

**E-TEC**  
**Revista de**  
**Tecnologia e**  
**Ciência**  
**V.2 – 2016**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**SENAI LONDRINA**

# E-TEC Revista de Tecnologia e Ciência

## Corpo Editorial

Editor Chefe da edição V.2-2016.  
Katielly Tavares dos Santos

## Comitê Executivo

Marcelo Antônio Strik  
Vicente de Lima Gongora  
Rodolfo Alexandre Hildebrandt  
Camila Fogaça de Oliveira

Editora: Faculdade de Tecnologia Senai Londrina  
ISSN: 2358-5528

Direitos reservados  
**Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina**  
Rua Belém, 844 – Londrina PR.  
43 -3294-5100 – [faculdade.londrina@pr.senai.br](mailto:faculdade.londrina@pr.senai.br)

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem a autorização prévia e escrita da Editora Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Este periódico publica nomes individuais, comerciais e marcas registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos. Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores.

## Nesta edição

Prefácio .....	4
Introdução .....	5
Bancada didática com esteira e sensores.....	6
Estudo da eficiência energética e viabilidade de investimento em acionamentos de motores de indução para exaustores de uma caldeira.....	23
Reutilização de peças e componentes eletrônicos na construção de uma fonte de energia para processo de soldagem com eletrodo revestido.....	57
Reconhecimento dos riscos a saúde do trabalhador no processo de soldagem com eletrodos revestidos.....	92

e-TEC

*25 de maio dia da indústria!*

*A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina promove esta data e, trabalha em busca do fortalecimento e capacitação de seus recursos humanos, tornando-as mais inovadoras e produtivas*

## Prefácio

A Revista e-tec SENAI Londrina é um periódico técnico-científico com publicação semestral, cujo objetivo principal é fomentar a pesquisa nas áreas de inovação, educação tecnológica, científica e tecnologia industrial. A revista, que é publicada eletronicamente, recebe artigos inéditos (teóricos ou teórico-empíricos) e resenhas de usuários de todo o Brasil e exterior, aceitando publicações em Português, Espanhol e Inglês. A revista também publica entrevistas com pesquisadores e personalidades de contribuição relevantes nas linhas de pesquisa da revista e o recebimento das submissões online é ininterrupto.

Os artigos e resenhas submetidos à revista são avaliados inicialmente pelo comitê executivo, que avaliará se o texto enquadra-se nas linhas de pesquisa da revista e depois submetido aos avaliadores. Os entrevistados de cada edição são indicados pelo editor ou pelo conselho editorial e avaliados pelos membros do comitê executivo. Os critérios para a composição do corpo editorial do periódico estão relacionados com os conceitos de excelência, seriedade e inovação que a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina possui.

# INTRODUÇÃO

---

Esta publicação tem caráter multidisciplinar e foi escrita com a intenção de ser utilizada pelos alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Os diversos autores divulgam conceitos e experimentos aplicados na moderna indústria, muitas vezes os procedimentos mostrados são resultados de trabalhos experimentais ou aplicados efetivamente. O objetivo fundamental a ser alcançado, por esta publicação é: desenvolver suficiente habilidade, para entender e resolver questões semelhantes que possam aparecer durante o desenvolvimento de trabalhos, tanto durante o curso de graduação como em desafios profissionais. Utilizando-se, para tanto, como referência a metodologia e procedimentos adotados pelos autores deste periódico. A publicação foi organizada e dividida em artigos, apresentando-se em cada um deles um resumo, que revela ao leitor as características fundamentais e o objetivo do trabalho desenvolvido, desta forma, o leitor verifica e avalia o grau de interesse e pode dar continuidade no entendimento da obra escrita. Salienta-se que, o roteiro em cada artigo, é o modelo padrão deste periódico, onde o leitor motivado pode submeter, o seu trabalho, para apreciação do corpo editorial deste periódico, através do email "faculdade.londrina@pr.senai.br.

---

Boa leitura!

# BANCADA DIDÁTICA COM ESTEIRA E SENSORES

**MARCELO PUNHAGUI LEITE<sup>1</sup>**  
**EDUARDO COSTA ESTAMBASSE<sup>2</sup>**  
**APARECIDO SERAPIÃO DOS SANTOS<sup>3</sup>**

## Resumo

O objetivo dessa pesquisa é desenvolver uma esteira didática acionada por motor, que contenha sistemas de sensoriamento, capaz de identificar materiais e direcioná-los através dos dispensadores a um determinado local de armazenamento. O tema do trabalho trata da construção de bancadas didáticas. A finalidade principal da esteira didática é dar suporte aos vários módulos de cursos, como CLP's, microcontrolador e até mesmo, aula expositiva de diferentes tipos de sensores. A metodologia foi uma revisão da literatura, projeto e construção da bancada. Os resultados obtidos foram a revisão de literatura e a apresentação de um protótipo de bancada didática.

Palavras-chave: Bancada didática. Automação. Esteira. Sensores.

---

<sup>1</sup>Discente; Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial; Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina; [marcelo.leite@pr.senai.br](mailto:marcelo.leite@pr.senai.br)

<sup>2</sup>Docente; Mestre em Engenharia Mecânica; Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina; [Eduardo.estambasse@pr.senai.br](mailto:Eduardo.estambasse@pr.senai.br)

<sup>3</sup>Especialista; Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina; [aparecido.serapião@pr.senai.br](mailto:aparecido.serapião@pr.senai.br)

# 1 INTRODUÇÃO

Graças aos recentes desenvolvimentos na aquisição de dados e melhoria dos processos e controle de sistemas automatizados, os processos industriais têm sido melhorados ao longo do tempo. Muitas aplicações podem ser encontradas nos diversos segmentos industriais como no caso de produção de alimentos, remédios, transformações de materiais, processamento de ligas metálicas, e até mesmo pode se verificar um avanço significativo em automação residencial.

Avanços tecnológicos nestas áreas são bem vindos e necessitam constantemente de atenção e estudo. A criação de maneiras de aperfeiçoar os sistemas são prioridades na indústria, sendo assim o entendimento aprofundado dos componentes que fazem parte destes sistemas, que praticamente podem ser considerados como inteligentes.

A constante busca por melhoria de metodologias de ensino no segmento da automação faz crescer o aprimoramento das técnicas utilizadas em laboratórios didáticos com a finalidade de explanação desses assuntos, a utilização de laboratórios didáticos ilustra de maneira real todas as funcionalidades de um sistema industrial já dentro de sala, isso faz com que a atenção do aluno esteja cada vez mais aguçada, e a simulação seja o mais real possível.

Os alunos devem experimentar na prática as situações mais próximas existentes na indústria. Diante desse argumento a necessidade de criação de uma bancada didática para simulação de utilização de sensores que utilizem dispensadores que não utilizem ar comprimido para sua movimentação é de grande utilidade pois assim será possível a sua utilização dentro de sala de

aula e não somente dentro do laboratório. É comum encontrarmos nas instituições de ensino equipamentos como controladores lógicos programáveis (CLPs), inversores de frequência, *Soft starter*, porém estes equipamentos se tornam sem função, pois não demonstram sua aplicação de forma prática para os alunos, os mesmos muitas vezes só veem a utilização de um CLP em softwares de simulações, a bancada auxiliará a demonstração ao aluno a estar mais próximo da realidade da indústria.

Com a construção de um modelo de processo industrial automatizado é apresentado neste trabalho um conjunto de esteira transportadora acionada por motor do tipo corrente contínua, que faz o transporte dos materiais, estes por sua vez podem ser selecionados, para isto foi utilizado sensores do tipo óticos, capacitivos e indutivos. O sistema didático contém dispensadores e classificadores que através de válvulas solenoides fazem a classificação dos materiais transportados previamente programados em um controlador lógico programável (CLP) ou microcontrolador que através de suas entradas e saídas receberão sinal dos sensores e atuara as saídas ligando a esteira e atuando os dispensadores no tempo programado.

Este sistema possui a versatilidade e possibilidade de constantes modificações no software, como caso de configurações para utilização de materiais diversos a fim de atender as diversas necessidades de alunos e técnicos, os quais poderão ser treinados, utilizando-se dos dispositivos do kit didático que podem ser manipulados por dispositivos acima citados.

Este trabalho apresenta dados da criação do protótipo, bem como suas fases e projeto, conta com uma lista de componentes utilizados para a sua construção.

Construir uma bancada didática portátil de fácil manuseio com varias possibilidades de configurações dos diversos sensores utilizados industrialmente dispostos da melhor forma possível. Este equipamento deve dar suporte ao professor que poderá utiliza-lo em conjunto com equipamentos de automação industrial.

É importante para o aluno experimentar na pratica todas as situações apresentadas na teoria, o auxílio de dispositivos que possam dar a condição de vivenciar a experiência em sala de aula. O professor terá muito mais argumentação nos casos em que pode simular um experimento prático, a bancada didática proposta será a forma de levar a pratica de encontro ao aprendiz, simular situações concretas pode fazer com que o aprendiz absorva os conteúdos de maneira mais eficaz. O conjunto de aplicações entre equipamentos pode fornecer uma saída para as aulas práticas dos componentes que até então somente poderiam ser vistos em softwares de simulação.

## **2 APLICAÇÕES DAS BANCADAS DIDÁTICAS**

As bancadas didáticas apresentam a forma de aprendizagem na prática dos diversos segmentos e são capazes de aplicar simuladamente a tecnologia utilizada no chão de fábrica, são aplicadas nas mais diversas instituições de ensino como forma de alavancar o conhecimento para o aluno, introduzir o interesse e despertar no aprendiz a capacidade de tato em um equipamento simulador.

O dispositivo didático é uma ferramenta que auxilia o docente de maneira eficiente, e apresentar o conceito de determinadas situações

existentes na indústria de maneira geral, é possível apresentar ao aprendiz uma atividade de verificação, correção e implantação dos diversos componentes existentes em máquinas e equipamentos industriais.

A facilidade com que o aluno faz os procedimentos de realização da tarefa proposta pelo professor se dá devido à modularização dos componentes, tudo isso já planejado antecipadamente e baseado em uma situação real de chão de fábrica, o aprendiz é então levado a estar muito mais próximo do real possível. É importante também ressaltar a segurança, pois certamente pela imperícia de um aluno o mesmo poderia estar correndo riscos ao atuar diretamente num equipamento real.

## **2.1 BANCADAS COM SISTEMAS PNEUMÁTICOS**

No mercado existem vários tipos de bancadas com diversos tipos de configurações, uma delas é a bancada pneumática que com a utilização de atuadores, válvulas, sensores e fim de cursos, inclusive alguns tipos de esteiras que nos dispositivos dispensadores utilizam atuadores que usam ar comprimido como fluido para sua movimentação e selecionar o objeto que está sendo transportado pela esteira.

## **2.2 BANCADAS COM SISTEMAS HIDRÁULICOS**

Bancadas didáticas hidráulicas também são muito comuns, utilizando de uma bomba hidráulica que pressuriza o óleo que por sua vez sob alta pressão movimenta os atuadores e válvulas utilizadas na composição do sistema, na maioria das vezes utilizadas em aplicações que exigem grandes esforços e maior precisão nos movimentos.

## **2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS**

Tanto no sistema pneumático quanto no sistema hidráulico a sua utilização em sala de aula comum não seria muito viável pela necessidade de no caso da aplicação pneumática a sala de aula teria de contar com uma linha de ar comprimido e no sistema hidráulico teria de se levar a bomba hidráulica junto com a bancada o que muitas vezes não seria possível, pois o trajeto às vezes é de difícil acesso tendo que subir rampas e escadas inviabilizando o seu transporte.

## **2.4 VANTAGENS DAS BANCADAS COM SISTEMAS ELÉTRICOS**

Bancadas didáticas utilizando sistemas puramente elétricos tanto na esteira quanto em seus dispensadores tornam sua utilização muito mais versátil tendo em vista que sua utilização pode ser feita em qualquer local que tenha uma tomada de energia elétrica disponível não dependendo então de ar comprimido e nem dispositivos auxiliares para sua utilização.

# **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

## **3.1 MATERIAIS**

Os materiais utilizados para construção da bancada didática juntamente com sua respectiva utilização segue na tabela 1. Todos estes são de baixo custo e também facilmente encontrado em lojas de ferragens, algumas peças usinadas também não necessitam de muitas horas de trabalho, visto que a construção de um protótipo não teria nenhum problema com o

custo, levando em conta os benefícios proporcionados para o aprendizado acadêmico, sendo que bancadas prontas fabricadas comercialmente além de terem um alto custo muitas vezes não atendem determinadas aplicações.

Quadro 1: Lista de materiais

Materiais	Utilização
Plástico	Recipientes dispensadores
Aço inox	Estrutura da bancada
Alumínio	Parte da estrutura, rolos tracionadores e dispensadores
Aço 1020	Eixo dos rolos tracionadores,
Rolamentos	Instalados nos rolos tracionadores
Parafusos, porcas e arruelas em aço 1020	Utilizado para fixação dos componentes
Rebites em alumínio	Utilizado para fixação dos componentes
Sensores capacitivos, indutivos e ópticos	Instalados para leituras das peças transportadas na esteira
Válvula solenoide	Instalados nos dispensadores
Molas de repuxo	Instaladas nos dispensadores
Motor de corrente continua	Instalado para tracionar a esteira
Lona vinifica	Esteira transportadora
Bornes	Ligação de cabos pino banana
Fonte de tensão	Alimentação da esteira e componentes
Fios e cabos	Ligação dos dispositivos

Fonte: do autor

### 3.2. Métodos

O projeto da esteira foi desenvolvido, posteriormente os materiais foram selecionados e a base principal (chassi) da bancada que é feita de aço inoxidável foi dobrada nas medidas planejadas. Após a dobra foi à montagem, utilizando o processo de fixação por parafusos e rebites das peças. A confecção da esteira foi feita em lona vinilica.

Foram utilizados três tipos de sensores que segundo thomazini (2007), são termos utilizados para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc., no caso desta bancada o sensor fará a detecção de diversos materiais dispostos na esteira.

Todos os sensores vistos na figura 1 estão posicionados na lateral da esteira transportadora na forma a possibilitar a melhor utilização dos mesmos sendo eles um capacitivo que segundo Thomazini (2007) são projetados para operar gerando um campo eletrostático e detectando mudanças nesse campo de acordo com Balbinot (2007) os detectores capacitivos são muito utilizados para detecção de objetos de natureza metálicas ou não tais como madeira, papelão, cerâmica, vidro, plástico, alumínio, granulados, entre outros, também um sensor ótico que emite um sinal que é refletido em um espelho prismático ou superfície polida que ao ser interrompido o sensor é ativado e por ultimo um sensor indutivo que utiliza um campo de frequência de rádio com um oscilador e uma bobina que ao detectar um material ferroso detecta esse material. Sendo assim o técnico de ensino poderá simular problemas e soluções em suas aulas.

Figura 1: Sensores



Sensor capacitivo

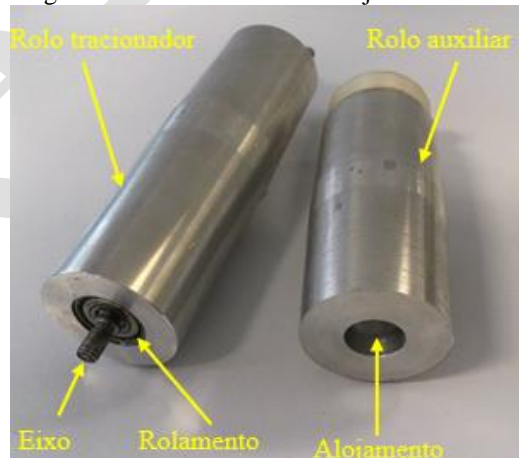
Sensor indutivo

Sensor optico

Fonte: do autor

A movimentação da esteira se fez através de um motor de corrente contínua que segundo NISKIER (2014) funcionam pela ação de um campo magnético, produzido pela excitação dos polos do motor com a corrente contínua, o eixo do motor foi acoplado através de encaixe a um rolo de alumínio usinado e com alojamento para rolamentos em sua extremidade que pode ser visto na figura 2 que por sua vez executou o tracionamento da esteira transportadora.

Figura 2: detalhe dos rolos e alojamento do rolamento

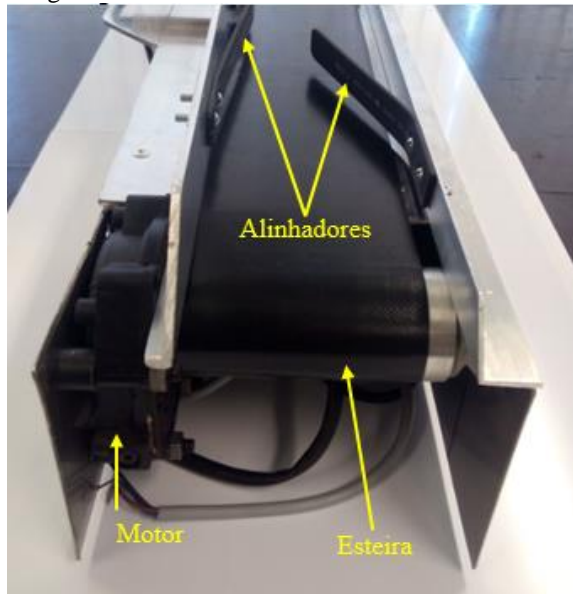


Fonte: do autor

O controle da esteira pode se dar utilizando um Controlador Lógico Programável, poderá também ser adotado sistema de microcontrolador ou placas como arduino que é um tipo de placa com microcontrolador vendido comercialmente para a execução destas atividades.

A conexão com outros equipamentos dará através de bornes de ligação que serão interligados por cabos pino banana que estarão identificados em um painel na parte superior da esteira. Os rolos tracionadores são presos a um encaixe nas duas extremidades do chassi da esteira através de um eixo que estão presos com porcas borboletas que permitem que a esteira de vinil seja esticada e alinhada na melhor posição, o motor por sua vez gira o rolo tracionador e assim movimenta a esteira que percorre deslizando ao longo do chassi, as peças ao serem colocadas na esteira para serem selecionadas tocam nos alinhadores que as farão passarem pelos sensores na melhor distancia possível para serem detectadas como podem ser visto na figura 3 que mostra também o detalhe do motor e da esteira.

