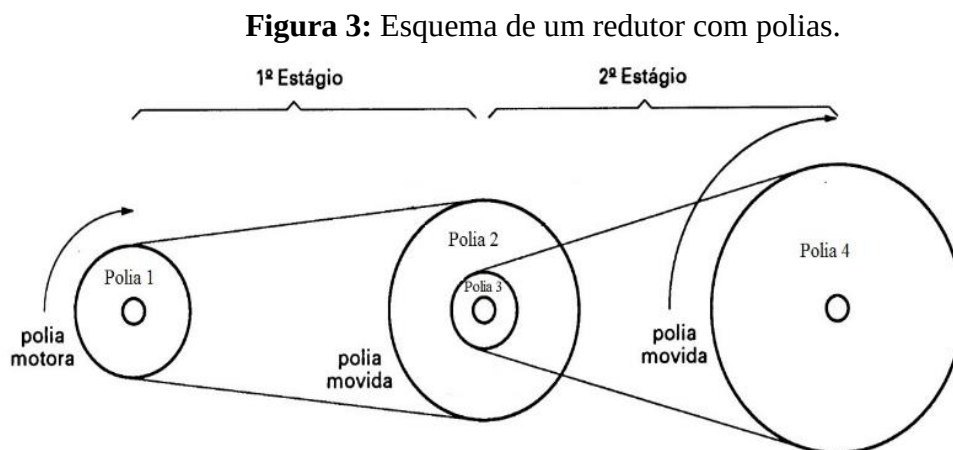
<sup>2</sup> GRADCAD. **MECHANICAL CAN-CRUSHER.** 2019. Disponível em: <<https://grabcad.com/library/mechanical-can-crusher-2>>. Acesso em: 11 out. 2019.

ou engrenagens cujo os diâmetros devem ser conhecidos para nos dar o comportamento final desejado.

A Figura 3 ilustra uma caixa de redução com 4 polias de diâmetros diferentes, onde a polia 1 é acoplada ao motor, cuja transmitirá a potência gerada pelo motor para as demais polias através de uma correia de transmissão. Na polia 2, cujo o diâmetro é maior que o da polia 1, ocorre uma redução da velocidade e aumento do torque. A transmissão continua na polia 3 e polia 4 da mesma forma. Quanto maior for a associação de polias para em uma caixa de redução maior será o torque e menor a velocidade da última polia. Segundo Oliveira Filho (2014) a torque gerado por um redutor se dá através da seguinte formula:

$$\Delta F = \frac{T}{D}$$

Onde  $\Delta F$  tensão decorrente do torque transmitido, T é o torque gerado e D é o diâmetro da polia.



Fonte: <http://eng-cleitonchaves.blogspot.com><sup>3</sup>

### 3.4 Cálculo de força necessária para comprimir uma lata de alumínio

De acordo com Silva (2014), para que seja efetuado o cálculo de compressibilidade de uma lata de alumínio, aplica-se a segunda lei de newton. Ainda segundo Silva (2014), sabendo que uma lata tem aproximadamente 350 ml, mas considerando que a mesma tenha 360 ml para que o cálculo de compressibilidade tenha uma margem de segurança, sendo assim:

<sup>3</sup> Disponível em: < <http://eng-cleitonchaves.blogspot.com/2016/03/calculo-de-rpm-em-conjuntos-redutores.html>>. Acesso em: 04 jan. 2020.



Considerando  $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ g}$

$$1 \text{ ml} = 1 \text{ g, logo}$$

$$360 \text{ ml} = 360 \text{ g}$$

De acordo com segunda lei de newton:  $1 \text{ kg} \times \frac{1 \text{ m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$

Logo,

$$360 \text{ g} = 0,360 \text{ kg}$$

$$F = 0,360 \text{ kg} \times \frac{1 \text{ m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 0,360 \text{ N}$$

Sabendo que,

$$1 \text{ N} = 9,8 \text{ kg}$$

A força necessária para que a lata seja comprimida é de  $3,43 \text{ kgf}$ .

