

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores**

**PNEUMÁTICA: UMA ABORDAGEM APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE UMA PRENSA EM UM PROCESSO DE RECICLAGEM DE LATAS DE ALUMÍNIO.**

**PNEUMATICS: AN APPLIED APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF A PNEUMATIC PRESS IN A PROCESS RECYCLING ALUMINUM CANS.**

Marcos Lucas de Oliveira e Janis Elisa Ruppenthal

**RESUMO**

Este estudo tem por objetivo projetar uma prensa pneumática para o processo de reciclagem de latas de alumínio. Além disso, analisar a viabilidade econômica da produção da prensa pneumática. Uma das principais contribuições científicas é o desenvolvimento de uma prensa que seja eficaz, eficiente e economicamente viável. Em termos operacionais, introduzir um mecanismo de produção e melhorias nas condições de trabalho em pequenos centros urbanos ou associações de reciclagem. Neste contexto, utilizou-se como suporte prático simulações no software FluidSim, experimentos práticos na bancada de treinamento de pneumática "Parker". Como resultado, efetivou-se o funcionamento de uma prensa pneumática com a utilização de atuadores, por compressão. A prensa é capaz de amassar, deformar ou reduzir o volume inicial de latas de alumínio com altura de 16 cm e diâmetro de 6,5 cm. Destaca-se que o desenvolvimento do projeto é viável no quesito custo/benefício quando comparado com as prensas existentes no mercado. No geral, este estudo contribui para o desenvolvimento sustentável do negócio de reciclagem, destacando importância da automação na prática.

**Palavras-chave:** Automação Industrial; Prensa Pneumática; Reciclagem de latas alumínio.

**ABSTRACT**

The purpose of this paper is to project a pneumatic press for the recycling of aluminum cans. Furthermore, analyzing the economic viability of production of pneumatic press. One of the major contributions to the development of scientific is a press that is effective, efficient and economically feasible. In operational terms, introduce a mechanism of production and improvements in working conditions in small urban centers or associations recycling. In this context, used as practical support in the software simulation fluidsime, practical experiments on bench training Pneumatics "Parker". With respect to their findings, the operation was accomplished in a pneumatic press with the use of actuators, by compression. The press is capable of kneading, deform or reduce the initial volume of aluminum cans with a height of 16 cm and a diameter of 6.5 cm. Is highlighted that the development project is feasible in the item cost / benefit compared to presses on the market. Overall, this study contributes to the sustainable development of the recycling business, highlighting the importance of automation in practice.

**Keywords:** Industrial Automation; Pneumatic Press; Recyclable Aluminum Cans

## 1. Introdução

Sistemas industriais automatizados caracterizam-se por altos níveis de precisão e sincronismo nas máquinas, por sua vez, várias as ciências estão envolvidas no projeto e construção das máquinas como Física, Mecânica, Hidráulica e Pneumática. A pneumática vem ampliando sua presença na indústria devido a sua capacidade de realizar ações rápidas de forma segura, essencialmente, em atuações mecânicas com equipamentos de ciclos operacionais complexos (NEGRI, 2011).

A automação é um processo ou procedimento alcançado sem assistência humana. Para automatizar um processo, é preciso energia não só para conduzir o processo, mas para operar o programa e o sistema de controle (GROOVER, 2010). A pneumática, como parte da automação industrial, é apropriada para projetos que necessitem de velocidade e facilidade de instalação e apresenta como característica custos de implantação relativamente baixos.

Neste contexto, este estudo tem por objetivo projetar, por meio de simulação no software FluidSim, uma prensa pneumática para o processo de reciclagem de latas de alumínio. Além disso, analisar a viabilidade econômica da produção da prensa pneumática. Uma das principais contribuições científicas é o desenvolvimento de uma prensa que seja eficaz, eficiente e economicamente viável.

Atualmente em cooperativas de pequenos centros urbanos, como por exemplo, no município de Bagé-RS não há mecanismos para deformar as latas de alumínio devido ao seu alto custo de aquisição, então as latas são deformadas manualmente pelos recicladores. Portanto, a vantagem do desenvolvimento da prensa pneumática apresenta-se no processo de deformação das latas de alumínio com maior eficácia, aumento na produção e melhorias nas condições de trabalho. Além disso, justifica-se a introdução de uma forma de contribuir no trabalho de colaboradores que atuam nesses processos fabris que está em vasta expansão, diante do aumento da consciência ambiental.