Figura 3: Detalhe do motor e alinhadores

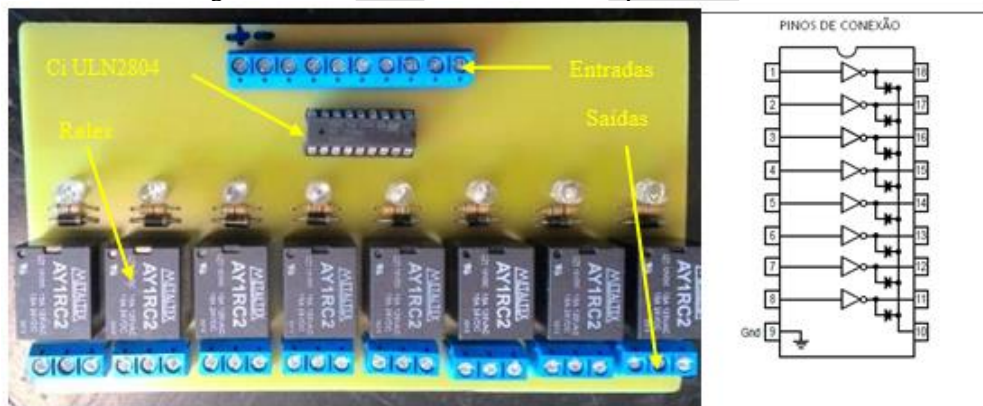


Fonte: do autor

A velocidade medida no eixo tracionador da esteira com a utilização de tacômetro, equipamento destinado a medir rotações foi de 80 rpm, velocidade conseguida com o motor ligado a um redutor que já vem originalmente no conjunto. Após o material ser detectado pelos sensores de acordo com a logica de programação feita pelo operador o material será encaminhado em um dos dispensadores que utilizam válvulas solenoides que são dispositivos elétricos de saída que fornece atuação mecânica a varias aplicações, um solenoide consiste em uma bobina de fio enrolado e que envolve um núcleo central que pode movimentar-se ao longo do enrolamento e um corpo ferromagnético, o atuador ou armadura móvel e feita de aço e é colocado dentro da bobina que por sua vez está ligado a uma alavanca que movimenta e dispensa o material em um local apropriado na esteira.

A interface que faz a comunicação da esteira entre o CLP ou microcontroladores, consiste no circuito integrado ULN2804 montado em uma placa de circuito impresso que pode ser visto na figura 4, o mesmo possui oito entradas e oito saídas que utilizando transistores da família Darlington que tem como característica principal consumir baixo nível de corrente em sua base e que controla o chaveamento de oito reles, sendo assim ideais para se fazer a interface com os microcontroladores que por sua vez são muito sensível ao aumento de corrente, outra vantagem deste Circuito impresso é que ele trabalha com sinal de tensão de 5 a 30 volts em suas entradas possibilitando assim a interface com vários dispositivos.

Figura 4: Placa de interface e ordem dos pinos de conexão



Fonte: do autor

A placa foi projetada no software PROTEUS, construída no sistema de transferência térmica no qual se imprime o desenho da placa usando papel especial e impressora que utiliza toner depois da placa ser limpa com palha de aço o desenho com as trilhas do projeto é transferido na placa cobreada e então é corroída com percloroeto de ferro, após ter sido corroída então se faz a

furação para que os componentes eletrônicos sejam soldados com estanho e ferro de solda e finalmente a placa testada para comprovar seu funcionamento, após o teste foi aplicado uma demão de verniz para proteção da parte cobreada da placa.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Resultados**

Neste trabalho foi construída uma bancada didática de baixo custo com acionamento totalmente elétrico não tendo a necessidade da utilização de ar comprimido ou outro tipo de fluido, a finalidade foi de facilitar o seu uso em qualquer sala de aula visto que é possível encontrar uma rede elétrica praticamente em todas e a dificuldade em levar pontos de ar comprimido nestes ambientes, não ficando dependendo de horários pré-agendados em laboratórios específicos.

As bancadas que possuem esteiras com sensores vendidas comercialmente são dispositivos ou acessórios que acompanham CLPs por isso costuma ter um custo bastante elevado por isso a bancada construída neste trabalho foi desenvolvida e testada nas dependências dos laboratórios do SENAI Londrina

### **4.2. Discussão dos resultados**

A principal contribuição deste trabalho é o dispositivo ao qual demos o nome de bancada para utilização em aulas de automação, a facilidade de transporte e alimentação da bancada são características importantes que é destacado como o atingimento do objetivo proposto, pois permite a realização de atividades práticas que integram o aluno ao ambiente fabril.

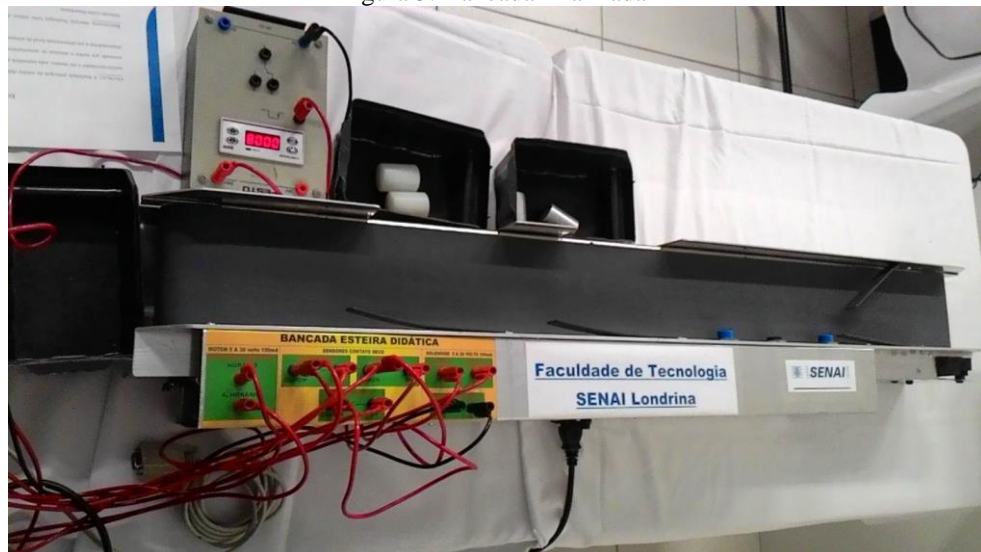
É possível analisar e encontrar diversos processos de fabricação que deram condições de concluir o projeto, a usinagem dos rolos de tração da esteira foi feita por torneamento convencional, ainda encontramos corte de chapas de alumínio, dobramentos das chapas além de elementos de fixação, que foram indispensáveis para a conclusão do protótipo. Ao final do projeto é possível perceber o ótimo resultado, verificando que atende a expectativa e os objetivos propostos.

## **5 CONCLUSÃO**

Com o projeto terminado e feito todos os testes de funcionamento e verificando se não havia nenhum problema mecânico ou elétrico com a bancada foi enfim finalizada como podemos ver na figura 5, o experimento então foi disponibilizado para os professores e alunos para um verdadeiro teste na prática e a esteira se mostrou muito útil e de fácil utilização, os testes se deram em ambiente de sala de aula no qual os professores e alunos logo se sentiram ambientados com o dispositivo e o resultados esperados que seriam lógicas de programação foram alcançadas. A bancada se mostrou útil e de fácil utilização em conjunto com CLPs e também com um microcontrolador.

É possível verificar que o aluno pode ganhar conhecimento aplicando na pratica conteúdos obtidos durante o curso na idealização, projeto e construção de um projeto como esse.

Figura 5: Bancada finalizada



Fonte do autor

É possível ainda destacar que outros dispositivos podem ser atrelados a essa bancada, a possibilidade de desenvolver mais funcionalidades a esse equipamento como podemos adiantar um controle de velocidade do motor da esteira, instalação de um encoder para determinar posicionamento da esteira a criação de acessórios que possam trabalhar em conjunto com a esteira como um braço robótico controlado por sistemas eletrônicos que auxiliarão e enriquecerão ainda mais ainda mais a aprendizagem do aluno.

## **Abstract**

The objective of this research is to develop a didactic running machine, which contains sensing systems capable of identifying materials and directs them through the dispensers to a particular storage location.

The work of the theme is the construction of didactic benches. The main purpose of teaching mat is to support several modules of courses, such as PLCs, microcontroller and even lecture of different types of sensors. The methodology was a literature review, design and construction of the bench. The results were the literature review and the presentation of a didactic bench prototype.

## REFERÊNCIAS

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. Sensores industriais: fundamentos e aplicações. 3. ed. São Paulo: Érica, 2007. 220p. ISBN 978-85-36-5007-13

NISKIER, Júlio; MACINTYRE, A. J. Instalações Elétricas. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 443 p. ISBN 978-85-216-2213-0

BALBINOT, Alexandre; Instrumentação e fundamentos de medidas. 2 ed. Rio de Janeiro: 2007. 658 p. ISBN 978-85-216-1563-7

SENAI, DEPARTAMENTO REGIONAL DE SÃO PAULO. Autotronica. São Paulo: SENAI 1995. 77p.

# **ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E VIABILIDADE DE INVESTIMENTO EM ACIONAMENTOS DE MOTORES DE INDUÇÃO PARA EXAUSTORES DE UMA CALDEIRA**

**SEBASTIÃO APARECIDO DOS SANTOS<sup>1</sup>  
WILLIAN RICARDO BISPO MURBAK NUNES<sup>2</sup>  
LAERCIO BERGAMIN<sup>3</sup>**

## **Resumo**

A eficiência energética no acionamento de máquinas é um tema muito relevante para a indústria. Estudos comprovam que diversas indústrias brasileiras ainda apresentam sistemas de acionamento que estão defasados. Neste contexto, este trabalho apresenta informações de resultados obtidos através de análise e observação do acionamento de um conjunto de motores de exaustores de uma caldeira, por meio de partida compensadora. Dados e características do acionamento atual são tabulados. Por meio de revisão de literatura, as tecnologias de acionamento de máquinas elétricas mais atuais são apresentadas. A análise do custo de investimento, o tempo de retorno de investimento, os valores de redução do consumo de energia e índices de eficiência energética e qualidade de energia de cada um dos sistemas são apresentados.

---

<sup>1</sup>Graduação, Curso de Manutenção Industrial, Faculdade de Tecnologia Senai de Londrina, [sebastiaoaparecido@yahoo.com.br](mailto:sebastiaoaparecido@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Doutorando em Engenharia Elétrica, Docente Faculdade de Tecnologia Senai Londrina, [willian.murbak@fiepr.org.br](mailto:willian.murbak@fiepr.org.br)

<sup>3</sup>Especialista, Docente Faculdade de Tecnologia Senai Londrina, [laercio.bergamin@pr.senai.br](mailto:laercio.bergamin@pr.senai.br)

**Palavras chave:** Partida compensadora; *Soft starter*; Inversores de frequência; Usinas sucroalcooleiras.

## 1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética e sustentabilidade são temas relevantes para a indústria no atual cenário, tendo em vista a crescente demanda industrial, a crise energética do setor elétrico e as multas elevadas para enquadramento nas exigências legais das normas vigentes.

Estudos indicam que aproximadamente a metade da energia elétrica é consumida pelo setor industrial. Sendo que motores elétricos são os maiores consumidores de energia elétrica, correspondendo em cerca de 62% de acordo com a EPE (2015). Uma análise da perspectiva energética das indústrias denota que muitas estão com baixíssimos índices de eficiência energética em virtude de um dimensionamento inadequado dos sistemas de acionamento, baixo rendimento e fator de potência das máquinas elétricas, além de altos índices de distorção harmônica (TDH) presente na instalação.

Nas indústrias sucroalcooleiras, as caldeiras são elementos importantíssimos de geração de vapor para movimentação de máquinas térmicas e como fonte de calor para processos industriais. Todavia, caldeiras apresentam grandes perdas energéticas de natureza térmica e elétrica.

A melhoria de eficiência em caldeiras é objeto de estudo na literatura por vários autores. Salum (2011) analisou a eficiência energética em sistema de combustão de caldeira, no qual indicou deficiências no acionamento dos processos de ventilação. Domański et. al. (2012) otimizou a eficiência energética de uma caldeira analisando vários aspectos importantes da

operação da caldeira, tais como: instrumentação, equipamento, análise de sensibilidade dos dados de processo, lógicas de controle, aspectos operacionais, tecnologia e restrições de sistema. No que se refere a melhoria da eficiência no acionamento, Scarmin (2011) propôs uma técnica de controle adaptativo no acionamento de motores de indução, obtendo resultados significativos de redução no consumo de energia. Vale ressaltar que algumas iniciativas governamentais proporcionam ações de eficiência energética para o setor industrial por meio do PROCEL-Indústria e o PROESCO, com uma linha crédito junto ao BNDES.

Diante deste panorama, este trabalho propõe avaliar o sistema de acionamento de motores de indução presentes em exatores de uma caldeira de uma usina sucroalcooleira. Neste processo estão instalados doze motores com partida compensadora. Entretanto, esta partida é considerada obsoleta e com alta demanda de manutenções. Os motores são antigos e com baixo índice de fator de potência e rendimento.

Portanto, este trabalho busca estudar o acionamento por *soft-starter* e inversor de frequência, comparando-os com a partida compensadora para a aplicação. A análise do custo de investimento, o tempo de retorno de investimento, os valores de redução do consumo de energia e índices de eficiência energética e qualidade de energia de cada um dos sistemas são apresentados.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Caldeira

Caldeiras são amplamente utilizadas por indústrias, possibilitando a geração de energia térmica e elétrica.

As caldeiras podem ser divididas basicamente em dois tipos: flamotubulares e aquotubulares. As flamotubulares se caracterizam pela circulação interna dos gases da combustão pelos tubos. Enquanto que nas aquotubulares ocorre a circulação externa dos gases de combustão e os tubos conduzem vapor.

A caldeira em estudo neste trabalho possui um gerador de vapor V-2\5 SS, que possibilita uma produção de 60 t/h de vapor superaquecido com pressão de 61kg/cm<sup>2</sup> e a uma temperatura de aproximadamente 400°C.

Vale ressaltar ainda que a caldeira é do tipo aquatubular de dois tambores sobreposto e circulação natural suspensa. O combustível usado é à base de bagaço de cana, resíduo da produção de etanol, com umidade máxima do bagaço em 50%. O sistema ainda aprecia um combustível auxiliar por meio de *fuel-oil*.

Os índices de produção máxima queimando bagaço é em torno de 60.000 kg\h, enquanto que combustível *fuel-oil* é de 40.000kg\h.

### 2.2 Sistema de ventilação e tiragem de gases em caldeiras

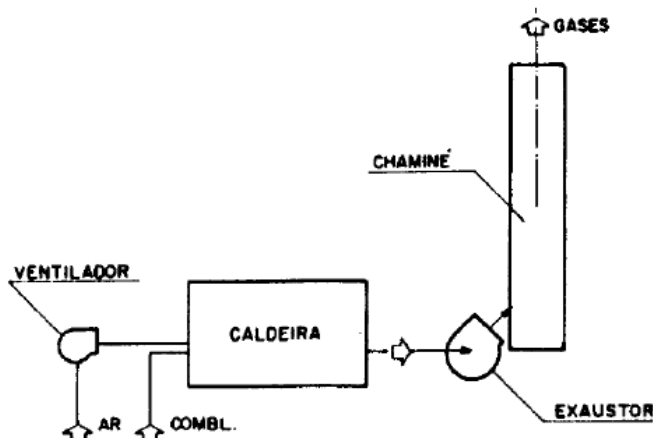
Em caldeiras um importante elemento a ser considerado no processo é a tiragem e circulação de gases.

A tiragem é o fluxo de gases provocado por diferenças de pressão ou de densidade. O processo de tiragem pode ser natural, forçado, induzido ou balanceado (ZOTTIS e PAGNOSSIN, 2008).

Dentre tais a configuração utilizada neste trabalho é a da tiragem balanceada. Na qual tem-se um ventilador insuflando ar na fornalha e com um exaustor na saída da caldeira, responsável por gerar uma pressão negativa no interior da caldeira. Zotti e Pagnossin (2008) esclarecem que por tal ação os gases e produtos provenientes da combustão são succionados e direcionados para a chaminé da caldeira. O ar de combustão é alimentado pela pela pressão negativa existente na fornalha.

A Figura 1 mostra um sistema de tiragem balanceada em caldeiras.

Figura 2: Sistema de tiragem balanceada em caldeiras.



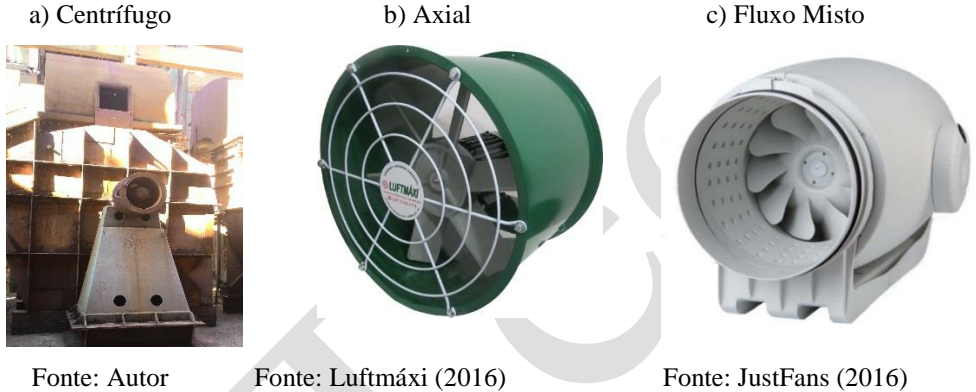
Fonte: (ZOTTIS e PAGNOSSIN, 2008).

Salum (2011) destaca que os ventiladores “são máquinas de fluxo geradoras que trabalham com fluido no estado gasoso provocando uma diferença de pressão inferior a  $0,20\text{kgf/cm}^2$ ”. Neste contexto, tem-se então que os exaustores se configuram como elementos nos quais promovem a circulação inversa do fluxo de ar dos ventiladores, provocando uma diferença de pressão negativa.

Assim, um exaustor pode ser definido como um sistema de ventilação que retira ar de determinado ambiente em direção a outro.

A classificação dos exaustores quanto a forma do rotor são: centrífugos, de fluxo misto e axiais, conforme Figura 2.