Com isso podemos concluir que a força necessária para que uma lata de alumínio de 350 ml seja comprimida é de aproximadamente  $3,5 \text{ kgf}$ .

### 3.5 Sistema de automação

A automação é uma aplicação de técnicas e equipamentos em uma determinada máquina, onde tem como objetivo aumentar a eficiência, a produção, reduzir os custos quanto ao consumo de energia, promover segurança humana e reduzir a mediação do homem com a máquina (AMÉRICO; AZEVEDO; SOUZA, 2011).

Para Botke (2014) é possível resumir a automação como toda a atividade que uma máquina é capaz de desenvolver, diversas vezes no lugar de um humano. Sua finalidade é o aumento da produtividade e a redução de custos de uma empresa.

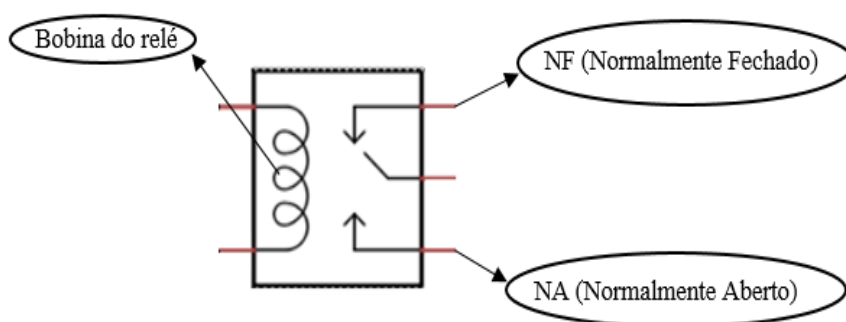
Ou ainda de acordo com Marafon (2018) a automação é um conjunto de técnicas a qual se constroem os sistemas, onde, faz o uso de *softwares* juntamente com um sistema de controle que executará os comandos. Os sistemas de controles são compostos por três elementos, esses sendo: Energia para finaliza os processos e fazer a operação do sistema; Sistema de controle para execução dos comandos; *Software* de instruções para direcionar os processos para execução.

Um componente utilizado nos sistemas de automação é o modulo relé, que é similar a um interruptor. O modulo possui dois tipos de contatos o NA (normalmente aberto) e o NF (normalmente fechado), quando acionado a corrente do circuito passa a circular no NA, mas

quando não está acionado a corrente do circuito circula no NF. O módulo relé adotado tem a capacidade de suportar cargas de até 10A, em 125 VAC, 250 VAC, 30 VDC ou 28 VDC.

Segundo Groover (2011) um relé eletromecânico é um interruptor elétrico liga/desliga onde o mesmo possui dois componentes principais, esse sendo: uma bobina e um braço móvel que é usado para abrir e fechar o circuito de acordo com o acionamento da bobina que gera um campo magnético que faz com que o braço mude sua posição. Conforme ilustrado na Figura 4 a seguir.

**Figura 4:** Parte interna de um relé mostrando a bobina e os terminais NA e NF.

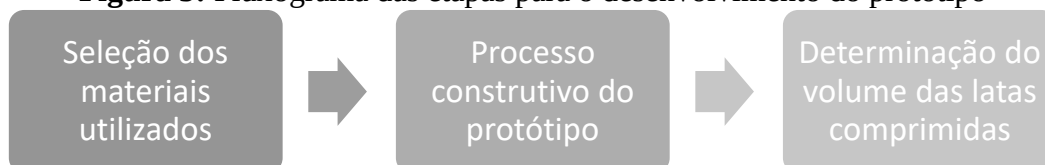


**Fonte:** Elaborado pelo autor

## 4 METODOLOGIA

O protótipo foi desenvolvido seguindo a seguintes etapas:

**Figura 5:** Fluxograma das etapas para o desenvolvimento do protótipo



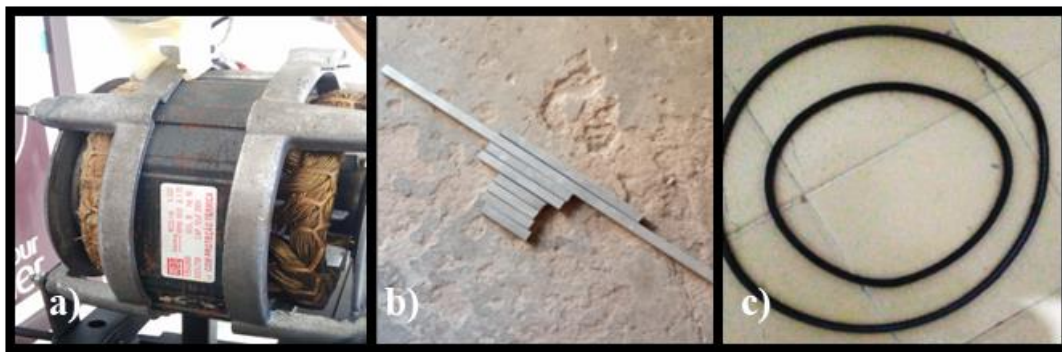
**Fonte:** Elaborado pelo autor

### 4.1 Materiais utilizados

No processo de construção do compactador de latas foi utilizado um motor elétrico de lava roupas da marca WEG, sendo usado como principal ferramenta para o funcionamento do protótipo, gerando a potência requerida para o pleno desempenho. Tubos aço galvanizado de 16mm<sup>2</sup> foram usados para a construção da base do compactador onde foi utilizado 2 metros

do mesmo. Foram usados também correias para fazer a transmissão da potência do motor. A Figura 6 exhibe os três materiais acima citados.

**Figura 6:** Materiais utilizados na fabricação do protótipo, em a) o motor, b) tubos de aço galvanizado e c) correias



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Para a parte de compactar latas de alumínio foi utilizado um pistão de motocicleta como mostra a Figura 7 e foi usado 30 cm de tubo de aço de 5 cm de diâmetro para ser a base do pistão e 80 cm de chapa de aço.

**Figura 7:** Pistão

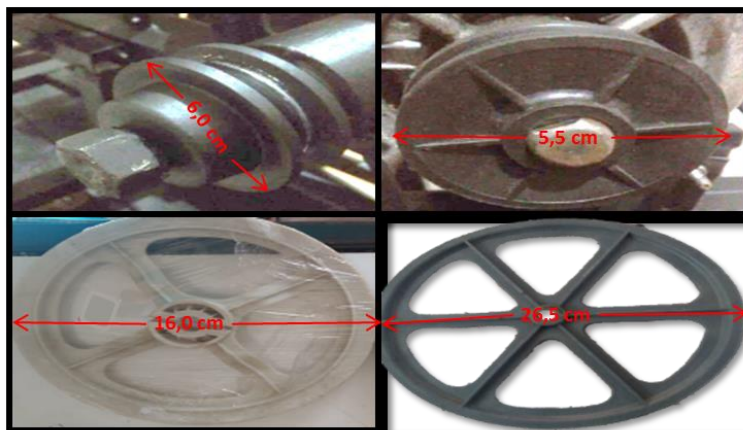


**Fonte:** Site da loja canaldapeça.<sup>4</sup>

Quanto a questão de compressibilidade da lata se fez necessário montar uma caixa de redução utilizando dois eixos, quatro rolamentos e fazendo associação de quatro polias diâmetros diferentes, como mostra a Figura 8 a seguir.

<sup>4</sup> Disponível em: < <https://www.canaldapeca.com.br/p/1010127/jogo-de-pistoes-e-aneis-standard-metal-leve-spa9290-std-unitario>>. Acesso em: 06 out. 2020.