## 2. Método da pesquisa

O método de pesquisa científico adotado neste trabalho possui cunho teórico-conceitual (MARCONI; LAKATOS, 2004) e visa identificar informações relevantes para a condução da pesquisa atual. Trata-se de um estudo de simulação, no qual o uso de técnicas computacionais simulam o funcionamento de um sistema produtivo a partir de um modelo matemático (NAKANO, 2011).

### 2.1 Condução do trabalho de pesquisa

Esta pesquisa é composta de cinco etapas principais: i) análise de literatura sobre o tema; ii) motivação para desenvolvimento de uma máquina pneumática e não uma máquina hidráulica; iii) desenvolvimento e descrição de uma prensa pneumática; iv) teste do sistema pneumático na bancada de ensaios da Parker e teste de compreensão de uma lata de alumínio; e, v) análise do custo de produção da prensa pneumática.

Em se tratando da análise de literatura, considerou-se o assunto pneumática e os principais critérios para aplicação de prensas pneumáticas. Destaca-se o uso de livros renomados sobre o assunto, dada a ausência de artigos com este enfoque.

A prensa pneumática com funcionalidade para amassar latas começou seu desenvolvimento com o estudo das principais tecnologias que poderiam ser aplicadas, ou seja, uma aplicação com atuadores pneumáticos ou hidráulicos. O funcionamento da prensa, caracterizando-se, na engenharia de produto, como processos por projeto, que têm por finalidade o atendimento específico de uma necessidade, neste caso, a deformação de latas de alumínio de até 473 ml.

Partindo desse princípio, verifica-se que a hidráulica e a pneumática são uma parte da automação industrial que estão associadas a movimentos, porém diferenciam-se na sua aplicabilidade. A hidráulica é apropriada para projetos que necessitem de força e precisão do movimento, porém esse funcionamento tem por característica apresentar custos elevados em virtude de seus componentes. Já a pneumática é apropriada para projetos que necessitem de velocidade e facilidade de instalação e apresenta como característica custos de implantação relativamente baixos.

Contudo, como esse projeto pressupõe apresentar a viabilidade econômica, a escolha do funcionamento mecânico priorizada foi o pneumático, pois oferece um incremento da produção com investimentos relativamente pequenos, ou seja, apresenta vantagens mais efetivas do que uma prensa hidráulica para o propósito deste estudo: uso em pequenos centros urbanos ou associações de reciclagem. Contudo, outro fator que levou a optar por esse funcionamento mecânico foi a facilidade de implementação, resistência a ambientes hostis e simplicidade de manutenção.

Em seguida, e utilizou-se do software de simulação FluidSim e experimentos práticos na bancada de treinamento de pneumática “Parker”, disponíveis no Laboratório de Automação Industrial da instituição de ensino Universidade Federal do Pampa, no campus Bagé- RS.

Na quarta e última etapa, buscou-se avaliar o custo da fabricação da prensa pneumática desenvolvida neste trabalho. Para isso, foram listadas as peças necessárias para montagem, e, analisados os custos dos itens em diferentes fornecedores. Os fornecedores pesquisados foram: ARTICON Soluções Técnicas; PROAR pneumática; WKC Automação Pneumática; WERK-SCHOTT automatização pneumática; e, empresa X funilaria.

### **3. Referencial Teórico**

A palavra automação, que no latim significa “mover-se por si”, transcreve a movimentação de um equipamento por meios que lhe permitam realizar seu controle automaticamente, sem intervenção humana. Em vista disso, pode-se definir automação como a tecnologia que se ocupa da utilização de sistemas mecânicos, eletroeletrônicos e computacionais na operação e controle da produção.

O termo automação industrial foi criado para designar o conjunto de estudos, princípios e métodos destinados a substituir a intervenção humana em determinadas atividades. Portanto, trata-se de um meio de garantir alta produtividade com elevada eficiência e padrão de qualidade que permita a redução no custo final do produto, bem como a sua disponibilidade em tempo relativamente menor. Conforme Silveira (2009), automação industrial é a aplicação de softwares ou equipamentos específicos para operacionalizar uma máquina ou uma célula de produção, com o objetivo de aumentar a eficiência e eficácia da organização.