Figura 3: Classificação de exaustores industriais



Os exaustores centrífugos ou também denominado radiais operam com pequenas vazões e grandes pressões, utilizado em caldeiras industriais, Figura 6 a) Exaustores axiais, Figura 6 b) operam com grandes vazões e pequenas pressões. São geralmente instalados em fabricas, armazéns e cozinhas industriais.

Os de fluxo misto, ilustrado na Figura 6 c), operam com médias vazões e médias pressões, podendo em algumas aplicações substituir os centrífugos e os axiais.

Um elemento importante de atuação é o sistema de regulação de vazão. Para sistemas de ventilação há os *dampers* e os variadores de velocidade.

Os *dampers* são as válvulas dos sistemas de ventilação, ilustrado na Figura 3, as quais podem ser manuais ou automáticas e são utilizadas para controlar a vazão ou até mesmo isolar elementos dos sistemas de ventilação, como por exemplo, os *dampers* corta fogo.

Figura 3: *Dampers*



Fonte: Autor

Os variadores de velocidade referem-se ao conjunto motor e inversor de frequência, o qual possibilita controlar a rotação da máquina eletronicamente.

### 2.3. Sistema de partida compensadora

O acionamento de máquinas elétricas é importante para a qualidade de energia da instalação industrial. O acionamento de motor com partida direta, por norma, é limitado a motores de até 5 CV. O inconveniente da partida direta é a ocorrência de uma grande elevação da corrente de partida e uma subtensão na alimentação da instalação. O que acarreta o funcionamento indesejável de outros equipamentos da instalação elétrica.

Neste contexto de qualidade de energia elétrica uma alternativa é o emprego da chave de partida estrela-triângulo. Todavia, a norma estabelece que tal acionamento seja utilizado para motores, cuja potência seja de até 15 CV.

Sendo assim, para solucionar tal limitação de potência da partida estrela triângulo uma opção muito utilizada em sistemas de acionamento antigo é a partida compensadora. Com tal se reduz a corrente de partida, evitando sobrecarregar a linha de alimentação. Reduzindo-se a tensão  $V_l$  aplicada, o torque mecânico  $T_{mec}$  da máquina decai com o valor quadrático da tensão (NUNES, 2015):

$$T_{mec} = \frac{1}{\omega_s} \left[ \frac{n_{fases} V_1^2 (R_2/s)}{(R_{1,eq} + R_2/s)^2 + (X_{1,eq} + X_2)^2} \right] \quad 1)$$

onde:  $n_{fases}$  é o número de fases,  $V_1$  a tensão aplicada no estator,  $R_2$  é resistência do enrolamento do rotor,  $R_{1eq}$  é a resistência equivalente do

enrolamento do estator,  $X_{1eq}$  é a reatância indutiva do estator,  $X_2$  é a reatância indutiva do rotor.

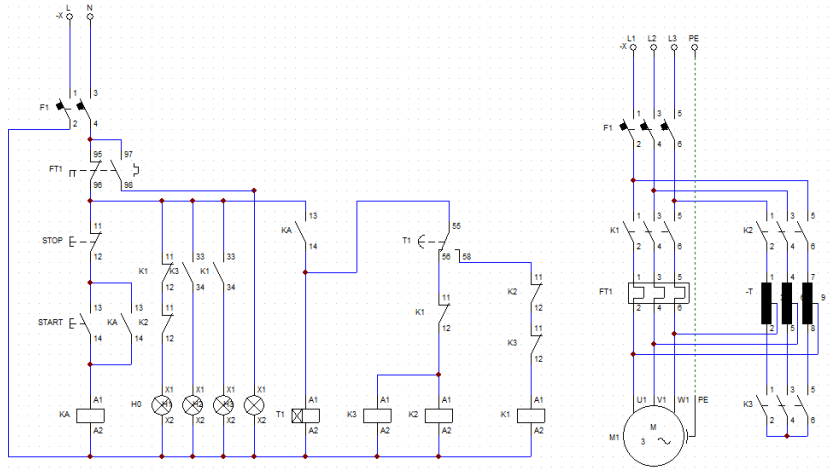
A tensão  $V_1$  aplicada no motor por meio da chave compensadora é reduzida através de um auto transformador trifásico que possui *tap*'s de 50%, 65% e 80% da tensão nominal.

O primário do autotransformador é ligado em estrela na tensão nominal da instalação e o secundário fornece uma tensão reduzida provinda do *tap* para alimentação do estator da máquina.

Com a máquina operando no regime permanente, desconecta-se o autotransformador e passa a alimentar o motor com a tensão nominal da rede. O intervalo de tempo para a comutação entre o autotransformador e a alimentação da rede é de aproximadamente 20 segundos, em que o motor atinge 90% da rotação nominal.

A partida compensadora, cujo esquema de acionamento é mostrado na Figura 3, é utilizada para aplicações com motores de potência elevada tais como: laminadoras, moinhos, britadores, exaustores e grandes ventiladores, bombas helicoidais e axiais, entre outros.

Figura 4: Diagrama esquemático da partida compensadora.



Fonte: Autor.

Valer ressaltar que tal esquema é o atual sistema de acionamento dos exaustores da caldeira. A Figura 4 ilustra o painel de montagem da partida compensadora.

Figura 5: Painel da partida compensadora.



Fonte: Autor.

## 2.4. Sistema de acionamento com *soft starter*

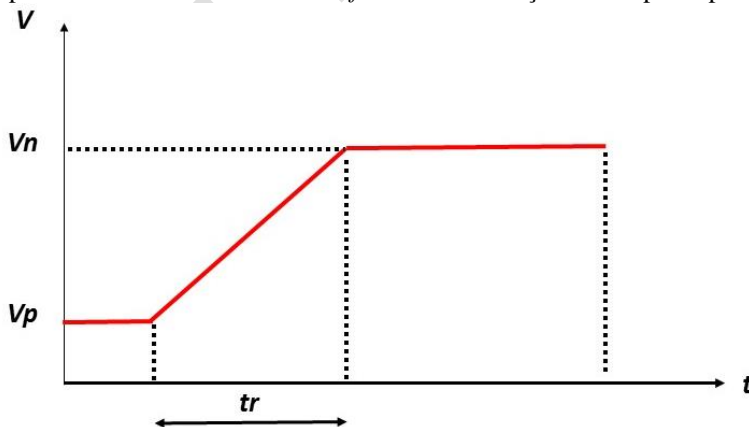
Em substituição aos acionamentos de partida estrela triângulo e partida compensadora utilizam-se atualmente as partidas com *soft starter*.

O *soft starter* é um equipamento eletrônico dotado de tiristores, com os quais é possível controlar o torque, a potência do motor na partida e frenagem (WEG, 2010, p.15)

No acionamento de partida do motor com *soft starter* deve-se parametrizar a tensão inicial de partida ( $V_p$ ). Tomando-se como referência o valor de  $V_p$ , a tensão é incrementada linearmente durante um intervalo parametrizado denominado de tempo da rampa de aceleração  $t_r$ , no qual se atinge o valor de tensão nominal  $V_n$ , conforme ilustrado na Figura 5.

Com isso, segundo Azevedo e Mendes (2008), picos de correntes são evitados e o conjugado de aceleração é amenizado, evitando desgastes em peças mecânicas e amenizando efeitos na rede elétrica.

Figura 6: Comportamento da tensão de uma *soft starter* em função do tempo de partida.

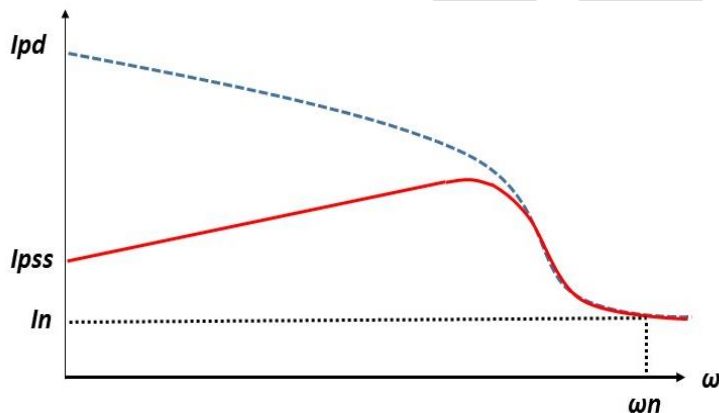


Fonte: Autor

A partir do intervalo de tempo  $t_r$ , atinge-se o valor de tensão nominal da máquina e assim a corrente de partida do motor tem um comportamento parecido com a de partida e com isso, não se tem picos que ocorrem em outros meios de acionamentos, ilustrado na Figura 6.

Segundo Mamede (2005) o ajuste do tempo da rampa de aceleração  $t_r$  e a tensão inicial de partida  $V_p$  a serem parametrizados na *soft starter* dependem do tipo de carga que a que é acionada.

Figura 7: Comparativo da corrente entre partida direta e *soft starter* em função da velocidade.



Fonte: Autor

Para o cálculo da tensão inicial de partida  $V_p$ , é obtida por meio de (2):

$$V_p = \frac{V_n \sqrt{C_i + 0.15 C_n}}{C_p} \quad 2)$$

onde:  $V_p$  é a tensão inicial de partida;  $V_n$  é a tensão nominal do motor;  $C_n$  é o conjugado nominal do motor;  $C_i$  = conjugado nominal de partida da carga;  $C_p$  é o conjugado nominal de partida do motor.

O outro parâmetro para a *soft starter* é o do tempo da rampa de aceleração  $tr$ , obtido por meio de (3):

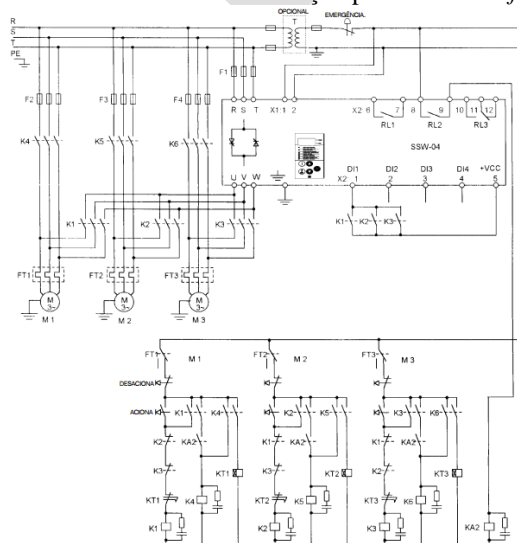
$$tr = tpd \frac{Vn}{Vp} \quad 3)$$

onde:  $tpd$  é o tempo de partida do motor ligado diretamente a rede de alimentação. Sendo assim, é perceptível pela expressão (3) que o valor do tempo da rampa de aceleração  $tr$  é maior que o tempo de partida com o motor ligado diretamente na rede.

As aplicações com *soft starter* incluem cargas como bomba centrífuga, compressores, refinadores de celulose, britadores, esteiras transportadoras, moinhos, ventiladores axiais e centrífugos, entre outros.

O diagrama de comando de um acionamento de motores de indução em cascata por meio de uma *soft starter* é ilustrado na Figura 7.

Figura 8: Acionamento de um motor de indução por meio de *soft starter*.



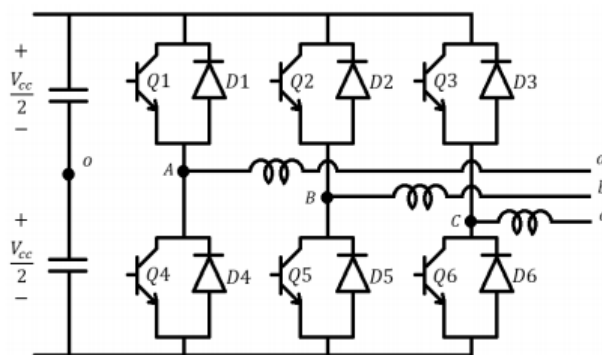
Fonte: WEG (2016).

## 2.5. Sistema de acionamento com inversor de Frequência

Consiste num sistema eletrônico, que realiza o chaveamento de um barramento CC de entrada utilizando três ramos, com as chaves superiores Q1-Q2-Q3 e chaves inferiores Q4-Q5-Q6, conforme ilustrado na Figura 8.

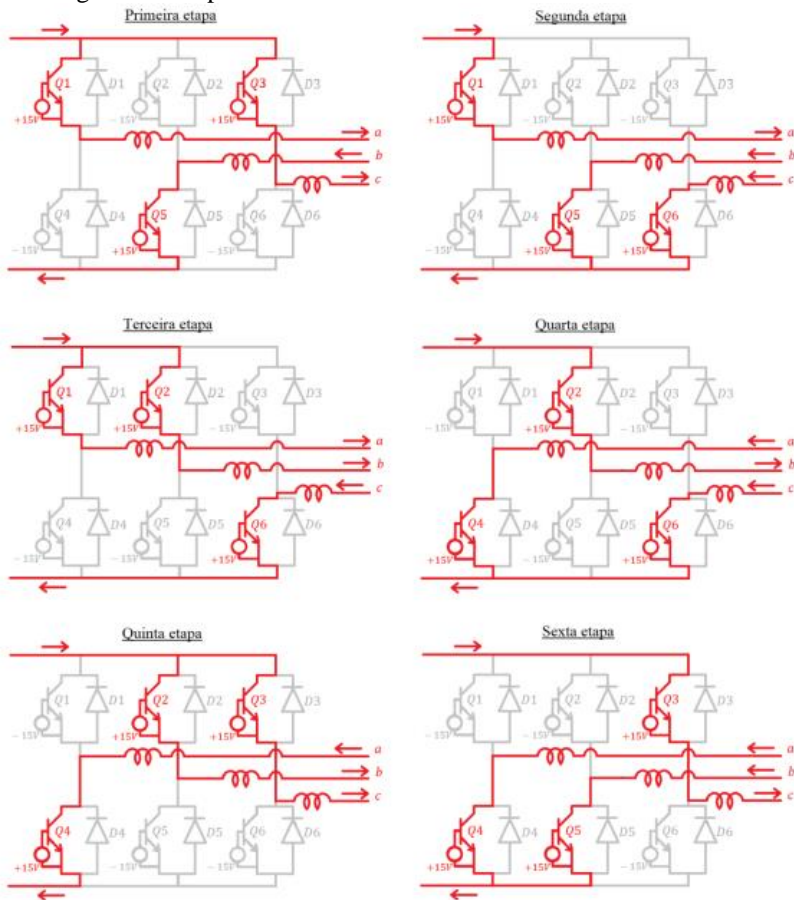
A Figura 9 mostra a sequência de acionamento do inversor trifásico com carga indutiva. A Tabela 1 indica as tensões do inversor em cada etapa de acionamento do inversor.

Figura 9: Circuito de um inversor trifásico.



Fonte: GUEDES (2015)

Figura 10: Etapas de funcionamento de um inversor trifásico.



Fonte: GUEDES (2015)

Tabela 4: Tensões do inversor em cada etapa de chaveamento.

Etapas	Presença de corrente		Tensões de polo			Tensões de linha		
	Com	Sem	$v_{Ao}$	$v_{Bo}$	$v_{Co}$	$v_{AB}$	$v_{BC}$	$v_{CA}$
1ª	1, 5, 3	4, 2, 6	$\frac{V_{CC}}{2}$	$\frac{-V_{CC}}{2}$	$\frac{V_{CC}}{2}$	$V_{CC}$	$-V_{CC}$	0
2ª	1, 5, 6	4, 2, 3	$\frac{V_{CC}}{2}$	$\frac{-V_{CC}}{2}$	$\frac{-V_{CC}}{2}$	$V_{CC}$	0	$-V_{CC}$
3ª	1, 2, 6	4, 5, 3	$\frac{V_{CC}}{2}$	$\frac{V_{CC}}{2}$	$\frac{-V_{CC}}{2}$	0	$V_{CC}$	$-V_{CC}$
4ª	4, 2, 6	1, 5, 3	$\frac{-V_{CC}}{2}$	$\frac{V_{CC}}{2}$	$\frac{-V_{CC}}{2}$	$-V_{CC}$	$V_{CC}$	0
5ª	4, 2, 3	1, 5, 6	$\frac{-V_{CC}}{2}$	$\frac{V_{CC}}{2}$	$\frac{V_{CC}}{2}$	$-V_{CC}$	0	$V_{CC}$
6ª	4, 5, 3	1, 2, 6	$\frac{-V_{CC}}{2}$	$\frac{-V_{CC}}{2}$	$\frac{V_{CC}}{2}$	0	$-V_{CC}$	$V_{CC}$

Fonte: GUEDES (2015)

## 2.6. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Regulamentações exigem que as usinas atendam às restrições ambientais e de eficiência energética.

Neste sentido, o emprego de tecnologia de controle e acionamento visam melhorar e solucionar problemas na geração de combustão e nas perdas de produção provinda por meio de sistemas de alimentação e exaustão de ar, através de ventilações forçadas.

Quanto aos fatores de desperdício de energia, pode-se elencar: perdas físicas no sistema e mau aproveitamento da energia gerada. Dentre tais, é possível combater o desperdício de energia com a implementação de estratégias de eficiência energética, visando a redução de custos e consumo de energia.

Vale ressaltar, que a evolução tecnológica industrial provinda com a automação e informatização aliados a eficiência energética são um diferencial na competitividade das empresas.

### **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

No que se refere a metodologia de pesquisa, a seguir é apresentado a tipologia de pesquisa, a unidade de análise, os instrumentos de coleta e a forma de análise dos dados.

#### **3.1 Tipologia de pesquisa**

A tipologia de pesquisa adotada é um estudo de caso, embasada em análise individualizada de uma caldeira de uma usina sucroalcooleira. Por meio da observação e coleta documental de dados da empresa se realiza a análise e discussão dos dados obtidos.

#### **3.2 Unidade de análise**

A pesquisa consiste na análise de uma caldeira do tipo aquotubular com capacidade volumétrica de 60000 m<sup>3</sup>N/h.

Os exaustores da caldeira são da marca Marelli, tipo H-16/1460/3-51W sendo um acionado ao lado direito e outro do lado esquerdo, ambos por polia. O desempenho de cada exaustor é detalhado na Tabela 1.

Tabela 5: Especificação técnica dos exaustores.

