

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM SEPARADOR DE MATERIAIS ELETROPNEUMÁTICO PARA RECICLAGEM

PROJECT AND CONSTRUCTION OF A SEPARATOR OF ELECTROPNEUMATIC MATERIALS FOR RECYCLING

Fernando Aparecido Pacheco da Silva Fortunato¹, Carlos Rene do Prado Junior², Claudio Roberto Lopes³, Ezequiel da Silva Santos⁴

Abstract — In several places of Brazil, the separation of residues for recycling is carried out manually, in this way, the persons wrapped in the handling of debris with industrial origin or the same domestic garbage; they are sensitive to several problems of health. In this context, the present work presents the project and the construction of a separator of materials automated. This prototype uses the electro-technology, to separate without the human intervention, the metal materials of not metal in a mat. The made prototype has the capacity to separate 11 pieces for minute. The value for production of the separator was of R\$ 1.500,00, the equipment demonstrated a cost satisfactory benefit, besides interesting, such as advantages, the precision of the movements in the act of the separation, increase of productivity regarding the human labour, and elimination of repetitive efforts during the act of separation of the materials.

Key words — Automation; recycling; electropneumatic.

1 - INTRODUÇÃO

A reciclagem é essencial na preservação do meio ambiente, pois permite o reuso de determinados tipos materiais, que depositados na natureza, poderiam demorar até centenas de anos para decompor-se [1].

Uma etapa fundamental na reciclagem é a separação dos materiais em grupos específicos [2]. Em diversos locais do Brasil, a separação de resíduos é realizada manualmente, deste modo, as pessoas envolvidas no manuseio de detritos com origem industrial ou mesmo lixo doméstico, estão suscetíveis a doenças dermatológicas e demais problemas de saúde [1]-[4].

Atualmente a automação tem cada vez mais espaço na sociedade e no meio industrial, ou seja, as máquinas dotadas desta tecnologia têm exercido algumas funções dos seres humanos com eficiência e qualidade [5]. Isto permite as

empresas que empregam esta tecnologia, ampliar a produtividade e maximizar lucros [6].

Neste contexto, destaca-se a tecnologia eletropneumática, considerada uma automação de baixo custo [7]. A eletropneumática é acionada por comandos elétricos, e utiliza o ar comprimido para efetuar diversas atividades, ou mesmo, a movimentação de objetos sem a intervenção humana [8].

A facilidade de acesso a esta tecnologia eletropneumática, aliada a necessidade de substituir a mão de obra humana na separação de materiais para a reciclagem motivou este trabalho, portanto, diante da importância do assunto, o presente trabalho tem o objetivo de projetar e construir um protótipo de um separador de materiais automatizado.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico tem o objetivo de fornecer um maior entendimento sobre o objeto de estudo [9]. Portanto, na sequência, será apresentado um referencial teórico delimitado, sobre: a separação de resíduos; e noções de eletropneumática.

2.1 A SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS

Nos centros urbanos a concentração de lixo tem aumentado ao longo dos anos [4]. O lixo é todo resíduo que resulta da atividade humana [10]. Existem no Brasil milhões de residências, consequentemente, o lixo é produzido em grandes quantidades, estima-se que no ano de 2013 o país produziu cerca de 209.208 toneladas de lixo por dia [11].

Grande parte dos resíduos urbanos das grandes cidades é enviada a aterros sanitários, porém, as regiões metropolitanas tem espaço limitado, portanto, não existem aterros sanitários em grandes quantidades, além disso, as suas respectivas capacidades de armazenamento de resíduos

¹ Fernando Aparecido Pacheco da Silva Fortunato, Professor de engenharia na UNINOVE – Universidade Nove de Julho, fortunato@uninove.br

² Carlos Rene do Prado Junior, Aluno de engenharia elétrica na UNINOVE – Universidade Nove de Julho, renengenheiro@gmail.com

³ Claudio Roberto Lopes, Aluno de engenharia elétrica na UNINOVE – Universidade Nove de Julho, Claudiorl73@yahoo.com.br

⁴ Ezequiel da Silva Santos, Aluno de engenharia elétrica na UNINOVE – Universidade Nove de Julho, ezequiel.santo@yahoo.com.br

DOI 10.14684/INTERTECH.24.2016.183-187

© 2016 COPEC

February 28 – March 02, 2016, Salvador, BRAZIL

XIV International Conference on Engineering and Technology Education

é limitada, neste contexto, o acúmulo de lixo traz diversos problemas como: a contaminação dos solos; a poluição atmosférica; e doenças aos seres humanos [12].