A introdução da automação industrial traz vantagens aos colaboradores, pois minimiza as fadigas manuais e garante características constantes dos produtos fabricados, assegurando a precisão e qualidade dos produtos. Além disso, propicia ao homem o planejamento em tarefas que exigiam raciocínio lógico, como por exemplo, no caso das funções de controle e correção de erros durante os processos de fabricação, oferecendo-lhe, portanto, melhores condições de segurança, assim como a maximização da produção com menor custo.

A automação industrial pode ser classificada em três categorias de flexibilidade: automação fixa, automação programável e automação flexível. A automação fixa está baseada em uma linha de produção especialmente projetada para a fabricação de um produto específico, e possui como características: altos investimentos; altas taxas de Produção; configuração rígida; operações simples. A automação programável é baseada em um equipamento com capacidade de fabricar uma variedade de produtos com características diferentes, e como características, tem-se: altos investimentos; taxas médias de produção; configuração semi-flexível (possibilidade de reprogramação). A última categoria refere-se à automação flexível, baseada em um equipamento capaz de ser programado para produzir uma variedade de produtos com algumas características ou configurações diferentes, e apresenta-se com: investimento elevado; produção contínua; configuração flexível.

Em se tratando dos dispositivos usados no projeto da prensa pneumática, citam-se os atuadores e válvulas pneumáticas. Os atuadores são componentes que convertem energia elétrica, hidráulica ou pneumática, em potência mecânica (ROMANO, 2009). Isto é, os atuadores pneumáticos são elementos mecânicos que por meio de movimentos lineares ou rotativos, transformam em energia pneumática a energia cinética gerada pelo ar pressurizado e em expansão, produzindo trabalho, ou seja, são elementos responsáveis pela execução do trabalho realizado pelo ar comprimido (FIALHO, 2011).

Os atuadores pneumáticos são utilizados em operações industriais que atuam com movimentação de cargas entre posições bem definidas limitadas por batentes mecânicos, o que caracteriza o movimento ponto-a-ponto. Para um correto funcionamento dos atuadores, convém a instalação de unidades de preparação (filtro, dreno, regulador de pressão com manômetro e etc.) no circuito de ar comprimido antes da entrada deste nas válvulas direcionais.

Já uma válvula é um componente do circuito pneumático que se destina a controlar a direção, pressão ou ainda vazão do ar comprimido. Ao receber um impulso pneumático, mecânico ou elétrico, permite que haja fluxo de ar pressurizado para alimentar determinado elemento do automatismo. Portanto, a válvula pneumática é a representação de todos os elementos que servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios ou controlar sua intensidade de vazão e pressão (SILVEIRA, 2009). O seu funcionamento é uma válvula que limita a pressão de um reservatório, compressor ou linha de pressão, evitando a sua elevação além do ponto pré-determinado, é ajustado através de mola calibrada que é comprimida, por parafuso, transmitindo sua força sobre um êmbolo e mantendo-o contra a sede (PAVANI, 2011).

A pneumática utiliza o ar como fonte de energia para o acionamento de seus automatismos. O mesmo, entretanto, precisa ser remanejado na tubulação em condições apropriadas para sua utilização, ou seja, devemos analisar a pressão adequada para o sistema, assim como a qualidade (redução máxima, possível, de impurezas e umidade). A condição de pressão adequada é conseguida através dos compressores, já a de qualidade necessita de recursos como purgadores, secadores e filtros (FIALHO, 2011).

### 3.1 Prensa pneumática

Prensas pneumáticas têm seu funcionamento baseado no princípio de Pascal, na qual a pressão aplicada a um fluido dentro de um recipiente fechado é transmitida, sem variação, a todas as partes do fluido, bem como às partes do recipiente.

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Concomitantemente ocorre o mesmo com as prensas hidráulicas, que é uma máquina capaz de transformar uma força de pequena intensidade em outra força de maior intensidade usando o

princípio de Pascal. A eficiência de uma prensa hidráulica é o número obtido pela razão entre a área do êmbolo maior e a área do êmbolo menor.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (2)$$

Porém existem diferenças diante de suas características, em prensas pneumáticas seu funcionamento é dependente do ar comprimido, a baixa pressão, fornecida pelo compressor para impulsionar o cilindro. Já em prensas hidráulicas trabalha-se com óleo com alta pressão enviado pelas bombas hidráulicas ao sistema, e tudo o que se ganha em força se perde em deslocamento. Assim, as principais diferenças entre sistemas hidráulicos e pneumáticos podem ser observadas na Tabela 1.