Variável	Valor
Capacidade volumétrica	78 000 m <sup>3</sup> /h
Temperatura dos gases exauridos para fora da caldeira	80° C
Temperatura máxima dos gases exauridos	185° C
Depressão estática na sucção	-500 mmCA
Potência ao rendimento de 65%	220 CV

Fonte: Autor

Os motores de cada exaustor possuem as características técnicas da Tabela 2.

Tabela 6: Especificações técnicas dos motores.

Categoria	Classe C
Potência	250 CV
Rotação	1150 rpm
Corrente nominal	386 A
Tensão nominal	440 V

Fonte: Autor

### 3.3 Instrumento de coleta de dados

O instrumento utilizado neste trabalho é o de coleta de documentos da organização, periódicos e publicações relevantes da literatura nacional e internacional sobre os tópicos de pesquisa.

### 3.4 Forma de análise dos dados

A análise é um tratamento qualitativo, não é estatístico e baseia-se na estruturação dos dados coletados, de forma a interpretá-los e permitir uma síntese do encontrado, auxiliando assim o processo de análise.

## **4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **4.1. Análise e discussão da queima da caldeira**

As caldeiras têm uma ótima eficiência na queima do combustível, atualmente o bagaço de cana possui um sério agravante, no qual a matéria prima recebida do campo apresenta-se contaminada com terras ou outros resíduos que dificultam a queima do bagaço nas caldeiras. Com isto baixa-se a eficiência energética das caldeiras.

Vale ressaltar que em algumas situações pode ocorrer o abafamento total das chamas, causando um breve desligamento do gerador que perderá a sincronização, tirando todo o processo fabril de trabalho.

A perda anual na produção de vapores das caldeiras tem gerado uma maior quantidade de hora homem para reparos durante o processo, sendo obrigatória tal parada por motivos emergenciais.

Tendo em vista que o processo atual de lavagem de cana melhora a queima, mas perde uma parte da sacarose do açúcar que é extraído durante a lavagem da cana e não tendo aproveitamento dessa matéria prima durante o processo da fábrica.

Uma condição interessante para o sistema é a implementação do processo de lavagem a seco, mas tal é um alto investimento. Para instalar todo o sistema de lavagem e necessário montar um sistema de logística e manutenção, essa discussão é válida por ser um agravante para as caldeiras, todavia este não é foco deste trabalho.

Hoje a situação atual da empresa está caótica, principalmente devido ao consumo demasiado de energia, situação que ainda não se agravou mais severamente, pois as caldeiras são fontes geradoras de energia. Sendo assim,

depois que as mesmas entram em sincronismo, a usina não necessita realizar a compra de energia da concessionária, mas injeta potência na rede.

Porém, com a melhoria no sistema de acionamento dos motores a tendência é reduzir a demanda de consumo da usina que atualmente está contratada em um valor razoavelmente alto. Nos itens seguintes será avaliado cada um dos sistemas de acionamento para os exaustores.

#### **4.2. Análise do sistema de acionamento com compensadora para exaustores.**

O acionamento dos motores da usina atualmente é realizado por meio da partida compensadora. Pela aplicação dos questionários pode ser verificado que a situação dos motores varia conforme a operação da caldeira, o que pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 – Situação dos motores

Setores	Situação
Caldeira 1	Satura quando atinge 290A
Caldeira 2	Entra em modo de alerta ao subir a temperatura
Caldeira 3	Não consegue entrar em linha com as outras
Caldeira 4	Insuficiência de exaustão para o trabalho
Caldeira 5	Motores aquecendo em condições normais
Caldeira 6	Parada para manutenção

Fonte: Autor (2016).

No conjunto do sistema com a partida compensadora existe um problema quanto aos relés que funcionam como transformadores de corrente (TC). Todavia, por ser um sistema antigo já não encontra peça de reposição no mercado.

Valer enfatizar que esses TCs têm uma grande utilidade, pois são eles que controlam a corrente de pico máximo e mínimo de trabalho dos motores. Sendo assim, em uma eventual falha de um desses componentes, acarretará

em um dano considerável no equipamento, gerando reparos e custos com novos componentes.

Quando há uma falha no sistema, devido ao trabalho excessivo do motor implicando em uma alta corrente no circuito, isto acarreta em um dano para todo o conjunto da partida compensadora. Desta forma a equipe de manutenção tem que dobrar os esforços para manter o mínimo possível de eficiência no funcionamento do sistema.

### **4.3. Análise do sistema de acionamento com inversor de frequência para exaustores.**

É perceptível que o desenvolvimento da eletrônica de potência permitiu a inserção e o aprimoramento de novas tecnologias na área de acionamento de máquinas elétricas nos setores industriais, como por exemplo o inversor de frequência.

O inversor de frequência tem uma série de vantagens em relação as duas outras formas de partidas apresentadas anteriormente, permitindo condições especiais para o trabalho. Deste modo é possível parametrizar um sistema de partida com rampa de aceleração, semelhante a *soft starter*.

Todavia, o inversor de frequência apresenta um diferencial, pois através de uma programação é possível controlar diferentes etapas do processo. Como por exemplo, uma partida suave no acionamento do exaustor, frenagens e o controle da velocidade de rotação do motor do exaustor de acordo com a operação da caldeira.

Embora o sistema de acionamento com inversor seja mais dispendioso, a sua aplicação implica em inúmeras vantagens e lucros provindo da maior eficiência energética comparado ao demais sistemas.

#### **4.4. Análise comparativa e discussão entre os sistemas de acionamento.**

Ora, a compensadora realiza o acionamento do exaustor somente no intervalo de partida e após tal período não há o controle de velocidade e torque para as possíveis variações de carga existentes durante o funcionamento da caldeira.

Quanto a *soft starter*, em sua atuação predominante durante a partida, conduz a uma redução dos níveis de corrente em comparação a partida compensadora. Entretanto, após o período de partida, o motor acionado pela *soft starter* fica sem controlabilidade de velocidade e torque.

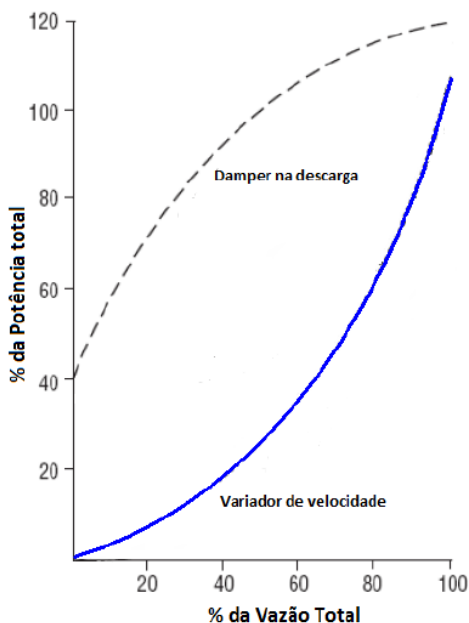
Um aspecto importante do processo da usina é que há vários motores operando na mesma linha de produção e com características nominais semelhantes. Sendo assim, ao utilizar-se o inversor de frequência ganha-se tempo com a programação única, isto é, basta realizar a programação para um inversor e replicar para os demais que possuem parametrização semelhante.

De fato o custo de implementação do acionamento com inversor de frequência é bem maior em relação a *soft starter* e compensadora. A razão para tal é que tanto o inversor de frequência quanto a compensadora necessitam ser dimensionadas especificamente para o acionamento de um motor, enquanto que a *soft starter*, por meio do *by pass*, pode realizar a partida de até 4 motores durante uma hora.

Com a utilização de inversores de frequência obtém-se uma eficiência energética maior em relação ao controle com *dampers*. Conforme mostrado na Figura 10, Salum (2011) destaca em seu estudo que o sistema de ventilação com conversores de frequência no controle de velocidade

possibilitam uma redução de consumo em comparação com os sistemas de controle com *dampers*, principalmente para vazões inferiores a 80% da vazão nominal.

Figura 11: Comparativo de consumo entre *damper* e variador de velocidade no sistema de ventilação.



Fonte: Salum (2011)

#### 4.5. Eficiência energética dos sistemas de acionamento

Quanto ao custo associado entre as técnicas de acionamento, obtém-se os valores explicitados na Tabela 2.

A potência estimada do acionamento de uma máquina elétrica é dado pela soma do período de partida do acionamento  $t_a$  com é dado por:

$$P_a = \sum_{i=1}^{12} \frac{736 * P_i(CV)}{\eta_m * fp_m * \eta_a * fp_a} * \frac{t_a}{T} + \sum_{i=1}^{12} \frac{736 * P_i(CV)}{\eta_m * fp_m} * \left(1 - \frac{t_a}{T}\right) \quad 3)$$

onde  $t_a$  é dado em segundos;  $T$  é o período em segundos, que o motor estará em operação;  $P_i(CV)$  é a potência do motor dado em CV;  $\eta_m$  é o rendimento do motor;  $fp_m$  é o fator de potência do motor;  $\eta_a$  é o rendimento do acionamento e  $fp_a$  é o fator de potência do acionamento.

Considerando que sejam utilizados os motores presentes atualmente no sistema. Logo, substituindo os dados dos motores e os parâmetros estimados do acionamento na expressão (3) considerando uma partida compensadora, obtém-se que:

$$P_{compensadora} = \sum_1^{12} \frac{736 * 250}{0.65 * 0.65 * 0.8 * 0.8} * \frac{1}{48} + \sum_1^{12} \frac{736 * 250}{0.65 * 0.65} * 0.98$$

$$= 5.29 \text{ MVA} \quad 4)$$

Com acionamento utilizando *soft starter* vale ressaltar que não há melhoria do fator de potência e gera harmônicos, como qualquer outro dispositivo de acionamento estático. Utilizando (3) para determinar a potência consumida com os mesmos motores, o acionamento por *soft starter* resulta em:

$$P_{soft\ starter} = \sum_1^{12} \frac{736 * 250}{0.65 * 0.65 * 0.9 * 0.8} * \frac{1}{48} + \sum_1^{12} \frac{736 * 250}{0.65 * 0.65} * 0.98$$

$$= 5.272 \text{ MVA} \quad 5)$$

Enquanto que para o acionamento com inversor de frequência dos motores, utilizando filtros adequados para redução de harmônicos, a potência consumida com os mesmos motores atuais é:

$$P_{inversor} = \sum_1^{12} \frac{736 * 250}{0.65 * 0.65 * 0.95 * 0.98} * \frac{1}{48} + \sum_1^{12} \frac{736 * 250}{0.65 * 0.65} * 0.98$$

$$= 5.238 \text{ MVA} \quad 6)$$

Nota-se que os motores de indução utilizados atualmente na indústria possuem baixos índices de fator de potência e rendimento. Logo, uma possibilidade é a realização da troca dos motores atuais e ineficientes por motores de alto rendimento.

Vale ressaltar que os motores presentes atualmente estão sobredimensionados para os exaustores da caldeira, devido principalmente pelo seu baixo índice de rendimento. Logo, ao se fazer a aquisição de novos motores pode se especificar uma potência nominal de 220 CV, para cada um dos motores dos exaustores da caldeira.

Consultando o catálogo da linha W22 IR3 Premium da WEG, seleciona-se um modelo de motor de seis polos, rendimento do motor  $\eta_m$  igual a 0.956 e fator de potência do motor  $fp_m$  igual a 0.81.

Recalculando a eficiência energética com tais motores com os três tipos de acionamentos estudados, obtém-se primeiramente para a partida compensadora que:

$$P'_{compensadora} = \sum_1^{12} \frac{736 * 220}{0.956 * 0.81 * 0.8 * 0.8} * \frac{1}{48} + \sum_1^{12} \frac{736 * 220}{0.956 * 0.81} * 0.98$$

$$= 2.541 \text{ MVA} \quad 7)$$

Para a *soft starter*:

$$P'_{soft\ starter} = \sum_1^{12} \frac{736 * 220}{0.956 * 0.81 * 0.9 * 0.8} * \frac{1}{48} + \sum_1^{12} \frac{736 * 220}{0.956 * 0.81} * 0.98$$

$$= 2.532 \text{ MVA} \quad 8)$$

E com inversor:

$$P'_{inversor} = \sum_1^{12} \frac{736 * 220}{0.956 * 0.81 * 0.95 * 0.98} * \frac{1}{48} + \sum_1^{12} \frac{736 * 220}{0.956 * 0.81} * 0.98$$

$$= 2.515 \text{ MVA}$$

Os dados obtidos estão resumidos na Tabela 4.

Tabela 7: Eficiência energética da implementação dos sistemas de acionamento nos motores atuais.

Sistema de acionamento	Potência consumida com motores antigos <i>P</i> (MVA)	Potência consumida com motores redimensionados <i>P'</i> (MVA)	Redução no consumo <i>P'/P<sub>compensadora</sub></i> (%)
Partida compensadora	5.292	2.541	51.98
<i>Soft Starter</i>	5.272	2.532	52.15
Inversor de frequência	5.238	2.515	52.48

Fonte: Autor

#### 4.6. Custo de investimento

Considerando para efeitos de cálculos que a tarifa da usina se enquadre no subgrupo A4 (2,3-25kV), Horossazonal Azul, os valores praticados pela concessionária de energia estão enfatizados no Quadro 1.

Quanto ao custo de energia da unidade consumidora com os acionamentos dos motores, utilizou-se o valor da tarifa com impostos agregado.

Considerando o horário de ponta, com funcionamento durante um intervalo de 8 hora diárias, sendo a demanda *Dm* da usina de 7000 kW, *a* a taxa sobre a demanda; *b* a taxa sobre o consumo dado em kWh; o tempo anual considerado de 960 horas, então o custo de energia da usina do sistema

atual (compensadora e motores antigos) é dado pelo cálculo da demanda  $D$  e da energia consumida  $Ec$ :

$$C = a * Dm + b * P * T_{anual} \quad 10)$$

$$C = 10,74 * 7000 \text{ kW} + 0,53665 * 5292 * 960 = \text{R\$ } 3.177.433,73 \quad 11)$$

Quadro 2: Bandeira tarifária A4 Azul

Tarifa Horária AZUL		Resolução ANEEL Nº 1.897, de 16 de junho de 2015	
A4 (2,3 a 25 kV)			
Tarifas	Resolução ANEEL	com Impostos: ICMS e PIS/COFINS	
Demanda (R\$/kW)			
Ponta	21,91	34,12	
Fora de Ponta	6,90	10,74	
Ultrapassagem Ponta	43,82	68,25	
Ultrapassagem Fora de Ponta	13,80	21,49	
Consumo (R\$/kWh)			
Ponta	0,51424	0,80099	
Fora de Ponta	0,34453	0,53665	
Vigência em 24/06/2015			

Fonte: COPEL (2016)

Avaliando o custo de energia dos três diferentes tipos de acionamento com a suposição de aquisição de motores de alto rendimento, a demanda de potência da usina será reduzida.

Estimando que nesta readequação a demanda média seja aproximadamente de 4300 kW, obtém-se o custo de energia anual do acionamento  $C_a$  com a partida compensadora:

$$C = a * Dm + b * P'_{compensadora} * T_{anual} \quad 12)$$

$$C_a = 10,74 * 4300 \text{ kW} + 0,53665 * 2541 * 960 = \text{R\$ } 1.355.264,55 \quad 13)$$

E utilizando a *soft starter* para o acionamento dos motores de alto rendimento, o custo de energia anual  $C_a$  deste acionamento será:

$$C_a = a * Dm + b * P'_{soft\ starter} * T_{anual} \quad 14)$$

$$C_a = 10,74 * 4300 \text{ kW} + 0,53665 * 2532 * 960 = \text{R\$ } 1.350.627,88 \quad 15)$$

E com inversor de frequência o custo de energia anual do acionamento  $C_a$  para os motores de alto rendimento é:

$$C_a = a * Dm + b * P'_{inversor} * T_{anual} \quad 16)$$

$$C_a = 10,74 * 4300 \text{ kW} + 0,53665 * 2515 * 960 = \text{R\$ } 1.341.869,76 \quad 17)$$

Portanto, avaliando o custo de investimento por meio de valor orçado, conforme descrito no quadro 3 e pela a economia de energia provinda do acionamento com as diferentes técnicas de acionamento dos motores de alto rendimento, obtém-se os valores de *payback* descritos na Tabela 5.

Tabela 8: Custo de investimento dos sistemas de acionamento e com motores de alto rendimento.

<b>Sistema de acionamento</b>	<b>Custo de investimento (R\$)</b>	<b>Economia anual no consumo com (C-Ca) (R\$)</b>	<b>Payback Simples (Mês)</b>
Partida compensadora	843.903,00	1.822.169,18	5,5
<i>Soft Starter</i>	863.285,76	1.826.805,85	5,7
Inversor de frequência	1.252.037,04	1.835.563,97	8,2

Fonte: Autor

Observa-se pela Tabela 5 que o investimento em motores de alto rendimento possibilita a indústria uma grande economia de energia. E os tempos de retorno de investimento são de curto prazo.

Ressalta-se ainda que dentre as soluções para o sistema de acionamento, observa-se que deve ser avaliado os benefícios obtidos a longo prazo do sistema de acionamento com inversor de frequência, pois os retornos são satisfatórios, conforme já analisado e discutido nos itens 4.4 e 4.5.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo é de grande importância para a empresa estudada pelo fato dela ter sido fundada em 1974. Com o decorrer do tempo é natural ocorrer a defasagem de tecnologia e neste quesito a empresa ficou com seus equipamentos desatualizados que refletem em altos custo com o consumo de energia elétrica.

Com os resultados obtidos neste trabalho enfatiza-se que a empresa deve buscar a melhoria contínua nos sistemas de acionamento das máquinas

do parque fabril, pois possibilitará aumento de produção, aumento de arrecadação financeira e sustentabilidade ambiental.

Portanto, é visível a ausência de tecnologia no acionamento dos exatores da usina e isto reflete-se na atual ineficiência energética. Logo, cabe a equipe de gestão da usina tomar a decisão de reconhecer a necessidade de acompanhar as tendências do mercado tecnológico, visando assim a posição no pódio para as grandes safras vindouras.

Esta defasagem tecnológica faz com que a empresa enfrente problemas com sustentabilidade e fornecimento de energia, pagando um alto preço pela energia elétrica devido a seu alto consumo e baixa eficiência.

Conclui-se que tudo será possível ser desenvolvido com as ajudas de custo benefício e com os ganhos extras que serão obtidos, fica claro que é possível fazer tais mudanças que serão de grandes melhorias para a empresa e também o meio ambiente, olhando do lado que diz a respeito da eficiência energética.