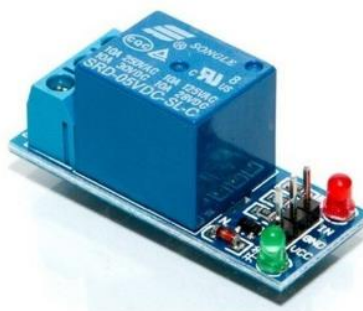
**Figura 8:** Polias utilizadas na construção e cotadas com seus respectivos diâmetros.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Para a construção de um sistema de segurança foi utilizado um modulo relé de 1 canal de 5V conforme mostrado na Figura 9, uma fonte de 5V e 0,4A, um botão (*push button*) e madeiras de compensado de MDF para a construção de uma câmara de proteção.

**Figura 9:** Modulo relé 5V 1 canal



**Fonte:** Site da loja Eletrogate<sup>5</sup>

## 4.2 Processo de construção do protótipo

Para a realização da construção do compactador de latas de alumínio foi necessário conhecimento básico sobre como transformar velocidade de um motor elétrico em torque, ou seja, fazendo uso de redutores, de forma que o mesmo cumpra com o objetivo final que é de compactar latas de alumínio de forma eficaz.

Para iniciar a construção, inicialmente foi necessário projetar o compactador de latas, onde o modelo foi feito utilizando o *software Sketchup* que é um *software* gratuito utilizado

<sup>5</sup> Disponível em: <[https://www.eletrogate.com/modulo-rele-1-canal-5v?utm\\_source=Site&utm\\_medium=GoogleMerchant&utm\\_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiA98TxBRBtEiwAVRLquwOJHemSvTd4rmV3Dvw8mQlnuoYktaoGCPeG9clORLwHjKG9o\\_xeRBoCDuAQAvD\\_BwE](https://www.eletrogate.com/modulo-rele-1-canal-5v?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiA98TxBRBtEiwAVRLquwOJHemSvTd4rmV3Dvw8mQlnuoYktaoGCPeG9clORLwHjKG9o_xeRBoCDuAQAvD_BwE)>. Acesso em: 29 jan. 2020.

para fazer modelagens 3D. A partir da modelagem foi iniciada a construção da base utilizando tubos de aço galvanizado de 16mm<sup>2</sup>, onde os tubos foram fixados usando soldagem por arco. A base já com o motor acoplado é mostrada na Figura 10.

**Figura 10:** Fase inicial da construção do compactador



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Após isso foi iniciado a associação de polias para transformar a rotação do motor em torque para que fosse obtida a força necessária para compactar as latas como mostrado na Figura 11.

**Figura 11:** Fase intermediária da construção do compactador.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Logo após a associação de polias, foi feita a construção do braço mecânico que foi feito com tubo de aço galvanizado e com um pistão de motocicleta, onde o mesmo faria a compactação das latas. Por fim foram adicionados o trilho e o tubo de aço de 5 cm de

diâmetro, onde o tubo serviria de um tipo de camisa para o pistão e onde as latas ficariam para serem compactadas, na figura 12 pode-se ver a fase final da construção da máquina.

**Figura 12:** Fase final da construção do compactador



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Após finalizar a construção do compactador, se fez necessário a construção de dispositivos de segurança que tem como finalidade reduzir qualquer possível dano a saúde dos catadores. O dispositivo consistiu numa câmara de madeira, a qual ficara no entorno do compactador reduzindo os riscos relacionado ao desprendimento de alguma peça do protótipo. O compactador é acionado somente com a tampa fechada, deixando o protótipo com as dimensões de 72x62 cm. A Figura 13 a seguir mostra como é a câmara de proteção.