TABELA 1 – Comparação dos sistemas hidráulicos e pneumáticos

Características do sistema	Sistema hidráulico	Sistema pneumático
Fluido pressurizado	Óleo (ou emulsão água-óleo)	Ar comprimido
Compressibilidade	Incompressível	Compressível
Nível típico de pressão do fluido	20 MPa (3.00 lb/pol <sup>2</sup> )	0,7 Mpa (100 lb/pol <sup>2</sup> )
Forças aplicadas pelos dispositivos	Altas	Baixas
Velocidade de atuação dos dispositivos	Baixas	Altas
Controle de velocidade	Controle de velocidade preciso	Difícil de controlar com precisão
Problemas com vazamento de fluidos	Sim, danos potenciais mna segurança	Sem problemas quando o ar vaza
Custos relativos do dispositivo	Altos (ftor de cinco a dez vezes)	Baixo
Construção e manufatura de dispositivos	Necessários bons acabamentos de superfície e tolerâncias	Em vez de componentes de alta precisão, anéis de vedação são utilizados na prevenção de vazamentos
Aplicação de automação	Preferíveis quando forças intensas e controle preciso são necessários	Preferíveis quando o custo baixo e a alta velocidade de atuação são necessários

Fonte: Groover (2010).

As prensas pneumáticas podem trabalhar em velocidade rápida ou lenta, porém não desenvolvem grande força mediante a utilização do ar comprimido. Este não possibilita alta pressão e baixas velocidades estáveis, pois para desenvolver grande força os pistões devem ter diâmetros extremamente grandes. Salienta-se que os diagramas de circuitos pneumáticos são representados segundo as normas internacionais ISO 1929.

Em se tratando do funcionamento lógico de uma prensa pneumática, inicia-se com a compressão do ar pelo sistema de compressores, posteriormente o mesmo passa por sua devida distribuição pela rede, após essa etapa, um conjunto de componentes faz com que o ar comprimido chegue até a válvula direcional da máquina, e quando a mesma é acionada libera-

se a passagem de ar comprimido para o cilindro, para que o mesmo possa movimentar o atuador, conforme Figura 1.

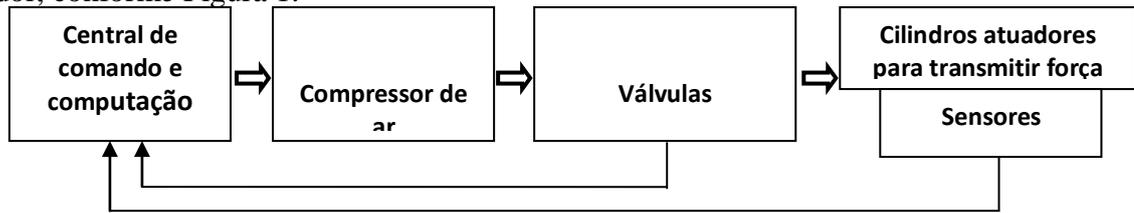


FIGURA 1 – Diagrama do circuito eletropneumático. Fonte: Bonacorso (2004).

Segundo o Princípio de Pascal, a pressão aplicada em um fluido é transmitida em todas as direções. Portanto, em uma área menor, há uma força menor para manter a pressão medida. Aumentando a área, a força aumenta proporcionalmente para manter a pressão igual à do ponto de aplicação da primeira força. Por isso, sistemas pneumáticos são considerados multiplicadores de força.