## **Abstract**

Energy efficiency in the machinery drive is a very important issue for the industry. Studies show that many Brazilian industries still have drive systems that are outdated. In this context, this work presents information of results obtained by analysis and observation of a set of drive motors extraction fans of a boiler by means of compensating departure. Data and characteristics of the current drive are tabulated. Through literature review, the most current electrical machinery drive technologies are presented. The analysis of investment cost, the payback time, reduced values of energy consumption and energy efficiency ratios and power quality of each of the systems are presented.

**Keywords:** Rewarding Starter; Soft Starter; Inverter frequency; sugarcane mills

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, V. L.; MENDES, L. E. Análise transitória do motor de indução trifásico. 2006. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015. Ano base 2014: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

COPEL. Tarifa Horossazonal Azul A4. Disponível em <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Frot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F566327c0dbad85e50325768f006950d5> Acesso em 19 de maio de 2015.

CUNHA, L. Motores elétricos: movendo o mundo [Internet]. Agosto de 2009.

Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/132-radiografia-motoreletricos-movendo-o-mundo.html> Acesso em 21 de junho de 2015.

ELETROBRÁS. Eficiência Energética na Indústria; agosto de 2009, p.16; Disponível em: <http://www.cni.org.br/portal/data/files/00/FF808081234E24EA0123627A07156F8E/Eficiencia.pdf> Acesso em 21 de junho de 2015.

FALCONE, A.G. Motores de Indução: Manutenção e Instalação. São Paulo: LVBA Comunicação, 1995. 6 p.

FRANÇA, Leo Sérgio. Acionamentos Industriais. Notas de aula do curso de Comandos Elétricos.

FRANCISCO, A. M. S. Motores de Indução Trifásico. Viseu: [s.n.], 2006. 250 p.

GUEDES, S. D. Projeto de inversor trifásico aplicado ao acionamento de motor de indução. Monografia de Engenharia Elétrica. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

NASCIMENTO JÚNIOR, Geraldo Carvalho do. Máquinas elétricas: teoria e ensaios . São Paulo: Érica, 2006. 260 p.

GARCIA, A. G. P. Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria. 2003. 127 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, 2003.

JUSTFANS. Acoustic Inline Mixed Flow Duct Fan – TDSILENT. Disponível em: <http://www.justfans.co.uk/reviews.php> Acesso em 13 de maio de 2016

DOMAŃSKI, P. D.; LEPPAKOSKI, J.; DURANDO, E. P.; ONOFRE, R. C. Melhoria de eficiência na queima de bagaço em caldeira de grelha. 200-.

LUFTMÁXI. Exaustores axiais: linha industrial. Disponível em: <http://climatizadoresevaporativo.com.br/index.php?pg=exaustoraxialindustria> l Acesso em 13 de maio de 2016.

SALUM, A. D. Eficiência energética em sistema de combustão de caldeira. Monografia Especialização em Engenharia Econômica. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

SCARMIN, Alcir. Otimização da eficiência energética no acionamento de motores de indução utilizando técnicas de controle adaptativo em tempo discreto. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

SEALE, Eric. DC Motors: How they work in 4 parts. Disponível em: [http://www.solarbotics.net/starting/200111\\_dcmotor/200111\\_dcmotor.html](http://www.solarbotics.net/starting/200111_dcmotor/200111_dcmotor.html). Acesso em 18/06/2015.

WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS. Motores Elétricos. Disponível em: <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-motores-eletricos-baixa-tensaomercado-brasil-050-catalogo-portugues-br.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2015

WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS. Chave de Partida Soft-Starter SSW 04. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/1-2186.pdf> Acesso em 19 de maio de 2016.

WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS. Motores de indução alimentados por inversores de frequência PWM. Jaraguá do Sul, SC. 2010.

ZOTTIS, Juliana; PAGNOSSIN, Rodrigo de Sousa. Tiragem. Disciplina de geração de vapor. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.

## APÊNDICE

Quadro 3: Orçamento de motores de alto rendimento, soft starter e inversor de frequência.

Seq	Qtde	Un	Descrição	Vlr.Unit.	Vlr.Total	NCM	Prev.Entrega
1	1,000	UN	MOTOR 250CV 6P 355M/L WFF2 MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO 250 CV 06 355M/L 220/380/440 C/ 12 TERM 60HZ B3D IPW55 IE2 W22 REFRIGERAÇÃO: TPVE TOTAL FECH VENTIL EXTERNA PLANO DE PINTURA: 203A COR ACABAMENTO: RAL 5009 APLICACAO MOTOR: W22 CHAVETA: CHAVETA B DRENO: DRENO BORRACHA AUTOMATICO MATERIAL EIXO: SAE 4140 FURO DE CENTRO ROSCADO: SIM TIPO E FORMA BALANCEAMENTO: NORMAL 1/2 CHAVETA SENTIDO DE ROTACAO: AMBOS GRAXEIRA: COM GRAXEIRA (DIANT/TRAS) TIPO GRAXA: MOBIL POLYREX EM MATERIAL INVOLUCRO: FERRO MATERIAL V	70.325,25	70.325,25	85015310	Até 20 dia(s)
2	1,000	PC	SOFT-STARTER BRSSW070312T5SH2Z	6.460,92	6.460,92	90328911	Imediato
3	1,000	UN	INVERSOR BRCPFw110312T4SZ	34.011,17	34.011,17	85044050	Até 10 dia(s)
	<b>Sub.Total</b>				<b>110.797,34</b>		
	<b>Icms St</b>						
	<b>Total</b>				<b>110.797,34</b>		

# **REUTILIZAÇÃO DE PEÇAS E COMPONENTES ELETRÔNICOS NA CONSTRUÇÃO DE UMA FONTE DE ENERGIA PARA PROCESSO DE SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO**

**VALDIR DE OLIVEIRA<sup>1</sup>  
JOÃO PAULO VENDRAME<sup>2</sup>**

## **Resumo**

Com o crescimento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo, o tema deste trabalho trata da construção de uma fonte de energia para processo de soldagem com eletrodo revestido, a partir de peças e componentes reutilizados dos equipamentos eletrônicos obsoletos rejeitados pela população, como forma de contribuir na redução dos problemas causados à população e ao meio ambiente devido ao lixo eletrônico descartado de forma incorreta. A metodologia utilizada foi através do processo reverso, por meio da reciclagem, separação, desmontagem dos equipamentos, retirada dos componentes e peças e análise para verificação de sua eficiência. Quanto a viabilidade deste projeto requer estudos mais detalhado relacionado às dimensões dos transformadores utilizado, controle de temperatura e de corrente. Com um ciclo base de trabalho de 4 minutos percebe-se um aquecimento excessivo nos enrolamentos primário, mesmo tendo uma refrigeração forçada por 2 ventiladores fazendo com que aja uma

---

<sup>1</sup> Discente - Tecnólogo em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia do SENAI Londrina. E-mail: valartcomunicacao@gmail.com.

<sup>2</sup> Docente – Especialista em Engenharia em Segurança do Trabalho pela Universidade Estadual de Londrina. Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. E-mail: joao.vendrame@pr.senai.br.

redução na eficiência do protótipo. Por outro lado, devido a facilidade de acesso a esses componentes eletrônicos, abre-se o caminho para novas pesquisas quanto a sua reutilização, que contribuirão desta forma para a preservação do meio ambiente, bem como a redução na extração dos recursos naturais, os quais estão cada vez mais escassos.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos. Fonte de Energia para Soldagem. Engenharia Reversa.

## 1 INTRODUÇÃO

O lixo urbano no Brasil, também conhecido como Resíduo Sólido Urbano (RSU), tem se tornado um grande problema para a população e para o meio ambiente. Na tentativa de minimizar tal problema, várias organizações ligadas aos órgãos de proteção e preservação do meio ambiente, têm direcionado um esforço significativo para a criação de leis e legislações específicas para o correto destino destes resíduos. Com o objetivo de reduzir danos causados à saúde da população e ao meio ambiente, foi aprovada no Brasil em dezembro/2010, normas para reduzir, reutilizar, reciclar e dar tratamento adequado para os resíduos sólidos: a lei Federal nº 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduo Sólido (PNRS) e altera a Lei nº 9.605/1998 (GUARNIERI, 2011).

Segundo o relatório da Associação Brasileira de Limpeza Pública de Resíduos Especiais - ABRELPE (ABRELPE, 2015, p. 28), em 2014, a geração total de resíduos sólidos no Brasil foi de aproximadamente 78,6

milhões de toneladas, contra 76,3 milhões de toneladas em 2013, o que representa um aumento de 3,0% entre este período. As organizações não governamentais (ONGs) de reciclagens atuantes nas cidades brasileiras não têm a capacidade de coletar, reciclar e dar o destino ambientalmente correto a todo este resíduo descartado pela população, que aumenta a cada ano.

São também considerados resíduos sólidos os chamados lixos eletrônicos, denominados como Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Segundo Yamane (2012, p. 1) “são equipamentos danificados, obsoletos ou que tenha chegado ao fim de sua vida útil, podendo ser citados computadores, celulares, eletrodomésticos, televisores e também parte desses equipamentos, como placas de circuito impresso”.

De acordo com Spitzcovsky (2013), o Brasil é entre os países emergentes, que produz o maior volume de lixo eletrônico por pessoa a cada ano. Segundo a autora, foi constatado pela Organização das Nações Unidas (ONU) que o crescimento econômico dos países emergentes levou a um maior consumo doméstico, com uma classe média cada vez mais forte e estabilidade econômica para garantir empréstimos para a compra de eletroeletrônicos. Contudo, uma consequência desse crescimento é a produção sem precedentes de lixo.

Na tentativa de contribuir de alguma forma para reduzir o problema do lixo eletrônico crescente em nosso país, a utilização dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) se torna necessário a cada dia no nosso cotidiano. Com o intuito de dar uma pequena contribuição nesta luta contra o descarte incorreto e fazendo uso de um conceito dos 3R's (reutilizar), pretende-se desenvolver um protótipo em caráter experimental para verificar a viabilidade do projeto, a construção de uma fonte de energia para processo de

soldagem com eletrodo revestido, a partir de peças e componentes reciclados dos equipamentos eletroeletrônicos obsoletos descartados pela população. Devido ao seu baixo custo por ter suas peças reutilizadas, pode ser utilizado em uso doméstico, serralheria e indústria de pequeno porte.

Para o desenvolvimento deste projeto será usado peças e componentes eletrônicos oriundos de equipamentos obsoletos como as carcaças, diodos de potência, capacitores, fusíveis, controladores térmicos, cabos de alimentação, fios condutores, ventoinha e transformador de alta voltagem que será apresentado mais detalhadamente no desenvolvimento do trabalho.

Na seção 2 traremos um breve relato bibliográfico sobre os principais itens que compõe o projeto tais como resíduos sólidos, resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, fonte de energia para soldagem e seus componentes. Em seguida na seção 3 e 4 falaremos da forma em que o projeto será desenvolvido e os métodos utilizados, bem como o seu passo a passo. Os resultados serão apresentados juntamente com suas discussões na seção 5. Por fim, apresentaremos nossas conclusões e referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 RESÍDUO SÓLIDO**

De acordo com a Lei Federal 12.305/2010 denominada Política Nacional de Resíduo Sólido (PNRS) em suas definições no capítulo II, artigo 3º, inciso, XVI regulamentada pelo Decreto 7404/2010, que estabelece normas para o cumprimento desta lei define resíduo sólido como:

*Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível; (LEI nº12.305, 2010).*

Fernandes (2014, p. 27) classifica resíduo sólido urbano como “os resíduos domiciliares, provindo das residências; o comercial, proveniente de estabelecimentos como escritório lojas e hotéis; os de varrição e serviço, como feira livre, capinação e poda”.

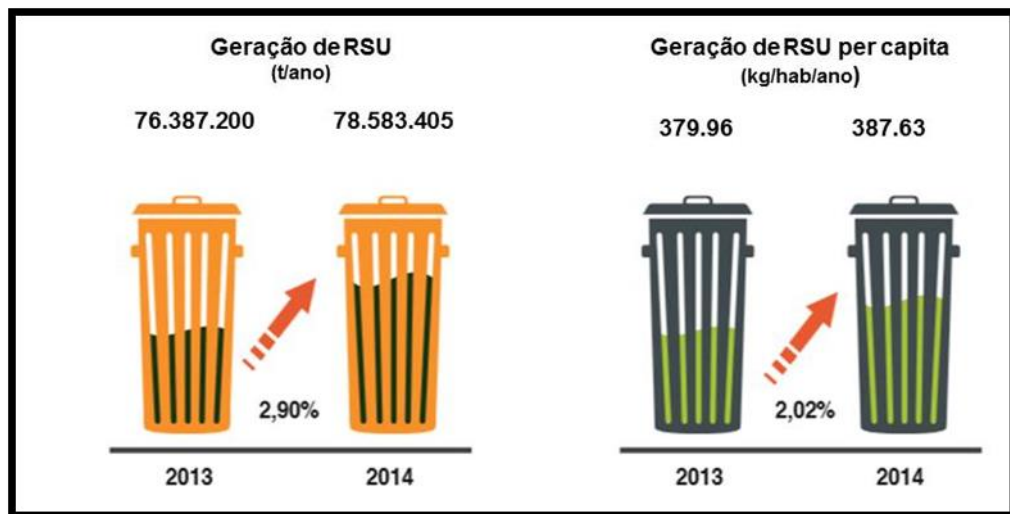
A autora afirma que os resíduos sólidos podem ser considerados de acordo com seu aspecto físico (seco ou molhado), quanto a composição química (orgânicos e inorgânicos), dependendo de sua fonte, quanto ao seu nível de periculosidade em relação a determinados padrões de qualidade ambiental e de saúde pública (FERNANDES, 2014).

## **2.2 CENÁRIO NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

A associação Abrelpe (2015), em seu panorama de 2014, afirma que o levantamento de dados sobre os resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos de serviços de saúde (RSS) e demais itens pertinentes à limpeza urbana no Brasil em 2014, foram feitos através da aplicação de um questionário junto a 400 municípios representando 91.764.305 dos 202.799.518 habitantes indicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esta pesquisa mostra os dados da geração anual por habitante em 2014 quando comparados ao ano de 2013, informando que a geração total de (RSU) no Brasil em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que

representa um aumento de 3% de um ano para outro, conforme indica a Figura 1.

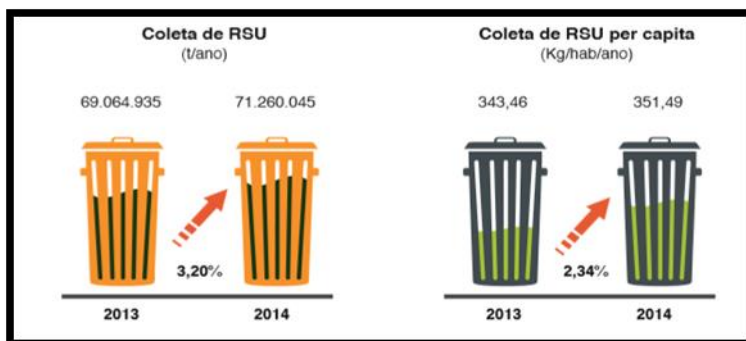
Figura 1 - Geração de resíduo sólido no Brasil e per capita entre 2013 e 2014.



Fonte: Abrelpe (2015).

Nesta pesquisa, a associação Abrelpe (2015) mostra que a coleta seletiva em 2014 teve um aumento de 3,20% como mostra a figura 2 no total de RSU coletado durante este período se comparada a 2013.

Figura 2 - Coleta de RSU (t/ano) no Brasil e per capita (kg/hab/ano) entre 2013 e 2014.



Fonte: Abrelpe (2015).

A comparação entre a quantidade de RSU gerada e a coletada em 2014 mostra que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 90,6%, comprovando que pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no país neste ano e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio.

Dos resíduos sólidos urbanos gerados no Paraná em 2014, 70,2% foram destinados em aterros sanitários, 19,7% em aterros controlados e 10,1% em lixões. O Quadro 1 mostra a geração e a coleta seletiva entre 2013 e 2014 (ABRELPE, 2015).

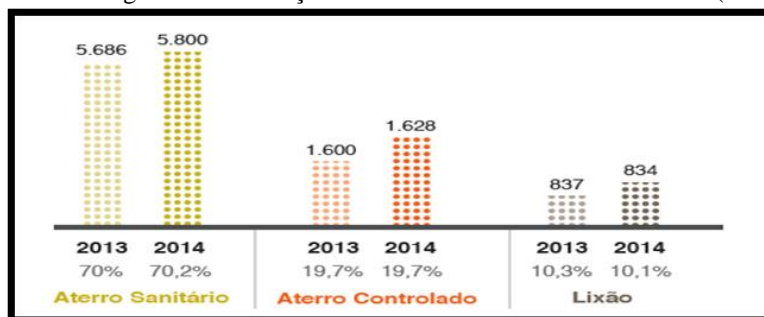
Quadro 1 - Coleta e Geração de RSU no Estado do Paraná.

População Total		RSU Coletado				RSU Gerado (t/dia)	
		(Kg/hab/dia)		(t/dia)			
2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
10.997.465	11.081.692	0,739	0,746	8.123	8.262	8.638	8.776

Fonte: Abrelpe (2015).

Como mostra o relatório da Abrelpe (2015) a destinação final de RSU no Estado do Paraná (t/dia) em lixões apresentado na Figura 3, comprova que está sendo reduzido em cumprimento da lei nº 12.305/2010.

Figura 3 - Destinação Final de RSU no Estado do Paraná (t/dia).



Fonte: Abrelpe (2015).

Os resultados observados por meio das figuras apresentadas anteriormente, ele nos traz uma leve sensação de que a PNRS está sendo praticada pelo poder público. Ainda sobre os RSU a classe dos REEE requer um olhar ainda mais cuidadoso devido ao seu crescimento, que passamos a analisar no próximo tópico.

### 2.3 RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO (REEE)

Daniel (2014, p. 28) conceitua os resíduos eletrônicos como “objetos técnicos informacionais que depois de um tempo de uso não servem mais para seus usuários, por várias razões”. Cita, por exemplo, uma geladeira ou um forno micro-ondas que queimou ou não esquentam mais.