**Figura 13:** Câmara de proteção

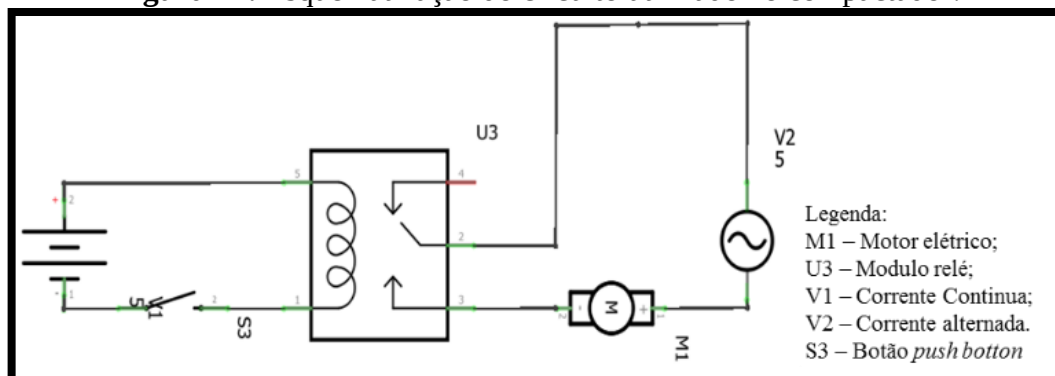


**Fonte:** Elaborado pelo autor

Para que fosse possível esse acionamento, foi montado um circuito utilizando um modulo relé, onde ambas extremidades do modulo são ligadas a dois tipos de correntes diferentes, no lado da bobina do relé é ligado a corrente continua conectado a um botão *push*

*button* para que a corrente nesse lado do circuito só passe com o botão pressionado, e na outra extremidade é conectado a corrente alternada e também conectada ao motor, no qual o compactador só será acionado se a tampa da câmara estiver fechada. Com isso, pressionando o botão e acionando o compactador. A Figura 14 a baixo mostra o esquema do circuito utilizado no protótipo.

**Figura 14:** Esquemática do circuito utilizado no compactador.



Fonte: Elaborado pelo autor

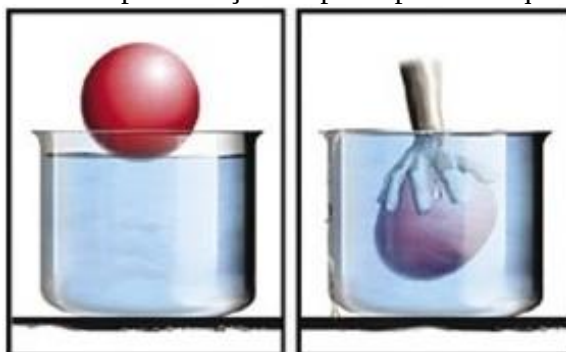
### 4.3 Determinação do volume das latas compactadas

A determinação do volume das latas compactadas foi feita utilizando o princípio de Arquimedes. De acordo com Barbosa e Breitschaft (2006), o princípio de Arquimedes diz que um objeto imerso completamente num recipiente contendo água desloca um volume da água e esse volume deslocado é exatamente o volume do objeto imerso.

Para fazer a determinação do volume, foi utilizado os seguintes materiais, dois béqueres um de 2 litros e um de 0,5 litros e uma proveta graduada de 0,1 litros. Foi colocado o béquer de 0,5 litros dentro do de 2 litros e em seguida enchendo o béquer de 0,5 litros até a borda, em seguida inserindo lata por lata dentro do béquer contendo água, após colocar a lata e observar o líquido deslocado cair no béquer de 2 litros, foi pego o líquido e colocado em uma proveta graduada para se obter o valor do volume deslocado que segundo o princípio de Arquimedes é o volume da lata compactada.



**Figura 15:** Representação do princípio de Arquimedes.



Fonte: CEPA (2020)<sup>6</sup>

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este tópico trata-se dos resultados obtidos com o compactador de latas. É tratado a análise dos dados obtidos, tanto na questão da redução do volume das latas de alumínio e principalmente na questão econômica para a construção de um compactador de latas de alumínio.