#### 4. Resultados

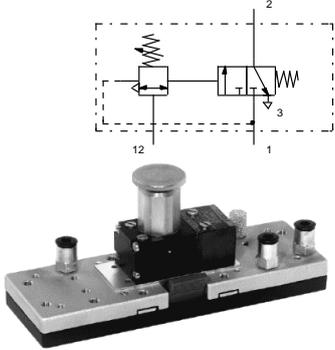
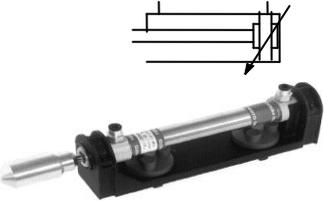
##### 4.1 Desenvolvimento de uma prensa pneumática

Este projeto caracteriza-se por ser uma pesquisa aplicada, na qual apresenta uma concepção de uma prensa de latas com funcionamento pneumático. Considerando a aplicabilidade, orientou-se o estudo de funcionamento da prensa para amassar latas de alumínio de até 473 ml, que apresentam a especificação técnica de aproximadamente 6,5 cm de diâmetro e 16 cm de altura, sendo desenvolvida para atuar no setor de reciclagem de pequenos centros de recicladores.

Os componentes necessários para compor a prensa de latas com funcionamento pneumático estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 – Componentes utilizados para compor o funcionamento da prensa.

		<p>Unidade de condicionamento (consiste em filtro, válvula reguladora de pressão com manômetro e lubrificador).</p>
		<p>Válvula de controle direcional com três vias e duas posições, normalmente fechada, acionada por pressão, com retorno por mola e botão de empurrar.</p>
		<p>Válvula de simultaneidade (permite a emissão do sinal de saída quando existem os dois sinais de entrada).</p>

		
		<p>Válvula de Sequência possui o mesmo funcionamento da válvula limitadora. Abre-se a passagem quando é alcançada uma pressão superior a da mola, utiliza-se quando se faz necessário uma pressão fixa no processo.</p>
		<p>Válvula de controle direcional de cinco vias e duas posições.</p>
		<p>Válvula redutora de vazão com retorno livre.</p>
		<p>Cilindro pneumático de ação dupla com amortecimento ajustável nos dois lados.</p>
		<p>Indicador de pressão (Manômetro/ Vacuômetro).</p>
		<p>Compressor de 24 Cv com 24 litros de reservatório.</p>

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após o levantamento dos componentes necessários para compor o funcionamento da prensa, desenvolveu-se a bancada da Parker. Para o primeiro teste do funcionamento de todo o

sistema, utilizou-se somente um atuador pneumático, conforme pode ser verificado na Figura 2.



FIGURA 2 - Teste do sistema pneumático na bancada de ensaios da Parker. Fonte: Elaborada pelos autores

Dado que o atuador utilizado não deformou a lata de alumínio com eficácia, procedeu-se com a adequação do cilindro pneumático que efetuará o trabalho da forma mais eficiente, conforme teste de compressão na Figura 3.

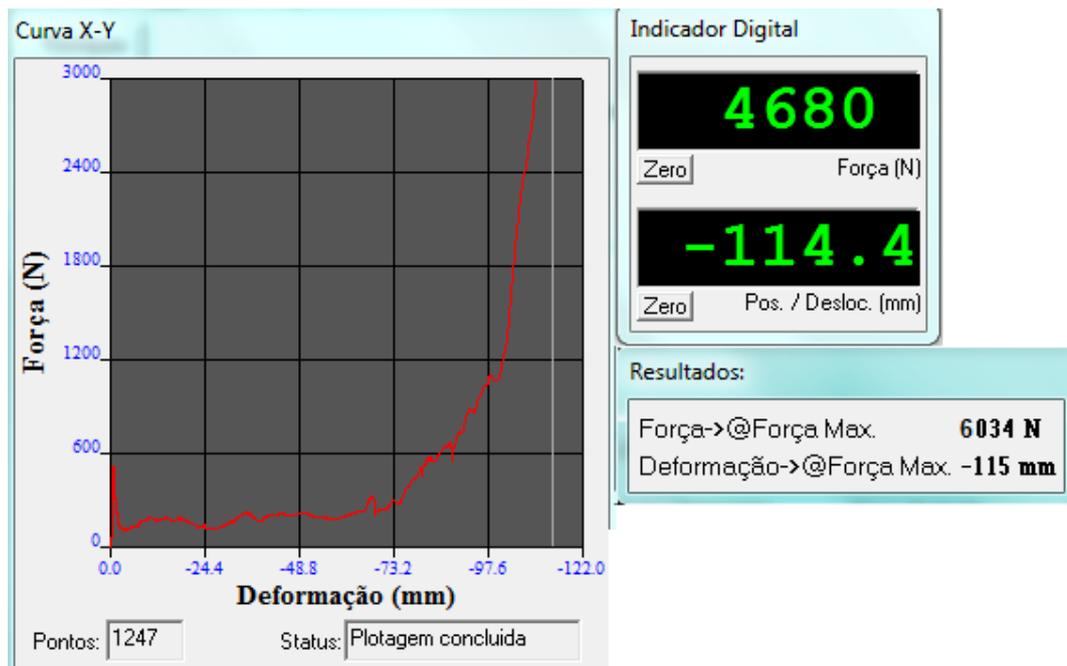


FIGURA 3 – Teste de compressão de uma lata de alumínio de 473ml. Fonte: Máquina de compressão do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria.