O autor segue afirmando que os resíduos eletrônicos são aqueles que em sua fabricação envolve alta tecnologia ou não. Por exemplo, cita:

*Monitores de computadores, os próprios computadores, telefones celulares e sua bateria, televisores de tubo e LCD, aparelhos de fax, câmeras fotográficas, impressoras, micro ondas, máquinas de lavar roupas, máquinas de lavar pratos, enfim, a característica fundamental dos equipamentos eletrônicos está na*

*possibilidade da interação do homem com a máquina.*  
(DANIEL, 2014, p. 28)

A quantidade de equipamentos elétricos e eletrônicos colocados no mercado e o valor resultante do lixo eletrônico gerado no Brasil pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Visão geral do lixo eletrônico no Brasil em 2012 e 2014.

Sujeito	Unidade	Ano	Quantidade	Fonte
População	(habitantes totais em milhões)	2012	196.53	FMI WEO
Poder de compra*	(USD por habitante)	2012	12038	FMI WEO
EEE colocados no mercado *	(kg por habitante)	2012	9.3	UNU-IAS SCYCLE (2015)
	(Total em quilotoneladas métricas)	2012	1.850	UNU-IAS SCYCLE (2015)
E-resíduos gerados *	(kg por habitante)	2014	7	UNU-IAS SCYCLE (2015)
	(Total em quilotoneladas métricas)	2014	1412	UNU-IAS SCYCLE (2015)

Fonte: Step (2014).

Para Xavier (2014), na América Latina, o Brasil tem se destacado com a elaboração de Políticas Estaduais e Nacionais de resíduos sólidos. Já outros países como Argentina, Paraguai, Peru, Uruguai e Colômbia já possuem legislações próprias sobre o assunto.

A reciclagem de resíduos sólidos possui várias maneiras de expor seu significado, mas de acordo com a Lei Federal nº 12.305/2010 que altera a Lei nº 9.605/1998, vem trazer a seguinte definição:

*Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos*

*órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa; (LEI nº12.305, 2010).*

Para os REEE a sua reciclagem esta diretamente ligada a cooperativas e associações espalhadas pelo país, de acordo com Xavier (2014, p. 101) a autora apresenta sete fases da reciclagem que são elas: Recebimento, seleção e classificação dos equipamentos, teste e seleção, desmontagem, separação, trituração, transporte e armazenagem dos materiais.

## 2.4 FONTE DE ENERGIA PARA SOLDAGEM

Segundo Marques (2009, p. 63) uma fonte de energia para soldagem a arco deve atender a três requisitos básicos:

- 1) *Produzir saídas de corrente e tensão com características adequadas para um ou mais processos de soldagem, ou seja, tensões baixas e correntes altas para soldagem;*
- 2) *Permitir o ajuste dos valores de corrente e/ou tensão para aplicações específicas;*
- 3) *Controlar, durante a soldagem, a variação dos níveis de corrente e tensão de acordo com os requisitos do processo e aplicação (MARQUES, 2009, p. 64).*

Para Schonardie (2005, p. 09) as fontes de energia tem um conjunto de propriedades estáticas que mediante o processo de execução de soldagem, aliados a outros fatores tais como o comprimento do arco elétrico e da atmosfera ionizante irá determinar a viabilidade do processo. Estas características nos dá a classificação das fontes em dois tipos: fontes de tensão constante e fonte de corrente constante.

Uma fonte de energia utilizada em processo de soldagem deve possuir alguns itens principais para o seu funcionamento, podendo ser destacados os

transformadores, retificadores e os capacitores os quais serão descritos a seguir.

#### 2.4.1 TRANSFORMADOR

O transformador para Schonardie (2005, p. 16) é encarregado de isolar a entrada da rede da saída da máquina e adequação das tensões. Para transformadores abaixadores, seu aspecto de operação resulta em uma pequena tensão de saída se comparada a tensão de entrada, e alta corrente na saída, além de outras características para garantir a segurança do operador da fonte de soldagem. De acordo com Gussow (1997, p.423), duas bobinas isoladas eletricamente e enroladas em torno de um núcleo comum é a formação básica de um transformador, onde se usa o acoplamento magnético para se transferir a energia de uma bobina para outra. Uma bobina, também denominado enrolamento, é composta de várias espiras de fio esmaltado. A bobina que recebe a energia da fonte CA é chamada de primária e a que fornece energia para uma carga CA é chamada de secundária.

Segundo o mesmo autor o transformador também possui o seu núcleo formado por várias camadas de aço laminado, as quais irão determinar as dimensões do transformador, cujas características magnéticas são para os transformadores de baixa frequência. Já os transformadores de alta frequência o seu núcleo é formado de ferro em pó e cerâmica ou de material não magnético, mas ainda existem as bobinas cujas espiras são enroladas em torno de materiais feito de papelão e plástico, sendo estes também não magnéticos, pode-se se dizer então que este núcleo na verdade é o ar.

Considerando um modelo ideal de transformador, o autor continua afirmando que esta transferência de energia de uma bobina para outra

acontece sem nenhuma perda. Com relação a tensão na bobina de um transformador ela é diretamente proporcional ao número de espiras de ambas as bobinas. Esta relação será apresentada no desenvolvimento do projeto.

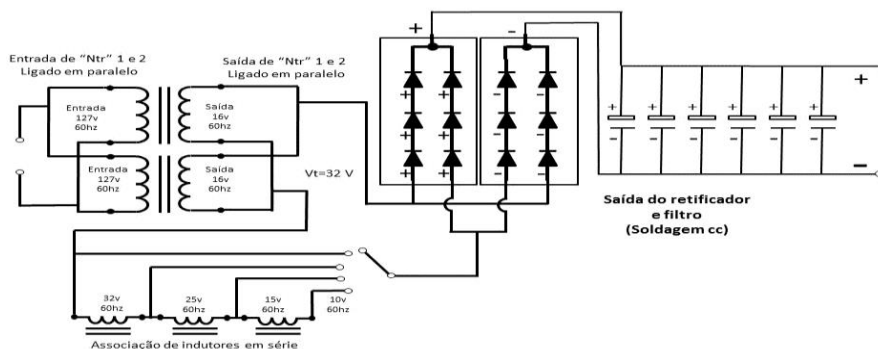
#### 2.4.2 RETIFICADOR

Para Marques (2009) os retificadores são componentes eletrônicos, para esclarecer melhor este assunto ele afirma em sua obra que:

Os diodos, representados por  $\rightarrow|$ , são componentes eletrônicos retificadores que apresentam valores de resistência elétrica diferentes, dependendo do sentido de fluxo da corrente, isto é, a resistência é muito menor em um sentido do que no outro. Assim, em um circuito de corrente alternada, este dispositivo permite bloquear o fluxo de corrente em um sentido e, desta forma, retificar a corrente (Marques, Modenesi, & Bracarense, 2009, p. 69).

O autor continua enfatizando que para tornar este procedimento mais eficiente, uma quantidade de diodos é distribuída de forma ordenada (pontes), como mostra a figura 4. Como o resultado da retificação apresenta flutuações de tensão, denominada de tensão de *ripple*. Estas flutuações podem ser minimizadas pelo uso de bancos de capacitores ou indutores que agem como filtros da corrente.

Figura 4 - Ponte retificadora de onda completa usando 6 diodos positivos e 6 negativos.



Fonte: Autor.

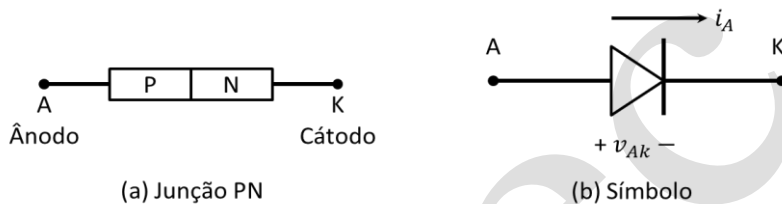
Para Ahmed (2000, p. 32) os diodos quando utilizados nos circuitos de potência desempenham um papel muito importante principalmente nos retificadores não controlados responsáveis por fazer a conversão de tensão CA para CC fixa e funcionam como diodo de retorno, com o objetivo de fornecer a condução do fluxo de corrente em cargas indutivas, no entanto possui uma capacidade maior de potência.

O autor segue afirmando que nos diodos PN os materiais utilizados para sua fabricação podem ser de silício ou de germânio, enquanto que para os diodos de potência são utilizados o silício que pode operar com maior corrente e temperatura mais alta de junção e quando polarizado reversamente possui maior resistência (AHMED, 2000).

Sua estrutura e símbolo são mostrados nas Figuras 5 (a) e (b). Observa-se que possui dois terminais, sendo um o ânodo (na junção P) representado pela letra A e o outro terminal o cátodo (na junção N) representado pela letra K. Se a tensão no ânodo é mais positiva, o diodo está diretamente polarizado, permitindo uma pequena queda de tensão quando a corrente circula em seus terminais.

Todavia, se a tensão positiva no cátodo é maior, pode se afirmar que o diodo está inversamente polarizado e, portanto bloqueia o fluxo de corrente elétrica. Quando no símbolo do diodo é mostrado uma flecha, esta indica o sentido convencional da corrente podendo ser observado na Figura 5 (b).

Figura 5 (a) - A estrutura de um diodo, (b) símbolo de um diodo.



Fonte: AHMED (2000).

## 2.5 BANCO DE CAPACITOR

Para Cathey (2003, p.51) a forma de onda na saída de um retificador, não é suficiente para ser usada como uma fonte de tensão, levando em conta as variações no tempo. Para melhorar esta forma de onda deve-se colocar um filtro entre o retificador e a carga. Este filtro terá a função de suprimir os harmônicos que se encontra na forma de onda retificada, preservando assim a componente CC. O fator de ondulação é uma medida da qualidade para a forma de onda retificada ou não. O fator de ondulação pode ser expresso pela seguinte equação:

$$V_{rpp} = \frac{I}{fC} \quad (1)$$

Onde:

$V_{rpp}$  = Tensão de *ripple*;

$I$  = Corrente em RL;

$f$  = Frequência;

$C$  = Capacitância.

Depois de feito uma breve revisão literária dos principais componentes que compõem uma fonte de energia para soldagem passou agora para a fase do desenvolvimento do protótipo e o método de montagem utilizado.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

Como método para a execução deste projeto, o primeiro passo foi a seleção das peças e componentes utilizadas no protótipo. Para isto foram realizadas visitas em centro de reciclagem, ONGs de reciclagem de equipamento eletroeletrônicos (e-lixo) e ferro velho do município de Londrina.

Realizando o processo de engenharia reversa, isto é, desmontagem e seleção dos componentes necessários para o projeto, tais como: diodos de potência, capacitores, fusível, ventoinhas, lâmpada, condutores, conectores, carcaça, peças de alumínio e transformador, os quais foram encontrados nos mais diversos tipos de equipamentos eletroeletrônicos, tais como: televisor, aparelho de som, máquina de lavar, forno de micro-ondas, alternador de carro e carregadores de bateria automotiva.

Todos os componentes foram testados através de instrumentos de testes como: multímetro digital e amperímetro para confirmar seu estado de funcionamento para utilização na montagem do protótipo.

### 3.1 ASPECTO CONSTRUTIVO DO PRIMEIRO TRANSFORMADOR

Antes de iniciar a montagem do protótipo é relevante conhecer as características do transformador utilizado bem como suas medidas. O projeto utiliza dois transformadores ligados em série, sendo assim foi necessário desmontar dois fornos de microondas, onde cada equipamento possui apenas um transformador como mostra a Figura 6 (a), o qual foi dado o nome de “tr1” e “tr2” com especificações técnicas semelhantes. Na Figura 6 (b) mostra o transformador já retirado do aparelho de microondas modelo WB27X10558 DW-R11A3-1AT.

Figura 6 (a) - Transformador de micro-ondas em sua posição original, (b) Transformador já retirado.



(a)



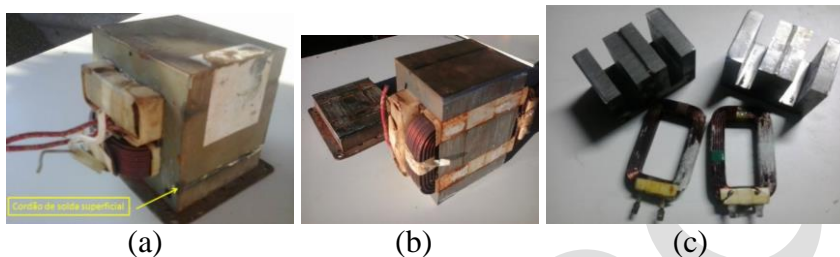
(b)

Fonte: Autor.

Ao realizar o processo de desmontagem do transformador, verificou-se que este é unido por um cordão de solda superficial visto na Figura 7 (a), que é facilmente removido com o auxílio de uma esmirilhadeira ou arco de

serra manual, resultado observado na Figura 7 (b). Na Figura 7 (c) podemos ver “tr1” e “tr2” com seus enrolamentos primário e secundário já removido.

Figura 7 (a) - Cordão de solda de “tr1”, (b) “tr2” aberto, (c) Primário e secundário removido de “tr1” e “tr2”.



Fonte: Autor.

Após removido o cordão de solda torna-se acessível a bobina primária do transformador, envolvida por uma camada de papel Kraft® de fácil remoção.

Ao se desenrolar o transformador quantificou-se os enrolamentos primários e secundário. O primário de “tr1” apresentou 125 espiras de fio de cobre esmaltado AWG nº13, que recebe uma tensão da rede que varia de 110V a 127V. E o secundário de “tr1” apresentou 3 voltas de fio de alumínio de 1.5 mm<sup>2</sup>, revestido com tecido e Policloreto de Vinila, conhecido como (PVC), cuja função é alimentar o magnetrom. O magnetrom é o responsável para gerar as micro-ondas que aquecerá o interior do forno.

Por fim, há um outro secundário também envolvido também por uma camada de papel Kraft que removido com facilidade se tem acesso a bobina de alta tensão. Foram contadas 2.330 espiras de fio de cobre esmaltado AWG nº 21 .

Para se fazer o cálculo da relação de transformação objetivando o conhecimento da tensão no secundário do transformador “tr1”, utiliza-se a equação 2.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2)$$

Onde:

$V_1$  = É a tensão no primário;

$V_2$  = É a tensão no secundário;

$N_1$  = É o número de espiras no primário;

$N_2$  = É o número de espiras no secundário.

Sendo assim, para o transformador “tr1” obtém-se uma tensão de saída igual a 2.369V para uma tensão de entrada no enrolamento primário igual a 127V.

Na Figura 8 podemos observar o seu aspecto físico e representação simbólica, onde se nota uma tensão de entrada no primário variando de 110V a 127V ou 220V conforme o projeto. No secundário–obtem-se uma alta tensão de 2.369V. Com isto pode-se dizer que a relação de transformação do número de espiras do primário em relação ao secundário deste transformador, dado pela equação (3) é igual a 0,0536/1.

$$RT = \frac{N_1}{N_2} \quad (3)$$

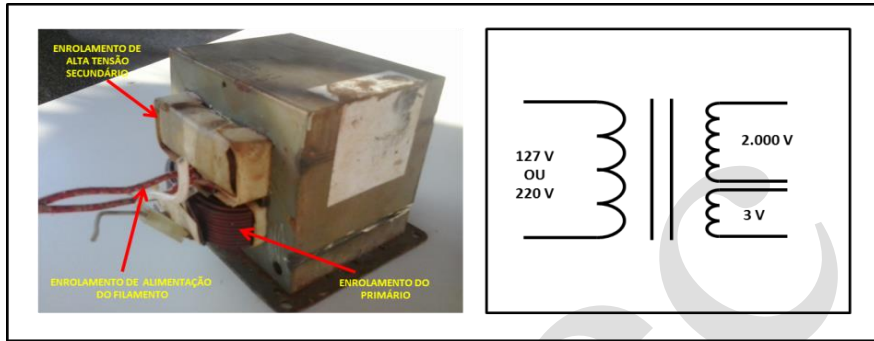
Onde:

$N_2$  = É o numero de espiras no secundário;

$N_1$  = É o numero de espiras no primário;

$RT$  = Relação de transformação.

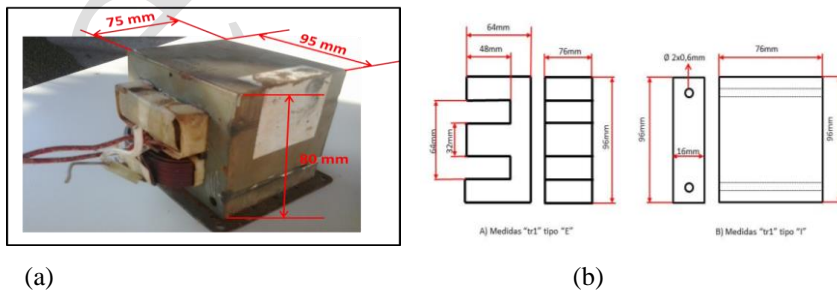
Figura 8 - Aspecto físico e representação simbólica do transformador.



Fonte: Autor.

Construído de 119 chapas de ferro silício com núcleo em forma “E” e “I”, cujas medidas externas estão ilustradas na Figura 9 (a). Já a medida interna de “tr1” pode ser observada na Figura 9 (b) com a qual podemos calcular o tamanho do núcleo de “tr1”.

Figura 9 (a)- Medida externa do transformador, (b) Medidas interna do transformador.



Fonte: Autor.

Conhecido os aspectos construtivo de “tr1” passaremos agora as principais informações de “tr2” o qual não possui muita diferença.

### **3.2 ASPECTO CONSTRUTIVO DO SEGUNDO TRANSFORMADOR**

O transformador “tr2” possui o mesmo formato do anterior, diferenciando apenas no material com que as bobinas foram enroladas e na quantidade de espiras. No primário foram contadas 90 espiras de fio esmaltado de alumínio AWG nº 13, enquanto que no secundário 1.800 espiras de fio de cobre esmaltado AWG nº 21, com as mesmas 3 espiras de fio de alumínio  $1.5\text{mm}^2$  revestido de tecido de PVC.

Desenvolvendo a relação de transformação de “tr2”, através da equação (2) tem-se o resultado de 2.540V, para o secundário. Fazendo uso da equação (3) percebe-se que a relação de transformação entre espiras é de 0,05/1.

### **3.3 MONTAGEM**

Após a desmontagem e colhidos os dados do “tr1” original, passamos a realizar o processo de montagem do novo transformador que daremos o nome de “Ntr1”.