### 5.1 Viabilidade econômica do protótipo

Foram analisados dos gastos com o protótipo referente ao custo de cada peça e mão de obra utilizada para a elaboração do protótipo. A Tabela 2 apresenta o custo de cada peça individualmente e também mostra o que foram obtidos através de doações e os que foram reciclados.

---

<sup>6</sup> Disponível em: <[http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/basico/cap29/cap29\\_05.htm](http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/basico/cap29/cap29_05.htm)>



**Tabela 2:** Custos para desenvolver o compactador de latas

| <b>Componentes do Compactador</b> | <b>Doado</b> | <b>Reciclado</b> | <b>Comprado</b> | <b>Preço (R\$)</b> |
|-----------------------------------|--------------|------------------|-----------------|--------------------|
| Motor                             | X            | -                | -               | R\$ 90, 00         |
| Tubo de aço galvanizado           | X            | -                | -               | R\$ 20, 00         |
| Tubo de aço                       | X            | -                | -               | R\$ 10, 00         |
| Chapas de aço                     | -            | -                | X               | R\$ 8, 00          |
| Eixos                             | X            | -                | X               | R\$ 30, 00         |
| Rolamentos                        | -            | -                | X               | R\$ 38, 00         |
| Pistão                            | -            | X                | -               | R\$ 20, 00         |
| Polias                            | X            | X                | X               | R\$ 40, 00         |
| Modulo relé 5V 1 Canal            | X            | -                | -               | R\$ 13, 00         |
| Fonte 5V                          | -            | X                | -               | R\$ 10, 00         |
| Parafusos                         | -            | -                | X               | R\$ 5, 00          |
| Porcas                            | -            | -                | X               | R\$ 2, 00          |
| Madeira                           | -            | X                | -               | R\$ 20, 00         |
| Correias                          | X            | -                | -               | R\$ 40, 00         |
| Pés para apoio                    | -            | -                | X               | R\$ 3, 00          |
| Soldador                          | X            | -                | -               | R\$ 50, 00         |
| Cantoneiras                       | -            | -                | X               | R\$ 10, 00         |
| Fios de energia                   | -            | X                | -               | R\$ 8, 00          |
| <b>Total geral</b>                |              |                  |                 | <b>R\$ 417,00</b>  |
| <b>Total doado e reciclado</b>    |              |                  |                 | <b>R\$ 311,00</b>  |
| <b>Total Comprado/Gasto final</b> |              |                  |                 | <b>R\$ 106,00</b>  |

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Analisando o valor total dos materiais utilizados para construção do protótipo, o que inclui a estimativa de preços dos materiais doados e reutilizados, vê-se que 25,4% do valor total equivale a materiais que necessitam ser comprados, os 74,6% restantes compreendem materiais doados ou reutilizados. Sendo assim, apenas R\$ 106,00 (cento e seis reais) foram efetivamente gastos para a construção do compactador de latas. Considerando a etapa de soldagem requer a contratação de mão de obra especializada e que neste estudo foi realizada por ação voluntária, ou seja, foi contabilizado na categoria DOADO, o custo real para a associação de catadores deve ser estimado em R\$ 156,00 (cento e cinquenta e seis reais), equivalente a 37,4% do valor total.

No mercado são vendidos alguns tipos de presas de latas, essas sendo do tipo enfardadeira, ou seja, prensando diversas latas de uma só vez, mas o peso máximo que o fardo pode ter para ela prensar é de 10kg. Esse tipo de prensa possui um sistema do tipo hidráulico e um chega a ser até 15 vezes o valor do protótipo chegando até cerca de R\$ 16.000,00.

## 5.2 Dados obtidos

Os dados obtidos com a realização do protótipo de um compactador de latas dizem respeito ao consumo de energia do motor e ao volume que o mesmo foi capaz de compactar de diversas latas de alumínio.