O lixo caseiro pode ser reduzido de forma significativa, por meio da reciclagem, segundo a referência [13] “[...] é uma forma particular do reaproveitamento de matérias-primas tais como: papel, plásticos, latas de alumínio e de aço, vidro, orgânicos e outros. Onde é produzida uma nova quantidade de materiais a partir do material captado”. Implementando medidas simples de reciclagem, as quantidades de lixo podem ser reduzidas, por exemplo, substituindo copos de plásticos descartáveis por copos de vidro, reutilizar garrafas PET (*Politereftalato de Etila*) para armazenar água na geladeira, ou então, adaptar as mesmas garrafas com outras finalidades, como para artesanatos, vasos e outros [4].

Quando não é possível reaproveitar os resíduos caseiros, é importante que estes sejam separados em grupos diferentes, para que seja realizada a coleta seletiva, deste modo, será possível evitar a contaminação dos materiais reaproveitáveis e reduzir os custos de reciclagem [14].

Muitas vezes, o lixo descartado e coletado sem o cuidado da separação, vai misturado para aterros sanitários ou centros de reciclagem [12]. Neste caso, a eventual separação do lixo para uma posterior reciclagem é realizada manualmente, esta atividade pode ser perigosa e trazer problemas de saúde as pessoas envolvidas, pois neste caso, os trabalhadores estão expostos a riscos químicos, biológicos e físicos, por exemplo, as pessoas que atuam na separação, relatam a frequência de acidentes com cacos de vidro e demais objetos presentes nos sacos de lixo [15]. A Figura 1 demonstra uma trabalhadora separando o lixo para reciclagem sem a utilização de Equipamentos de Proteção individual (EPI's) [5].



FIGURA. 1

TRABALHADORA SEPARANDO MANUALMENTE O LIXO PARA RECICLAGEM SEM A UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL [5]

É necessário investir em novas tecnologias, para reduzir a exposição das pessoas a ambientes perigosos, visando protegê-las, portanto, neste contexto a automação tem um

papel importante, que consiste em desenvolver equipamentos automáticos ou mesmo sequenciais, que trabalham sem a intervenção humana, como a promissora eletropneumática [7]-[8] e [16].

2.2 NOÇÕES DE ELETROPNEUMÁTICA

A Eletropneumática é a combinação das tecnologias “elétrica” e “pneumática”, portanto, são compostas por válvulas, elementos, cilindros e circuitos elétricos. A pressão do ar é responsável pela movimentação mecânica dos componentes do sistema; já a atividade comando é efetuada por circuitos elétricos [17].

Com a eletropneumática é possível reduzir custos, além de ampliar a produtividade com um investimento pequeno. O uso desta tecnologia permite libertar o operário de atividades repetitivas, tal fato, amplia o ritmo do trabalho [18]. Esta tecnologia emprega ar, um recurso em abundância na atmosfera [8].

Existem inúmeras aplicações para a eletropneumática, por exemplo: a automação de máquinas por meio de comandos sequenciais; dispositivos para conformação; movimentação de objetos; e demais aplicações onde sejam empregados esforços repetitivos ou atividades de alta periculosidade [7]-[8] e [18].

Os circuitos elétricos que fazem parte dos sistemas eletropneumáticos, são compostos por três grupos de elementos [16] e [19]:

- **elementos de entrada de sinais elétricos** permitem energizar ou desenergizar o circuito elétrico [17]. Um exemplo deste tipo de elemento é a botoeira, um dispositivo com acionamento manual, dotado de pelo menos dois contatos, um aberto e outro fechado [16] e [19];
- **elementos de processamento de sinais** são responsáveis por analisar e combinar as informações da entrada de sinais, para que comando elétrico tenha o comportamento esperado [16]. Um exemplo de elementos de processamento de sinais é o relé auxiliar, utilizado para acionar o circuito de forma indireta [19];
- **elementos de saída de sinais** são os elementos que recebem sinais de comando processados e efetuam o trabalho no circuito elétrico [16]. Um exemplo de elemento de saída de sinais, é o solenoide presente nas eletroválvulas, isto é, bobinas, que após serem energizadas geram um campo eletromagnético capaz de atrair elementos ferrosos, neste caso, os pórticos das válvulas [8].