Em virtude deste teste, verificou-se que a lata de alumínio apresenta uma resistência a sua deformação no início da compressão, mas na sequência esta resistência é vencida com facilidade. Contudo, ao aproximar-se da extremidade inferior da lata ocorre novamente a ter uma resistência à deformação. Portanto como é apresentada, na Figura 2, a deformação do sentido horizontal da lata é realizado com maior facilidade pelo cilindro, entretanto, não apresenta a uniformidade que se espera neste estudo. Assim, os cálculos abaixo demonstraram qual o cilindro pneumático mais adequado para o funcionamento eficaz da prensa:

- Diâmetro da lata de 473 ml: 6,5 cm
- Altura da lata: 16 cm
- Pressão necessária:  $6 \text{ kg/cm}^2$

Partindo da fórmula da pressão que é descrita como  $P = \frac{F}{A}$  temos:

$$A = \frac{F}{P} \rightarrow A = \frac{60 \text{ kg}}{6 \text{ kg/m}^2} = 10 \text{ cm}^2 \quad (3)$$

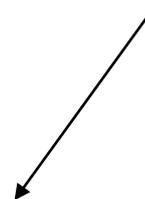
Tendo a área do cilindro passamos a calcular o diâmetro necessário:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 3,57 \text{ cm ou } 35,7 \text{ mm} \quad (4)$$

Neste contexto, o cilindro pneumático deverá ter diâmetro acima de 35,7 mm conforme demonstrado nas equações 3 e 4. Porém além de saber o diâmetro do cilindro precisa-se ainda saber a sua capacidade de curso, ou seja, quanto que a haste deverá estender-se para atingir a lata. Considerando que a lata de alumínio contém 160 mm de altura, a haste do cilindro pneumático mais adequado para esse projeto dar-se-ia com um cilindro que apresente curso de sua haste superior à altura da lata, portanto conforme pesquisa com fabricantes o atuador deverá ter 200 mm de curso em sua haste para atingir a lata de forma eficaz.

Em relação ao funcionamento da prensa pneumática para deformar as latas de alumínio, o processo constitui de quatro estágios (Figura 4).