### 5.2.1 Consumo de energia do motor

O motor utilizado tem a corrente de consumo de 1,7A com eixo livre. Sendo assim, para encontrarmos a potência do motor utiliza-se a seguinte formula:

$$P = I \times V \quad (1)$$

$$P = 1,7A \times 220V$$

$$P = 374W$$

Onde P é potência (W), V tensão (V), I corrente (A) e Ef eficiência.

A partir da potência encontrada de 374W, pode-se efetuar o cálculo para encontrar o consumo em Quilowatt-hora (KWh), que de acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016) é dada por:

$$Consumo (KWh) = \frac{Potência(W) \times Horas(h)}{1000} \quad (2)$$

$$Consumo (KWh) = \frac{374 W \times 1h}{1000}$$

$$Consumo (KWh) = 0,374$$

Com a efetuação dos cálculos utilizando a formula mostrada anteriormente, o consumo do motor é de 0,374 KWh.

### 5.2.2 Redução do volume das latas de alumínio

Para obter um valor médio aproximado do volume em que as latas ficaram após serem compactadas, foram realizados dez ensaios de compactação e efetuado uma média do volume das latas compactadas e o desvio padrão. Na Tabela 3 são apresentados os valores dos volumes individuais de cada lata, dos dez ensaios de compactação.

**Tabela 3:** Volume das latas compactadas

| <b>Volume da lata antes de ser compactada</b> |        | <b>Volume da lata após ser compactada</b>    |
|-----------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| <b>01</b>                                     | 380 ml | 47 ml                                        |
| <b>02</b>                                     | 380 ml | 39 ml                                        |
| <b>03</b>                                     | 380 ml | 48,5 ml                                      |
| <b>04</b>                                     | 380 ml | 40 ml                                        |
| <b>05</b>                                     | 380 ml | 48 ml                                        |
| <b>06</b>                                     | 380 ml | 54 ml                                        |
| <b>07</b>                                     | 380 ml | 38,5 ml                                      |
| <b>08</b>                                     | 380 ml | 39,5 ml                                      |
| <b>09</b>                                     | 380 ml | 45 ml                                        |
| <b>10</b>                                     | 380 ml | 38 ml                                        |
|                                               |        | <b>Média de 43,75 ml</b>                     |
|                                               |        | <b>Desvio padrão <math>\pm 5,23</math>ml</b> |
|                                               |        | <b>Intervalo de confiança de 95%:</b>        |
|                                               |        | <b>39,26 ml a 46,74 ml</b>                   |

**Fonte:** Elaborado pelo autor

De acordo com os dados obtidos com a Tabela 3, foi calculado o percentual em que o compactador é capaz de compactar a lata no valor de 89,5%.

De acordo com a associação dos catadores da cidade de Pau dos Ferros/RN, eles utilizam sacos industriais de polipropileno, também chamados de *bag*, de aproximadamente 1000 litros. Como exibido na Tabela 3, seria necessárias aproximadamente 2.631 latas não compactadas para encher a *bag*, já com as latas compactadas esse número é bem maior, seria necessárias cerca de 22.858 latas para encher o mesmo volume da *bag*.

Portanto é fácil perceber o quanto a redução do volume é importante na questão do armazenamento, pois reduz o volume em uma quantidade significativa.

## 6 CONCLUSÕES

Os objetivos propostos no trabalho foram alcançados com sucesso, visto que o compactador construído possui baixo custo, atendendo as limitações financeiras da associação de catadores de Pau dos Ferros/RN. Como também o protótipo apresenta um fator de compactação de aproximadamente 90% em relação ao volume inicial.

Visto que o compactador construído atende seus objetivos, mas para que o compactador chegue a ser usado pela associação dos catadores de Pau dos Ferros/RN, se faz necessário algumas melhorias, tais como aumentar a segurança do dispositivo e melhorar a sua estrutura, pois o mesmo se encontra em fase de protótipo.