Mantendo o enrolamento primário, pois a nossa entrada será de 127 V, foi necessário projetar um novo enrolamento secundário com o objetivo de obter uma tensão entre 0 e 35V , e relação de transformação entre espiras de 8/1, tornando este um transformador abaixador.

Reutilizando fio condutor flexível de 6 mm<sup>2</sup> equivalente ao fio 3 AWG reciclado de instalação elétrica residencial. Foi necessário desencapá-lo, visto que de acordo com a norma NBR 5410:2004, seu revestimento de Policloreto de Vinila (PVC) não suporta altas temperaturas, proveniente de uma alta corrente que percorre o condutor durante o processo. Os valores de corrente serão apresentados na seção de resultados.

Com o condutor já desencapado aplicou-se três camadas de verniz eletroisolante “VERNIZ IMP LACKTH 1303 B” próprio para enrolamento de motores e transformadores, para que o mesmo não viesse a se desenrolar, com intervalo para secagem de 3 horas entre demão.

Feito isto confeccionou-se a nova capa protetora, onde optou-se pelo tecido de algodão, por ter uma espessura menor do que o cordão normalmente utilizado, com aproximadamente 3 mergulhos no mesmo verniz, tendo intervalo entre demão de três horas e a última por um período de 24 horas para cura total como orienta o fabricante.

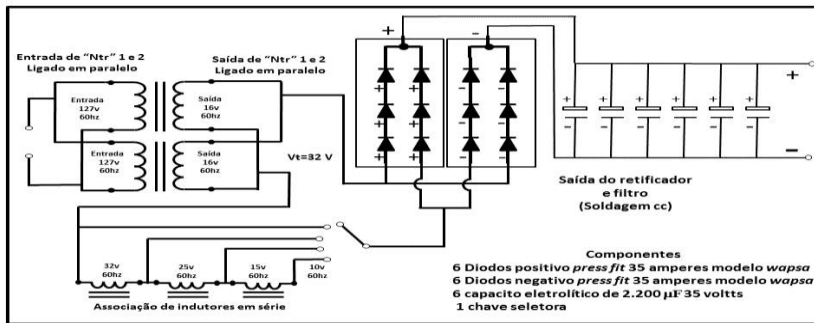
Para o preparo da carcaça do “Ntr1” é necessário limpar com escova de aço para retirar todas as impurezas e escória do antigo verniz, para então acomodar a bobina do secundário. Usando 10m de condutor montou-se 16 espiras no secundário de “Ntr1”, prendendo a bobina com fita crepe para ajudar na isolação da mesma. Todo este mesmo processo foi feito com “Ntr2” resultando em 32 espiras ligadas em série, sendo alimentados ambos com a tensão alternada da rede de 125 V.

O fechamento de “Ntr1” e “Ntr2” é finalizado pelo cordão de solda com eletrodo revestido de 2,5 mm. Por fim, para melhoria da fixação e atenuação da vibração e aquecimento das bobinas realiza-se o banho em verniz, em pelo menos duas vezes.

Para a caixa do protótipo foi utilizado a capa que protege o circuito do forno de micro-ondas. Marcando-se com uma trena o meio superior da capa e feito apenas uma dobra obtendo-se uma caixa, já para a tampa traseira e frontal foi utilizado uma chapa de MDF de 9mm. Para visualizar o interior do protótipo em sua lateral foi feito uma abertura de 220 mm x 180 mm possuindo uma proteção de acrílico transparente. Instalou-se um disjuntor de 20 A, responsáveis pela proteção do circuito. O sistema de refrigeração forçado é através de dois ventiladores ligado em série com a chave liga desliga do circuito. Uma lâmpada indica quando o protótipo está energizado.

Com o objetivo de se fazer um controle de corrente para aplicação em diversos materiais, visto que como na saída de “NTR” se obteve 32 V, foi necessário a instalação de um indutor com derivação de 10, 20 e 25 espiras, enrolada com o mesmo condutor do secundário. Tal indutor de derivação foi conectado a uma chave de três posições para facilitar a mudança de tensão, possibilitando assim o controle nos seguintes níveis de tensão 10 V, 20V, 25V e 32V. A corrente possui uma relação inversamente proporcional a tensão, isto é, ao aumentar a tensão se reduz a corrente na saída, melhorando a estabilidade do arco na figura 10 podemos observar o esquema elétrico do protótipo.

Figura 10 - Esquema elétrico do protótipo.



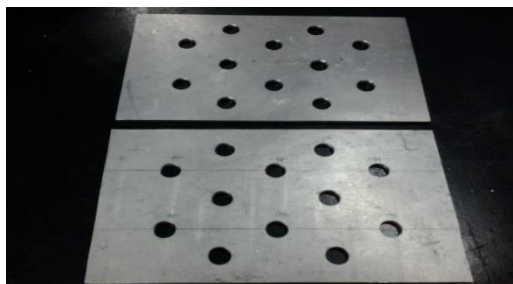
Fonte: Autor.

Após apresentação do esquema elétrico do protótipo com seus principais componentes destacando a ponte retificadora, onde a mesma será detalhada no próximo tópico seguido pelo banco de capacitores.

### 3.4 PONTE RETIFICADORA

Para construção da ponte retificadora utilizou-se 6 diodos para o ramo da polaridade positiva e 6 diodos para o ramo da polaridade negativa, modelo “*press fit*” 35 A tipo “*Wapsa*” reforçado indicados na Figura 11 (b), retirados de alternador de carro e carregador de baterias que possuem a sua base metálica em contato com uma peça de alumínio, chamada de dissipador de calor mostrado na Figura 11 (b). Os mesmos foram prensados em furos distribuídos paralelamente em duas chapas de alumínio de dimensões 0,3 mm x 210 mm x 130 mm, sendo responsável pela dissipação do calor gerado nos diodos.

Figura 11 (a) - Chapa de alumínio utilizado como dissipador de calor, (b) Diodo *press fit* 35



(a)

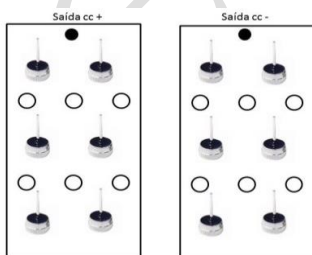


(b)

Fonte: Autor.

Para a ligação da placa retificadora na saída do “NTR” realizou-se o procedimento de conectar um dos condutores de saída de “NTR” aos três diodos do ramo de polaridade positiva e três diodos do ramo de polaridade negativa, formando assim o polo positivo de uma das placas. O outro condutor de saída de “NTR” foi conectado a chave seletora de três posições que ligada aos outros três diodos do ramo de polaridade positivos e aos outros três diodos negativos, dando origem a saída negativa da outra placa, como mostra a Figura 12 (a) Na figura 12 (b) observamos o protótipo da placa retificadora.

Figura 12 (a) - Esquema simbólico (b) Protótipo da placa retificadora.



(a)

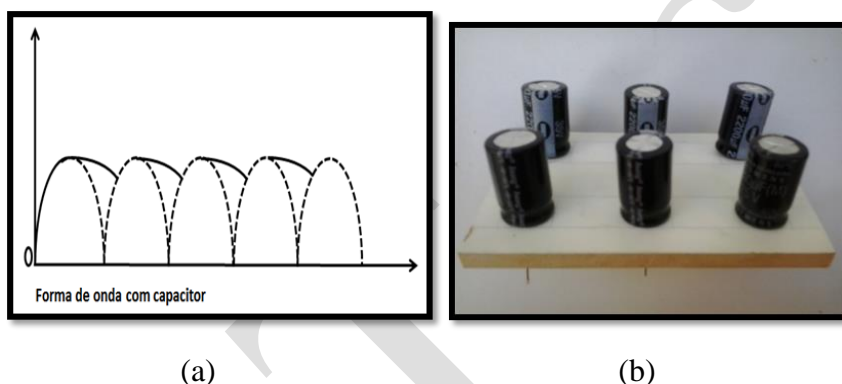


(b)

Fonte: Autor.

Para que a forma de onda apresentada na Figura 13(a) seja a mais contínua possível, se faz necessário a inserção de filtragem provinda de um banco de capacitores. Neste projeto utiliza-se 6 como mostra a Figura 13(b) capacitores de  $2.200 \mu\text{F}$  que suportam uma tensão de 35 V fixados em uma placa de MDF de 0,9 mm x100 mm x 80 mm por ser um material isolante.

Figura 13 - Forma de onda com capacitores.



Fonte: Ahmed (a), Autor (b).

#### 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como já citado, uma fonte para soldagem deve ser capaz de gerar na saída corrente e tensão com características adequadas para um ou mais processos de soldagem, ou seja, tensões baixas e correntes altas.

No ponto em que o protótipo foi conectado a tensão é de 125 V. A corrente de entrada do circuito em aberto é de 15,7 relativamente alta com “Ntr1” e “Ntr2” ligados em paralelo.

Com o secundário de “NTR” operando a vazio obteve-se uma tensão em corrente alternada de 32 V, a chave seletora é responsável pela variação da tensão de 10 V a 32 V.

Com a inserção de um banco de capacitores totalizando 13.200  $\mu\text{F}$  se teve um ganho de 16 V resultando em 48 V quando o mesmo se descarrega, dando um ganho maior no processo de soldagem facilitando a penetração do material depositado em peças de maior espessura. Após a abertura do arco tem-se uma nova perda, no qual a tensão de saída se aproxima de 39 V por conta da elevação da corrente em regime de trabalho.

Utilizando eletrodo de 2.5mm sem o uso dos capacitores, percebe-se um aumento nos respingos de solda visto na figura 14 (a), já com os capacitores isto não acontece, como mostra a figura 14 (b), por outro lado é possível ouvir uns estalos provindos da descarga dos capacitores no momento da abertura do arco.

Figura 14 - a) Respingo de solda sem capacitor, b) respingos de solda com capacitor.



Fonte: Autor.

De acordo com a relação de transformação de corrente dada pela equação (4) onde é conhecido que para:  $I_1=15.7\text{A}$ ,  $N_2=32$  espiras e  $N_1=215$  espiras obteve-se uma corrente nominal de  $I_2=106\text{ A}$  amperes,.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (4)$$

Onde:

$I_1$  = Corrente no enrolamento primário (A),

$I_2$  = Corrente no enrolamento secundário (A),

$N_2$  = Número de espiras no secundário,

$N_1$  = Número de espiras no primário.

Para então se saber a potência na saída do protótipo é preciso fazer uso da equação (5) dada pela lei de Ohm, em que a tensão de saída é de 32 V e a corrente de 106A, resultando em uma potência de trabalho de aproximadamente 3.392 Watts (W).

$$P = V * I \quad (5)$$

Onde:

P = é a potência dada em watts (W),

V = é a tensão dada em volts (V);

I = é a corrente dada em amperes (A).

Com este valor de corrente obtido de acordo com Marques (2009, p. 185), afirma que: Pode se utilizar eletrodo de 2,0mm, e 2.5mm.

Tabela 1 - As faixas típicas de parâmetros elétricos de operação para diferentes eletrodos revestidos

Eletrodo	AWS E 6010		AWS E 7018	
	Corrente (A)	Tensão (V)	Corrente (A)	Tensão (V)
2,0	50-70	18-28	50-90	20-30
2,5	60-100		65-105	
3,25	80-150		110-150	
4	105-205		140-195	
5	155-300		195-270	
6	195-350		225-355	

Fonte: Marques (2009).

Com relação ao ciclo de trabalho do protótipo em estudo de acordo com Veiga (2011, p.192), este ciclo é expresso em porcentagem, considerando um ciclo base de 10 minutos dado pela equação (6). Quando se deseja trabalhar com uma determinada corrente  $I_x$  se obtém  $X\%$  ou vice-versa.

$$\frac{I_x}{I100\%} = \frac{\sqrt{100\%}}{x\%} \quad (6)$$

Onde:

$I_x$  é a corrente que se deseja trabalhar;

$I100\%$  é a corrente com ciclo de 100%;

$\sqrt{100\%}$  = Raiz quadrada de 100%

$x\%$  é o ciclo de trabalho desejado.

Na figura 15 (a) e (b) podemos observar o protótipo concluído.

Figura 15 - Protótipo concluído.



Fonte: Autor.

Por exemplo, o protótipo operando com uma corrente nominal de 106 A fornece 50 A a um ciclo de trabalho de 40%, isto significa que o equipamento durante 4 minutos fornece 50 A ficando os outras 6 sem trabalho para refrigeração, desta forma o operador é capaz de definir a corrente que deseja trabalhar em um determinado ciclo de trabalho.

Comprovando teoricamente que o protótipo em estudo se enquadra entre as fontes comerciais que de acordo com Veiga (2011, p.192) “A norma NEMA (*Natural Electrical Manufacturing Association*) estabelece três classes de equipamentos: Classe I o seu ciclo de trabalho é de 60,80 e 100%, na classe II o ciclo é de 30,40 e 50% e na classe III o ciclo é de 20%”. Se o operador deseja trabalhar com um valor mínimo de corrente exigido na tabela 1 em um ciclo de trabalho de 4 minutos comprova que o ciclo de trabalho do protótipo é de 40%. Quando na prática o protótipo apresenta deficiência, o

arco elétrico não se estabiliza devido a corrente ser muito baixa ao elevar a corrente superaquece os enrolamentos.

## **5 CONCLUSÃO**

De acordo com os resultados obtidos chega-se a conclusão de que não é possível a reutilização de peças e componentes neste projeto, pois o mesmo apresenta algumas deficiências. Quanto a viabilidade do mesmo requer estudos mais detalhados relacionados às dimensões dos transformadores e possível controle de corrente e de temperatura, com o circuito operando em um ciclo de trabalho de 4 minutos o arco elétrico não se estabiliza, também foi detectado um aquecimento excessivo nos enrolamentos primário, mesmo tendo uma refrigeração forçada por 2 ventiladores.

Por outro lado devido a facilidade de acesso a esses componentes eletrônicos, abre-se o caminho para novas pesquisas quanto a sua reutilização, que trará uma pequena contribuição para a preservação do meio ambiente, bem como a redução na extração dos recursos naturais, os quais estão cada vez mais escassos.

# **PART REUSE AND ELECTRONIC COMPONENTS IN CONSTRUCTION OF A POWER SUPPLY FOR WELDING PROCESS WITH STICK**

## **Abstract**

With the growth of waste electrical and electronic equipment in Brazil and the world, the theme of this work is the construction of a power source for welding process with coated electrodes from reused parts and components of obsolete electronic equipment discarded by the population as way to contribute in reducing the problems caused to the population and the environment due to electronic waste disposed of incorrectly. The methodology used was through the reverse process, through recycling, separation, removal of equipment, removal of components and parts and analysis to check its efficiency. The viability of this project requires more detailed studies related to the dimensions of transformers used and possible temperature control, with the prototype operating in a 4-minute work cycle it is perceived overheating in the primary windings, even with a cooling forced by 2 fans causing a reduction in prototype act efficiency. On the other hand because of the ease of access to these electronic components, opens the way for further research as its reuse, which will contribute in this way to preserve the environment, and the reduction in the extraction of natural resources, which are increasingly scarce.

**Keywords:** Solid waste. Power source for welding. Reverse engineering.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE (2015). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>.

Acesso em: 23 de nov. 2014.

AHMED, A. **Eletrônica de Potência**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000.

CATHEY, J. J. **Teoria e Problemas de Dispositivos e Circuitos Eletrônicos**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

DANIEL, M. P. **Resíduo eletrônico, fruto da modernidade: diagnóstico do uso da Informática na Prefeitura de Londrina entre os anos de 1993 a 2014**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

FERNANDES, R. G. **Estudo de técnicas de recuperação de metais de resíduo de equipamento eletroeletrônico**. 2014. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GUARNIERI, P. **Logística Reversa: Em Busca do Equilíbrio Econômico e Ambiental**. Recife: Editora Clube de Autores, 2011.

GUSSOW, M. **Eletricidade Básica**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1997.

LEI, Federal. Nº12.305/2010. **Política Nacional de Resíduo Sólido**. Distrito Federal, Brasil

Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 12 set. 2014.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: Fundamentos e tecnologia**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009.

NBR 5410: 2004. **Instalações elétricas de baixa tensão** Segunda edição versão corrigida 17.03.2008. Disponível em: [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr\\_5410.pdp](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdp). Acesso em: 13 de mai. 2016.

ROVIRIEGO, L. F. V. **Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SCHONARDIE, M. F. **Estudo e Implementação de um Transformador de Alta -frequência para Fonte de Soldagem – Estudo de Diferentes Topologias para Obtenção de Corrente de Saída Alternada**. 2005. Programa de (Pós-graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SPITZCOVSKY, D. Planeta Sustentável. **ONU lança primeiro mapa global de lixo eletrônico**. 2013. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/onu-lanca-primeiro-mapa-global-lixo-eletronico-e-lixo-world-map-763469.shtml>>. Acesso em: 08 set. 2014.

STEP, Initiative. **Solving The E-Waste Problem**. Overview of e-waste related information – Brazil. 2014. Disponível em: <[http://step-initiative.org/index.php/verview\\_Brazil.html](http://step-initiative.org/index.php/verview_Brazil.html)>. acesso em: 21 nov. 2015.

VEIGA Emílio. **Soldagem de Manutenção** / Emílio Veiga. – São Paulo: Globus, 2011.

YAMANE, L. H. **Recuperação de Metais de Placas de Circuito Impresso de Computadores Obsoletos Através de Processo Biohidrometalúrgico**.