3 - METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma abordagem metodológica de desenvolvimento teórico conceitual, que resulta em novas

teorias, extensões ou em refinamentos da teoria. A presente pesquisa é classificada como uma pesquisa aplicada, pois visa gerar conhecimentos direcionados à solução de problemas específicos [9]. O embasamento teórico deste trabalho é o resultado da pesquisa em: periódicos; artigos; livros; e *sites* da *internet*.

4 - PROJETO E CONSTRUÇÃO DO SEPARADOR DE MATERIAIS ELETROPNEUMÁTICO

A primeira etapa do projeto do separador de materiais foi à elaboração de um cronograma de trabalho (Figura 2).

Etapas	Meses			
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Definir escopo do projeto				
Definir requisitos do protótipo				
Projetar estrutura mecânica				
Projetar o circuito pneumático				
Projetar circuito elétrico				
Aquisição de componentes				
Executar a montagem e construção				
Testar o protótipo				
Escrever o artigo				

FIGURA. 2

CRONOGRAMA DE TRABALHO

O escopo do projeto foi elaborado mediante a necessidade de proteger o ser humano de uma atividade insalubre, então, o escopo elaborado foi “projetar e construir um dispositivo automático para a separação de resíduos para posterior reciclagem, visando reduzir o contato direto entre as pessoas e os resíduos”.

As principais necessidades foram levantadas, ou seja, um requisito básico foi definir quais os materiais o equipamento seria capaz de detectar e separar, como se trata de um protótipo, foi selecionado a separação entre objetos metálicos e peças de plástico. Também se verificou a necessidade de locomoção dos objetos até o local da separação, portanto, o equipamento necessita de uma esteira, isto é, um sistema de deslocamento onde o material é inserido para que os resíduos sejam transportados até o local da separação. Para selecionar a tecnologia empregada neste processo, um fator foi predominante, a redução de custos de aquisição dos elementos envolvidos, então, optou-se pela eletropneumática, uma tecnologia industrial de baixo custo, que traz vantagens operacionais e ganhos na produtividade.

Diante dos requisitos apresentados, a estrutura mecânica do protótipo foi projetada e desenhada em um *software* CAD (*Computer Aided Design* – Desenho Assistido por Computador) levando em consideração, os movimentos lineares que o sistema precisa efetuar, para que a separação ocorra. O material empregado na estrutura foram chapas de acrílico de 5 mm de espessura, pois características interessantes como, baixo custo e facilidade em encontrar

este material para aquisição, foram determinantes e permitiram que o protótipo tivesse o seu peso significativamente reduzido. O suporte para fixação das válvulas pneumáticas foi projetado para ser de vidro, pois os autores já dispunham deste material e quiseram reaproveitá-lo. A Figura 3 demonstra o desenho de montagem da estrutura mecânica do protótipo.

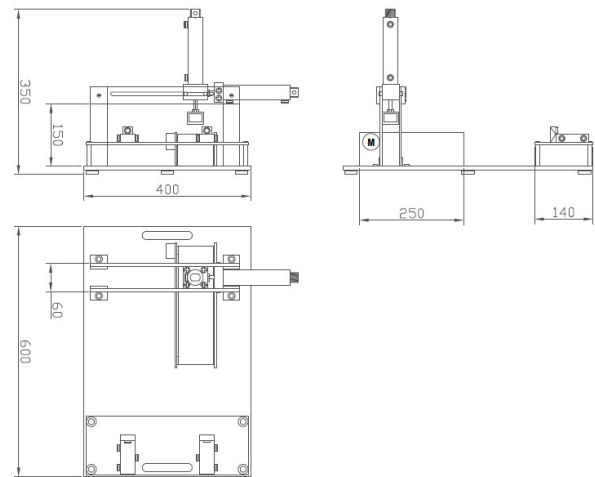


FIGURA. 3

DESENHO DE MONTAGEM DA ESTRUTURA MECÂNICA DO PROTÓTIPO

Com o projeto da estrutura pronta, o sistema mecânico foi aperfeiçoado com a tecnologia pneumática, ou seja, houve a concepção de um circuito pneumático para movimentação física do protótipo por meio do ar comprimido, tendo como referência a movimentação de dois cilindros pneumáticos de dupla ação. Na Figura 4 é possível observar o circuito pneumático do separador, onde, o cilindro “1.0”, responsável pelo momento linear, isto é, o posicionamento do eletroímã e em relação à esteira, para que na sequência, a haste do cilindro “2.0” efetue o movimento vertical para baixo, removendo o material da esteira.