### **6.1 Sugestões para trabalhos futuros**

- Fazer implantação de sensores que identificaria quando alguma das quatro polias parasse de girar acionando o desligamento do motor para não causar nenhum dano que leve a substituição do mesmo.
- Fazer implantações de sensores que identifica a temperatura em que o motor está trabalhando. Caso o motor trabalhe em altas temperaturas pode ocorrer algum dano ao compactador ou aos usuários do mesmo, com os sensores seria possível identificar a temperatura do motor e desliga-lo quando o mesmo atingisse altas temperaturas.

## REFERÊNCIAS

ABAL (São Paulo). Associação Brasileira do Alumínio - Abal. **Latinhas Campeãs**. Disponível em: <<http://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/latinhas-campeas/>>. Acesso em: 9 set. 2018.

ABAL (São Paulo). Associação Brasileira do Alumínio – Abal. **Perfil da Indústria Brasileira do Alumínio**. Disponível em: <<http://abal.org.br/estatisticas/nacionais/perfil-da-industria/>>. Acesso em: 02 out. 2019

ABRALATAS (Brasília). **Reciclagem Sempre em Alta**, 2017. Disponível em: <<http://www.abralatas.org.br/reciclagem-sempre-em-alta/>>. Acesso em: 29 set. 2019

BARBOSA, Valmar Carneiro; BREITSCHAFT, Ana Maria Senra. **Um aparato experimental para o estudo do princípio de Arquimedes**. 2006. Disponível em: <<https://www.if.ufrj.br/~carlos/pef/materiais/ana-rbef-ana-valmar.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2020

BOTKE, Daniel Ponick. **AUTOMAÇÃO DE RESIDÊNCIAS ATRAVÉS DE APLICAÇÃO INTEGRADA COM ARDUINO**. 2014. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2014.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Materials science and engeneering: and introduction**. 8ª edição, Ed. WILEY, 2009.

GROOVER, Mikell P. **AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA**. 3. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física - Vol. 3 - Eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016.

HEWITT, Paul G.; KELLER, Frederick J.; YOUNG, Hugh D. **Física conceitual**. Bookman, 2000. Acesso em: 11 out. 2019

MARAFON, Carine et al. **BENEFÍCIOS DO INVESTIMENTO EM AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE EMPACOTAMENTO DE FARINHA DE TRIGO**. Anais da Engenharia de Produção / ISSN 2594-4657, [S.l.], v.2, n.1, p. 72 - 87, julho 2018. ISSN 2594-4657. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/200>>. Acesso em: 29 jan. 2020

MMA, 2019, BRASIL. **Impacto das Embalagens no Meio Ambiente**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/impacto-das-embalagens-no-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 02 out. 2019

OLIVEIRA FILHO, Ricardo Humberto de. **Elementos flexíveis: Correias**. Goiais: Eeec, 2014. 44 slides, color. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/355991/>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

PEREIRA, Bruna Cristina Jaquetto; GOES, Fernanda Lira. **Catadores de Materiais Recicláveis Um encontro nacional**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160331\\_livro\\_catadores.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catadores.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2019

SANTOS JÚNIOR, Auteliano Antunes dos. **Elementos de maquinas II**. 2002. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~lafer/em618/pdf/Apostila%20Engrenagens%204.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2020.

SILVA, Marcelo Cozzensa da. **Trabalho e Saúde dos Catadores de Materiais Recicláveis em uma Cidade do Sul do Brasil**. 2006. 220 f. Tese (Doutorado) - Curso de Medicina, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006. Disponível em: <<http://www.epidemiologia.ufpel.org.br/uploads/teses/tese%20marcelo%20cozzensa.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019

SILVA, Anderson Luiz. **Prensa Penumática**. 2014. Disponível em: <[https://ifsp-sjc3.webnode.com/\\_files/200000302-c39aac4944/Prensa%20pneum%C3%A1tica.pdf](https://ifsp-sjc3.webnode.com/_files/200000302-c39aac4944/Prensa%20pneum%C3%A1tica.pdf)> Acesso em: 10 out. 2019