**Saída das latas**



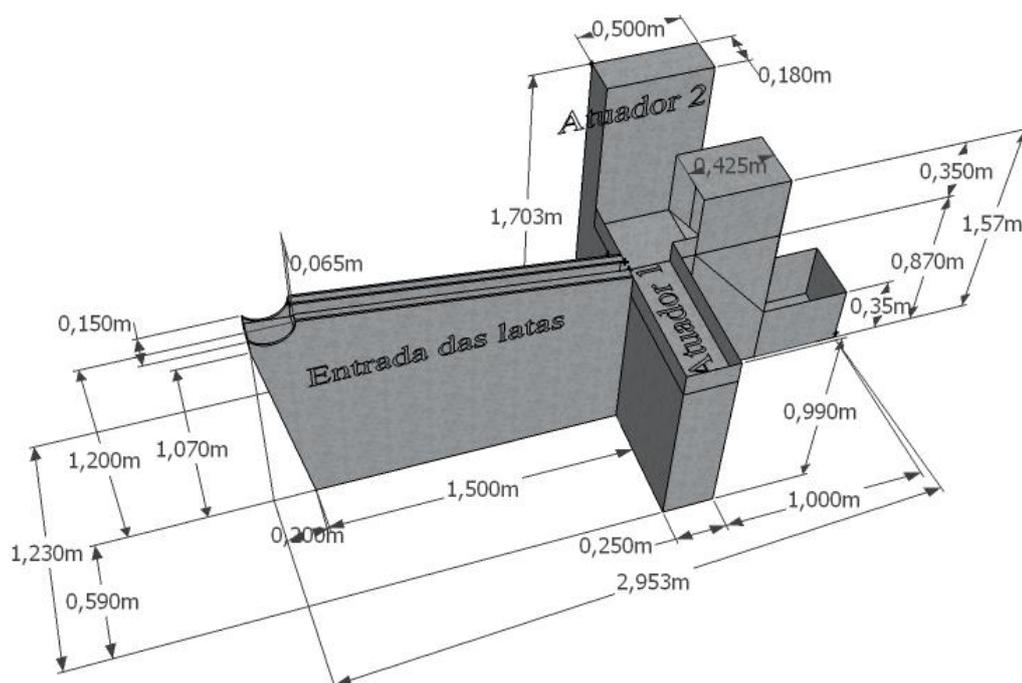


FIGURA 4 – Protótipo da prensa pneumática para amassar latas de alumínio de até 473 ml. Fonte: Elaborada pelos autores.

Primeiro procede-se com a introdução das latas no reservatório com capacidade para 23 latas, e possui inclinação de 12 cm para que a lata possa descer em prol da força da gravidade até o segundo estágio. No segundo estágio possui um cilindro pneumático com a função de posicionar a lata até o terceiro estágio, no qual um segundo cilindro pneumático amassará a lata de alumínio na espessura desejada. Para finalizar um jato de ar, impulsiona a lata já amassada para o quarto estágio, ou seja, o estágio final, reservatório.

Após estabelecer os componentes necessários para o desenvolvimento da prensa pneumática, passou a ser estabelecido o estudo econômico do projeto, ou seja, iniciou-se o processo de pesquisa de preços com os fornecedores dos produtos requeridos pelo funcionamento da prensa, para que assim, fosse possível desenvolver o protótipo com o menor custo possível.

#### 4.2 Análise do custo de produção da prensa pneumática

Custo é o gasto relativo na produção de bens e serviços que trazem retorno financeiro, ou seja, é o gasto efetuado na área fabril para produzir um produto “x” na linha de produção (OSCAR, 2008). Neste contexto, a tabela 3 resume o custo dos componentes necessários para manufaturar a prensa com funcionamento pneumático, na qual têm aplicabilidade em um centro de reciclagem com o intuito de amassar, deformar ou reduzir o volume inicial de latas de alumínio de até 473 ml.

Tabela 3 – Custo dos componentes da prensa pneumática

Código	Descrição do Produto	Quant.	Preço Unitário	Preço Total
CME04014 11OD0400	Cil. ISO 15552 040 X 0400mm - PU - D/A - D/Am. Magnetico - Básico - Haste SAE 1045 Cromado. Perfil Mickey Mouse Alumínio	2	R\$ 285,20	R\$ 570,40

	Anodizado.			
VC3317	Válvula de controle direcional ¼ - 3/2 vias - botão/mola	2	R\$ 77,39	R\$ 54,78
VC3597	Válvula de controle direcional ¼ - 5/2 vias - solenoide/mola	2	R\$ 77,47	R\$ 154,94
CF140	Válvula Controle de Fluxo ¼	4	R\$ 35,72	R\$ 142,88
M14P	Manômetro Painel ¼ BSP	1	R\$ 36,50	R\$ 36,50
114FRLMST	Unidade de condicionamento, Filtro Reg + Lub + Mnômetro + suporte mini ¼	1	R\$ 46,72	R\$ 46,72
13022475	Válvula de seqüência	3	R\$ 62,10	R\$ 186,30
13022482	Válvula de simultaneidade	1	R\$ 58,72	R\$ 58,72
CT224	Compressor 2cv e 24L de reservatório	1	R\$ 367,90	R\$ 367,90
x	Fabricação do equipamento		R\$1.069,00	
<b>Valor total = R\$ 2.788,14</b>				

Fonte: Elaborada pelos autores.

Diante do exposto sobre o custo dos componentes, necessita-se de um investimento de R\$2.788,14. Contudo, esse investimento tem seu retorno num curto período de tempo dado que a prensa desenvolvida reduz o esforço humano e trás, como uma de suas vantagens, um incremento na produção. Justifica-se tal afirmação uma vez que o projeto da prensa desenvolvido no software FluidSim apresenta uma programação de funcionamento, no qual é possível deformar sessenta latas em apenas um minuto. Isso difere das atuais prensas com a mesma funcionalidade, as quais amassam vinte e cinco latas em um minuto.