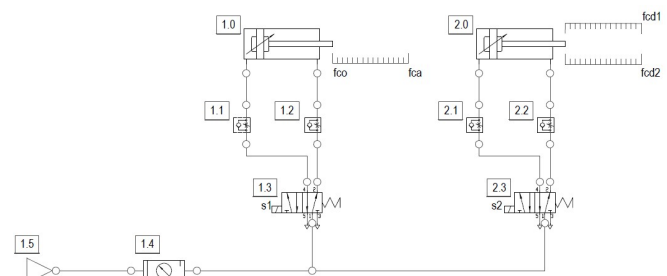


FIGURA. 4

CIRCUITO PNEUMÁTICO DO SEPARADOR DE MATERIAIS

O passo seguinte foi elaborar a lógica do circuito elétrico (Figura 5), para comandar o circuito pneumático, e deste modo, atender a necessidade de movimentação automatizada proposta em relação aos movimentos do separador.

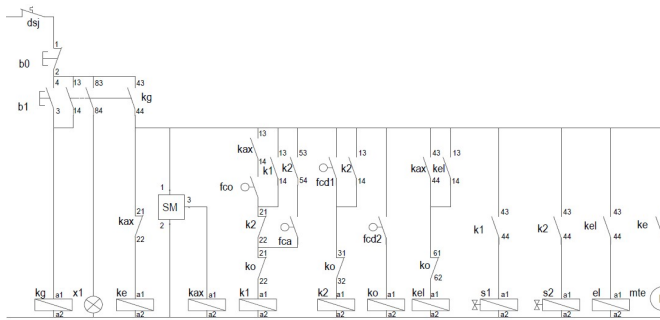


FIGURA. 5
CIRCUITO ELÉTRICO DO PROTÓTIPO

Foram realizados orçamentos e posteriormente, a aquisição de todos os elementos necessários para a confecção do separador de materiais, o investimento foi de R\$1.500,00.

A etapa seguinte consistiu na montagem do separador, que seguiu os desenhos, diagramas e circuitos. A Figura 6 demonstra as etapas da montagem elétrica, mecânica e pneumática.

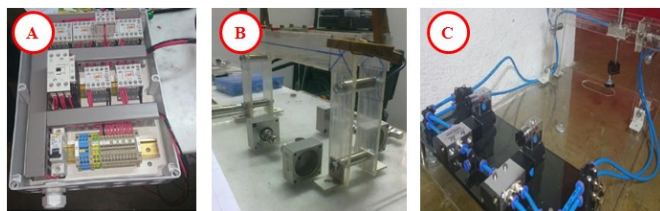


FIGURA. 6
ETAPAS DA MONTAGEM MECÂNICA, ELÉTRICA E PNEUMÁTICA

Conforme mostra a Figura 6, a primeira parte a ser montada foi o circuito elétrico [A]; todos os elementos utilizados foram instalados em uma placa de madeira e na sequência, esta placa foi instalada no painel elétrico. Em paralelo a estrutura mecânica do protótipo foi sendo montada por meio de encaixes e/ou pela união formada por arruelas, parafusos, e porcas; as chapas de acrílico empregadas foram cortadas nas respectivas dimensões e posteriormente furadas, para permitir a montagem [B]. Após isso, na estrutura mecânica, ocorreu a instalação do circuito pneumático, que inclui o compressor de ar, para alimentar o sistema com uma pressão de trabalho de 4 bar [C].

Na sequência, houve a ligação dos cabos dos solenóides das eletroválvulas direcionais no painel elétrico. Posteriormente, ocorreu a montagem e a ligação da esteira formada por duas chapas de acrílico, um sensor magnético e um motor síncrono de 10 RPM's (Rotações Por Minuto), que traciona uma lona sobre eixos para permitir a movimentação da esteira. E por último, houve a fase de ajustes, onde os fios e mangueiras foram posicionados e protegidos para não atrapalharem o processo, além disso, a estrutura recebeu uma última verificação, então, o protótipo do separador de materiais eletropneumático foi finalizado.

5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observando a Figura 7 nota-se que, na etapa “1” arruelas lisas (corpos metálicos) com diâmetros externos de 28 mm são transportadas até o eletroímã, instalado na parte interna da esteira, quando um dos objetos metálicos chega até área de detecção do sensor, a haste de um cilindro pneumático dotado de um eletroímã é acionada e atrai o corpo metálico “2”, na sequência, a haste do cilindro se desloca removendo o material da esteira “3”, ao final do curso, isto é, quando está fora do alcance da esteira, o eletroímã é desligado automaticamente, em seguida, o material atraído na etapa “2” é depositado num recipiente ao lado da esteira “4”.

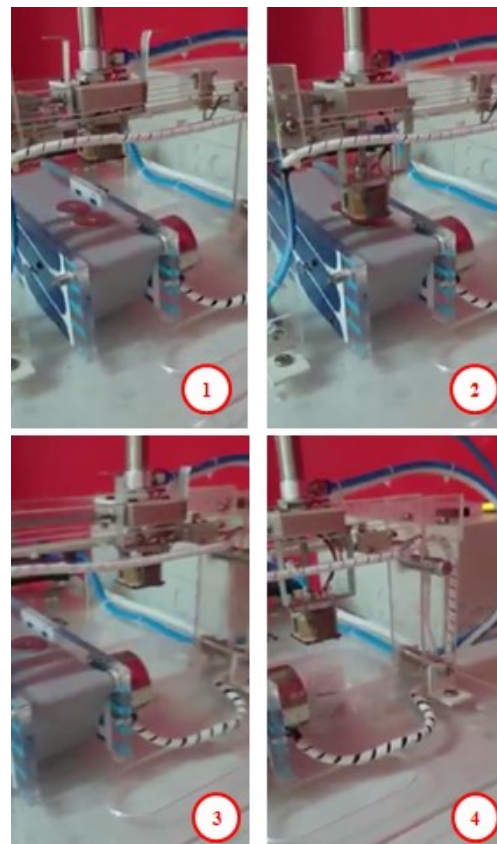


FIGURA. 7
TESTES DO SEPARADOR DE MATERIAIS ELETROPNEUMÁTICO

Este protótipo teve a capacidade de separar 11 peças por minuto. O ciclo de funcionamento do separador de materiais é contínuo e perpétuo, ou seja, trabalha sem a intervenção humana na separação de resíduos. Neste caso, a função dos trabalhadores é apenas alimentar a esteira do separador, e substituir os recipientes com os materiais, quando estes estiverem próximos de ficarem repletos de peças.

Durante o funcionamento, constatou-se que os objetos não metálicos, como o objeto retangular de polipropileno com dimensões de 40 x 50 mm empregados nos testes, passam diretamente pelo sistema de detecção presente na

esteira, e são armazenados em um recipiente ao final da esteira, conforme mostra a Figura 8.

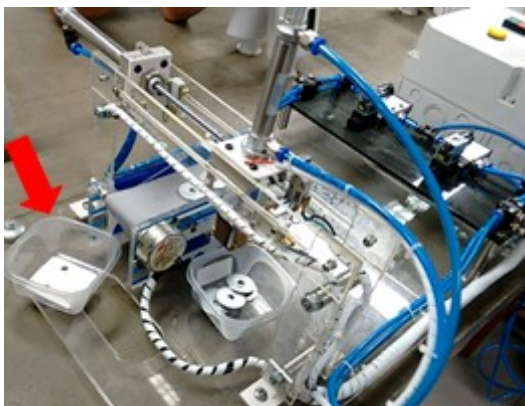


FIGURA. 8

PEÇA DE POLIPROPILENO QUE NÃO FOI DETECTADA PELO SEPARADOR

6 – CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi alcançado, pois o projeto e a construção do separador de materiais eletropneumático foram concretizados com sucesso. Foi possível observar claramente que o equipamento realizou a tarefa de separação dos materiais, ou seja, conseguiu separar metal do plástico como foi proposto, superando as expectativas em relação ao seu funcionamento, demonstrando a capacidade de separação de 11 itens por minuto.