Outra vantagem da prensa projetada é a simplicidade de manipulação, assim, não há a necessidade de funcionários altamente especializados para sua manipulação, fator esse que garante a mesma ser implantada nos mais diversos ambientes de reciclagem ao qual necessitam deste equipamento.

Na análise das prensas existentes no mercado e semelhantes à apresentada nesta pesquisa, os valores de venda variam muito, entre R\$7.000,00 e chegar até chegar a R\$750.000,00. O custo está atrelado ao material utilizado para sua fabricação, tamanho e também movimentação mecânica. Todavia, a prensa desenvolvida neste projeto com foco de atuação em pequenos centros de reciclagem apresenta um meio de aumentar a produtividade com baixo custo de produção quando comparada com as vendidas no mercado, tornando-se, portanto eficaz, eficiente e competitiva.

A prensa pneumática desenvolvida neste trabalho tem estudos de construção focalizados no meio ambiente, pois o processo de reciclagem de apenas uma lata de alumínio economiza energia que pode manter uma televisão ligada durante três horas, portanto, propicia a redução do consumo da energia elétrica em 95% e libera somente 5% das emissões de gás de efeito estufa quando comparado com a produção do alumínio primário.

## 5. Considerações finais

O presente trabalho apresentou a criação de uma prensa pneumática com funcionalidade de amassar latas de alumínio de até 473 ml. O sistema foi projetado para atuar em pequenos

centros de recicladores com o objetivo de minimizar o tempo, e o esforço muscular do funcionário no processo de reciclagem das latas.

A vantagem da introdução da prensa pneumática apresenta-se no processo de deformação das latas de alumínio com maior eficácia, rendimento financeiro e melhoria no posto de trabalho. Destaca-se que a automação auxilia na redução das tarefas repetitivas que exigiam esforço físico, e que contribuem para uma exaustão muscular dos funcionários que atuam nesse seguimento. Em vista disso, a introdução deste projeto vem a contribuir com o aumento da produtividade, eficiência e qualidade, assim como também permite a minimização do tempo de operacionalização do processo.

Em se tratando do custo econômico do projeto, verificou-se que o valor total da produção da prensa pneumática é baixo quando comparado com as prensas semelhantes atualmente vendidas no mercado. Como sugestão para trabalhos futuros, outros estudos podem voltar-se para a análise de prensas já existentes; construção de protótipos a fim de comprovação práticas.

## Referências

- BONACORSO, N.G.; NOLL, V. *Automação eletropneumática*. São Paulo: Editora Érica, 2004.
- FIALHO, A.B. *Automação pneumática*. 7ª Ed. São Paulo: Érica, 2011.
- GROOVER P.M. *Automação industrial e sistemas de manufatura*. 3ª Ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. *Metodologia científica*. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- NAKANO, D. *Métodos de pesquisa adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. In: CAUCHICK MIGUEL, P.A. (org.). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 2º. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2012
- NEGRI, V.J. *Sistemas hidráulicos e pneumáticos para atuação e controle*. 2011. Disponível em: <<http://www.laship.ufsc.br/PDF/ApostilaPDF/SistHPContAutP1.pdf>>. Acesso: 22 jul. 2013.
- PARKER: *Parker Automation, Tecnologia Pneumática Industrial*. Catálogo M1001-2 BR-SP.
- PAVANI, S.A. *Comandos Pneumáticos e Hidráulicos*. 3ª Ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011. Disponível em: <[http://redeotec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo\\_ctrl\\_proc\\_indust/tec\\_autom\\_ind/comand\\_pneum/161012\\_com\\_pneu\\_hidr.pdf](http://redeotec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_autom_ind/comand_pneum/161012_com_pneu_hidr.pdf)>. Acesso: 19 jul. 2013.
- ROMANO, V. F.; DUTRA, M. *Introdução à robótica industrial*. In: ROMANO, V.F. (Org.). *Robótica Industrial: Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos*. 1ª Ed. São Paulo: Edgard Blücher. 2009.
- SILVEIRA, P.R.; SANTOS, W.E. *Automação e controle discreto*. 3ª Ed. São Paulo: Érica, 2009.