Durante o funcionamento do separador automatizado, notou-se que a agilidade e precisão dos movimentos da máquina, são superiores aos movimentos manuais humanos em relação a mesma atividade, deste modo, é possível assegurar um ritmo constante de trabalho e preservar a saúde de pessoas envolvidas, pois, utilizando o separador eletropneumático, os trabalhadores deixarão de fazer esforços repetitivos, e consequentemente, também não terão contato direto com eventuais produtos químicos ou objetos cortantes, presentes nos resíduos que serão separados.

Por se tratar de um protótipo, o presente separador automatizado possui uma limitação relevante, a detecção de metais ocorre por meio de um sensor magnético, deste modo, é possível detectar apenas materiais considerados metálicos, portanto, materiais não metálicos como, por exemplo, o alumínio ou cobre não seriam detectados. Tal fato deixa em aberto duas sugestões de trabalhos futuros, a primeira consiste em aperfeiçoar o presente equipamento separador, para detectar tipos diferentes de materiais e assim aperfeiçoar a atividade de separação de resíduos; a segunda sugestão é a criação de um dispositivo para alimentação automática da esteira transportadora.

A respeito do custo do projeto, foi demonstrado que o investimento inicial é mínimo, em contrapartida os benefícios tanto sociais como financeiros da aplicação desta tecnologia são amplos e promissores, fato que justifica a

existência deste equipamento, assim como o futuro aperfeiçoamento do mesmo.

REFERENCIAS

- [1] Braga, B. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- [2] Derisio, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- [3] Campo, L. M. S.; *et al.* A reciclagem como empreendedorismo: fonte de transformação socioeconômica e ambiental. **Revista da Micro e pequena Empresa**, v. 2, n. 2, p. 3-15, 2009.
- [4] Mayer, K. C. M.; *et al.* Incentivo à redução, reutilização e reciclagem com foco nas garrafas PET na cidade de redenção - PA. **Revista Educação, Ciência e Cultura**, v. 18, n. 2, p. 149-154, 2013.
- [5] Rosário, J. M. **Princípios de mecatrônica**. 6. Ed. São Paulo: Pearson Education, 2011.
- [6] Silveira, P. R. Da.; Santos, W. E. **Automação e Controle Discreto**. 9. Ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2013.
- [7] Moraes, C. C. De.; Castrucci, P. De. L. **Engenharia de Automação Industrial**. RJ: LTC, 2007.
- [8] Fialho, A. B. **Automação Pneumática**. 7. Ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2012.
- [9] Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2010.
- [10] Oliveira, M. V. de C.; Carvalho, A. de R. **Princípios básicos do saneamento do meio**. 4. Ed. São Paulo: SENAC, 2004.
- [11] Alencar, E. **O Brasil tem a maior produção de lixo em 10 anos**. 2014. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/brasil-tem-maior-aumento-na-producao-de-lixo-em-10-anos-13478594>>. Acesso em: 18 set. 2015.
- [12] Soares, L. G. Da. C.; *et al.* Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco – um estudo de caso. **Revista Ciências & Tecnologia**, ano 1, n. 1, p. 1-9, 2007.
- [13] Rosa, B. N.; *et al.* **A importância da reciclagem do papel na melhoria da qualidade no meio ambiente**. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2005, 8.; Porto Alegre. **Anais... XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2005. p. 5170-5176.
- [14] Ricchini, R. **O que é coleta seletiva?**. 2015. Disponível em: <<http://www.setorreciclagem.com.br/coleta-seletiva/o-que-e-coleta-seletiva/>>. Acesso em: 18 set. 2015.
- [15] Sanches, C. **Trabalho em empresas de reciclagem de Maceió é realizado sem segurança**. Portal G1 – Globo. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/alagoas/noticia/2014/01/trabalho-em-empresas-de-reciclagem-de-maceio-e-realizado-sem-seguranca.html>>. Acesso em: 19 set. 2015.
- [16] Bonacorso, N. G.; Noll, V. **Automação Eletropneumática**. 11. Ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2009.
- [17] Gonçalves, M. A. *et al.* **Comandos Pneumáticos – Características do ar comprimido**. São Paulo: SENAI, 1985.
- [18] Stewart, H. L. **Pneumática & Hidráulica**. 3. Ed. São Paulo: Hemus Editora Limitada, 2002.
- [19] Parker Training. **Tecnologia Pneumática Industrial - Apostila M1001 BR**. Jacaré, 2002.