2012. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

XAVIER, L. H., CARVALHO, T. C. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**. – 1. Ed. – Rio de Janeiro : Elsevier, 2014.

e-TEC

# **RECONHECIMENTO DOS RISCOS A SAÚDE DO TRABALHADOR NO PROCESSO DE SOLDAGEM COM ELETRODOS REVESTIDOS**

**VANDERLEI RIBEIRO<sup>1</sup>**  
**SAULO AGUIAR SAES<sup>2</sup>**  
**ANTONIO CARLOS RODRIGUES<sup>1</sup>**

## **Resumo**

Empresas de todos os tamanhos e seguimentos veem vivenciando um cenário extremamente competitivo, tendo de enfrentar desafios e demandas relacionados com a sua lucratividade, tecnologia e desenvolvimento sustentável. Para transformar essa competitividade em vantagens para a empresa é necessário manter e aperfeiçoar seu desempenho operacional sistematicamente de forma a prevenir perdas, nessa perspectiva um ambiente de trabalho saudável é crucial, para tanto é necessário uma cultura de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS). Este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico dos riscos ambientais presentes nos processos de soldagem com eletrodos revestidos, os quais podem afetar a saúde, segurança, bem estar e a eficiência dos trabalhadores. Além de identificar os riscos ambientais, os quais os trabalhadores estão expostos no seu dia a dia, este estudo mostra como são realizadas as avaliações destes agentes no local de trabalho, indicando medidas de proteção individual para que estes riscos sejam completamente eliminados ou atenuados, visando à

---

<sup>1</sup> Discente do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, [vanderlei.r@hotmail.com](mailto:vanderlei.r@hotmail.com).

<sup>2</sup>Especialista em Gestão Industrial (UTFPR), Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, [saulo.saes@fiepr.org.br](mailto:saulo.saes@fiepr.org.br)

preservação da saúde e integridade física dos trabalhadores.

**Palavras-chave:** Riscos à saúde; Soldagem; Proteção.

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho de soldagem com eletrodo revestido, é um dos ofícios que pode trazer danos à saúde aos trabalhadores, não somente pela solda mas pelo fato do ambiente de trabalho muitas vezes apresentar algum tipo de risco, muitas vezes são químico, físico, biológico, mecânico ou ergonômico. Estes riscos se encontram nas formas de fumos metálicos, gases, poeiras, partículas, radiações, vibrações, ruídos, calor, produzidos nos processos de soldagem. Além de todos estes riscos, o soldador está susceptível a riscos de acidentes como batidas, choques elétricos, queda de peças, respingos, ambientes sem ventilação, temperaturas elevadas e fagulhas de solda. Existem também os problemas do ato de soldar, o fluxo de trabalho, a jornada de trabalho, o ritmo imposto, as condições de máquinas e equipamentos, a ausência de equipamentos de exaustão, enfim, os mais diversos problemas existentes nas empresas metalúrgicas, contribuem para criar um ambiente de trabalho prejudicial à saúde do trabalhador.

Este trabalho será executado com uma revisão de literatura de modo a identificar possíveis riscos existentes no processo de soldagem com eletrodo revestido.

Justifica pelo fato de muitas vezes o processo de solda ser executado,

---

<sup>1</sup> Especialista, Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina,

cada vez com frequência, por profissionais com falta de informação e conscientização fato que faz cada vez mais soldadores em algum momento da sua vida profissional apresente alguma doença do trabalho.

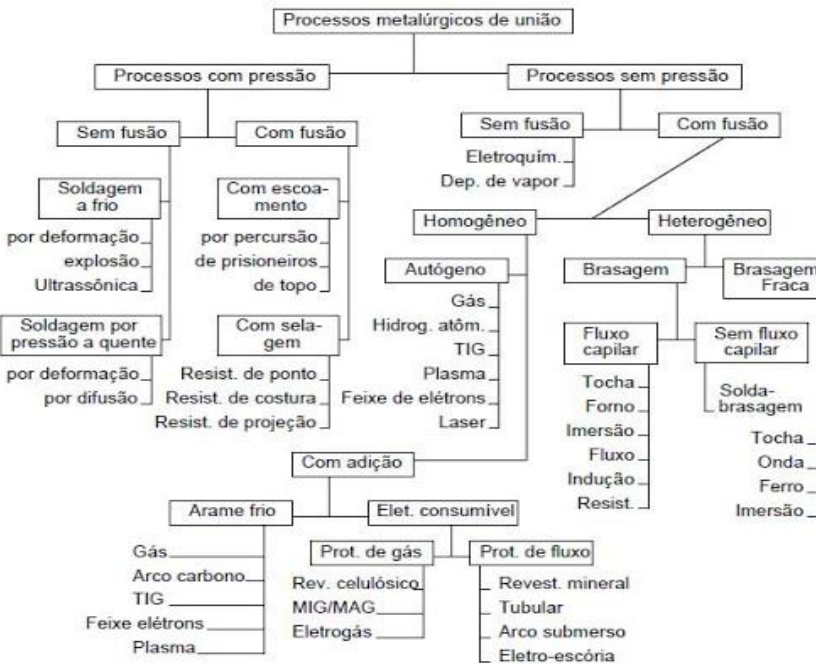
## **2 PROCESSO DE SOLDAGEM**

O acontecimento de um arco elétrico é a descarga elétrica, este calor que é produzido é o suficiente para fundir o eletrodo e a peça de trabalho, o metal de base.

Gotas do metal do eletrodo é diretamente transferido através do arco para a poça de fusão, estas são protegidas da atmosfera ambiente pelos gases produzidos durante a decomposição do revestimento a escória líquida boia em direção à superfície da poça de fusão, onde protege o metal da solda da atmosfera durante a solidificação (BRANDI, 1992).

## 2.1 PROCESSOS DE SOLDAGEM

Figura 1: Tipos de processos de soldagem

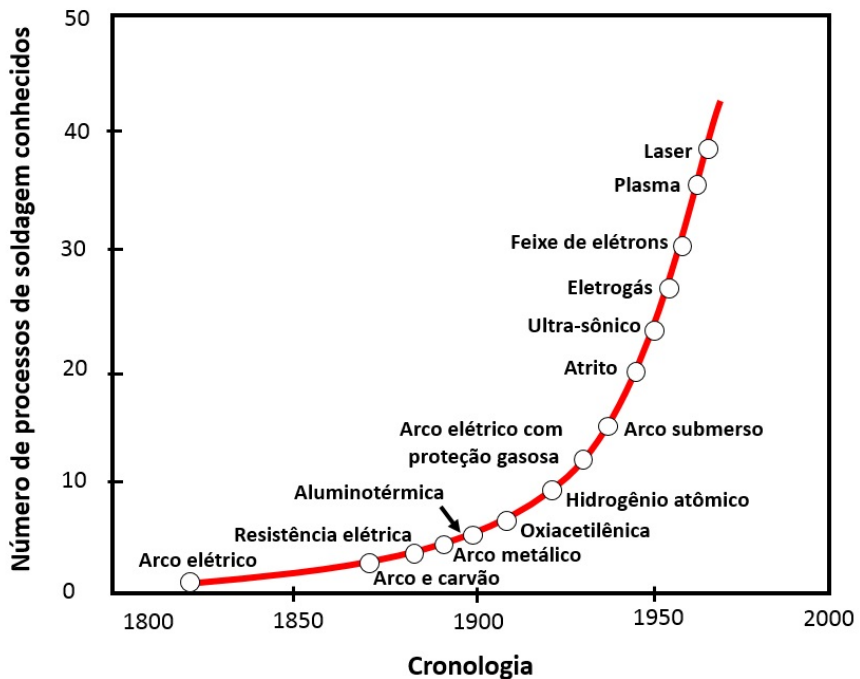


Fonte: MESSLER, 1999.

Esta operação tem o objetivo tem os mais variados fins, para a recuperação de peças e equipamentos, peças desgastadas ou a formação de revestimento, para a obtenção de união de peças terá propriedades físicas, químicas e metalúrgicas pelo aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a aplicação de metal de adição. Entretanto, a soldagem existe cerca de 100 anos, a brasagem e a soldagem por forjamento têm sido utilizadas deste épocas remotas existe um exemplo no Museu do Louvre, um pingente de ouro este pode ter sido soldado e que foi fabricado na Pérsia, por

volta de 4000 AC. (WEMAN,2005).

Figura 2: Evolução do processo da soldagem.



Fonte: Adaptado de BRANDI, 1992.

## 2.2 Processo de soldagem com eletrodo revestido

Processos de soldagem por fusão, ou arco elétrico são os mais utilizados amplamente nas indústrias, é um processo no qual a junção dos metais é obtida pelo aquecimento com um arco definido entre um eletrodo revestido e a peça metal base.

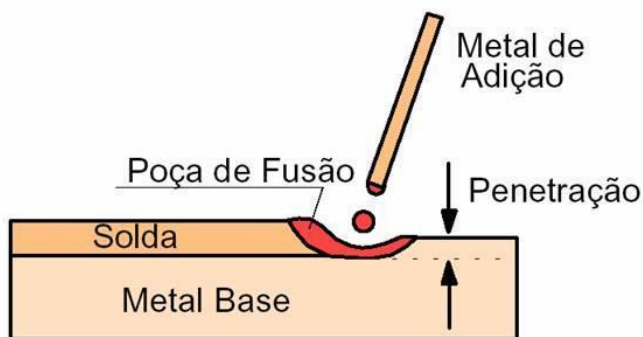
### FIGURA 3: ELETRODO REVESTIDO BRONZE 3,25MM



Fonte: do AUTOR, 2016.

O eletrodo é formado por um núcleo metálico, alma, recoberto por uma camada de revestimento. O eletrodo conduz a corrente elétrica, o metal de adição. O revestimento gera escória e gases que protegem o ambiente soldado e consolidam o arco. (MARQUES, 2005).

Figura 4: desenho esquemático de uma soldagem com eletrodo revestido.



Fonte: MARQUES, 2005.

Atualmente o processo de solda com eletrodo revestido ou a arco elétrico tem ganho cada vez mais o mercado, é um dos processos mais comum na atualidade e muito atrativo para trabalhos comerciais, os equipamentos produzem soldas fortes e de forma rápida, uma das

características são as uniões de aços com baixa liga e de baixo teor de carbono. (REX, 2013).

A soldagem com eletrodo revestido na maioria dos casos tem características parecidas com a peça de trabalho, o calor produzido pelo arco elétrico se funde na extremidade do eletrodo e a peça, o metal adicionado é transferido através do arco, para formar parte da solda. (PARANHOS, 2007).

### **3 CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS**

Operadores que trabalham com a técnica de soldar com eletrodo revestido estão expostos a muitos tipos de perigos, podem causar lesões graves e danos à saúde, pode afetar a integridade física e psíquica ou até mesmo a morte deste trabalhador, riscos químicos, físicos, biológicos, ergonômicos e riscos de acidentes de trabalhos são capazes de causar algum tipo de dano. (SESI, 2005).

Agentes físicos, mecânicos, riscos biológicos, ergonômicos e químicos tem grande potencial de causar danos à saúde do trabalhador, muitas vezes esses danos podem ser superficial dependendo da exposição ou duração podem ser irreversíveis. (HERZER, 1997).

Durante a soldagem o operador está próximo a riscos causados pelo arco elétrico produzido no ato de soldar, a exposições a fumos metálicos que desprendem, do metal que está sendo soldado e da composição do eletrodo.

Os danos causados pela exposição ao fumo de óxido de ferro e as partículas de óxido de ferro causa pneumoconiose benigna conhecida como siderose, não ocorre o enfraquecimento funcional do pulmão, nem desenvolvimento de tecido fibroso. (BURGESS, 1997).

### **3.1 Riscos físicos**

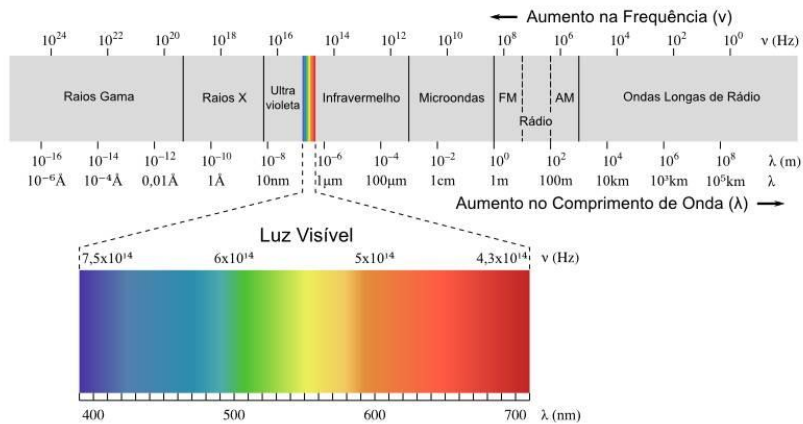
São perturbações ruidosas gerados por máquinas ou equipamentos em condições de trabalho ferindo a audição do trabalhador, queimaduras na pele, lesões nos olhos e em outros órgãos, projeção de fagulhas, escórias, calor excessivo ambientes muito quentes como caldeiras, espaço confinado, etc, vibrações, pressões anormais, radiações, umidade. (QUITES,2006).

#### **3.1.1 Exposição as radiações do arco voltaico**

A exposição dos operadores que se utilizam da soldagem a arco elétrico, ficam expostos a temperaturas superiores a 3.000°C, tal temperatura é capaz de produzir energia térmica e luminosa, essa temperatura desprendida, chamada de radiação eletromagnética, afetam os espectros ultravioleta (UV) e infravermelho (IV).

A Figura 2 mostra que as radiações de infravermelho e a ultravioleta causam danos visuais cutâneos e injúrias nas áreas do corpo, danos nos olhos como oftalmia elétrica, blefaritis crônica, conjuntivite, catarata, lesões traumáticas na região ocular, é considerado como enorme problema de saúde e segurança ocupacional para trabalhadores que estão envolvidos na operação de soldagem.

Figura 5: Espectro eletromagnético.



Fonte: QUITES, 2006.

Radiações Infravermelhas possuem comprimento de onda entre 700 nm e 50 000 nm, sendo considerada uma radiação baixa, na faixa de energia necessária para fazer os átomos de uma substância vibrarem sem provocar uma reação então ela é uma radiação não ionizante, entretanto radiações com comprimento de onda entre 400nm a 700nm consideradas mais altas, são prejudiciais aos olhos e ao corpo humano. (QUITES,2006).

### 3.1.2 Exposição ao ruído

O Ruído atua sobre o organismo humano de várias maneiras, lesando não só o funcionamento do aparelho auditivo como danificando a atividade física, fisiológica e mental do indivíduo dependendo da exposição e da intensidade. Ruídos acima de 60 decibéis (Db), prejudicam ao aparelho auditivo acarretando extremo desconforto, levando o indivíduo a problemas de concentração e resultando em alterações fisiológicas, porém ruídos de

impacto a 100dB são nocivos a saúde auditiva e tão prejudicial quanto a uma hora de exposição a 90dB, para ruídos e sons contínuos o limite de tolerância é de 85dB para uma jornada de 8 horas. (QUITES,2006).

### 3.1.3 Exposição a queimaduras

Uma queimadura é uma lesão na pele causada por calor, eletricidade, substâncias químicas, atrito ou radiação, podem ser total ou parcial, as que afetam a camada superficial da pele são consideradas pouco profundo ou de primeiro grau, as lesões afetam também partes das camadas inferiores são queimaduras de segundo grau. Quando todas as camadas da pele são atingidas pela queimadura essas são denominadas de terceiro grau, existem ainda lesões em tecidos mais profundos, como os músculos ou os ossos, que são denominadas queimaduras de quarto grau. (QUITES,2006).

### 3.1.4 Exposição a altas temperaturas ambientais

Principais características de exposição a altas temperaturas são as relacionadas ao da exposição ao sol, esses são causa de internações por insolação, desidratação caibras e hipotermia, são relacionadas a deficiência de ventilação, esta provoca o aumento da temperatura do corpo, a humidade relativa do ar quanto maior for essa humidade, dificilmente haverá a evaporação cutânea, roupas escuras e EPI inadequado, condições físicas o excesso de trabalho colaboram com a produção de calor do corpo, a alimentação excessiva tem relação com a digestão e há um aumento da temperatura corpórea. (QUITES,2006).

### 3.1.5 Riscos químicos

Formado por agentes agressivos capazes de causar danos irreversíveis ao trabalhador, podem estar na forma líquida, sólida e ou gasosa, ao entrar em contato, ingerido ou absorvido pelo organismo podem levar a óbito, fumos e gases gerados no processo de soldagem podem ser nocivos à saúde, partículas de óxido de ferro, chumbo, mercúrio quando absorvidos pelo organismo, podem produzir reações tóxicas e danos à saúde. (MENDES, 2007).

### 3.1.6 Fumos gerados na soldagem

No ato do acontecimento do arco elétrico se desprendem vários óxidos de metal e fumaça, por longo-tempo podem causar doenças agudas e crônicas quando inalados, podem ocorrer a inflamação do sistema respiratório e pulmão e levam a febre do fumo metálico.

Comumente, a doenças do tipo como a pneumoconiose acontece em ambientes sufocado e com deficiência de ventilação, essa doença em especial ocorre com trabalhadores que se submetem a no mínimo 18 anos de trabalhos nessas condições, além disso, o hábito de fumar com a exposição desses óxidos podem causar consequência na desempenho pulmonar, um período muito longo respirando esse tipo de fumaça em ambiente com ausência de ventilação, como, construção de cabina de navio, caldeiras ou espaço confinado, levam o trabalhador a apresentar alguma disfunção no comportamento do sistema nervoso, podem ocorrer alterações das funções humanas, como dificuldade de recordação, análise de situações, levam a ter disfunções neurofisiológica, neuropsicológica e neuro-etológica, está

fortemente conexo a tipos de solda com manganês, alumínio e chumbo quando essas estão presente em fumaça de solda.

A febre de fumo de solda, também conhecida como febre de soldador, é um mal sistêmico com a presença de febre súbita aumentando os glóbulos brancos periféricos, esse motivo da doença é provocado pela a inalação de óxido de metal presente na soldagem, a absorção dessa fumaça mesmo que em baixa concentração durante longo tempo, podem causar problemas de bronquite, enfisema e cirrose pulmonar, ao se expor a fumaça de óxido de metal, o efeito da doença manifesta-se de 6 a 12 horas depois da inalação, seguido de sintomas de vertigem, sensação de fraqueza, impressão de aperto no peito, dificuldade de respiração, dores musculares e juntas, seguidamente o paciente tem febre e leucocitose, em casos mais graves, sente calafrios e treme, ainda pode acarretar riscos de Síndrome de Parkinson.(QUITES,2006).

### 3.1.7 Gases gerados na soldagem

Gases tóxicos gerados no método de soldagem são classificados como asfíxiante e tóxicos o monóxido de carbono e a combinação de um ambiente sem ventilação ou fechados pode levar ao envenenamento, a fadiga, dores de cabeça, no peito, dificuldade de concentração e inconsciência.

Dióxido de nitrogênio está presente no processo esse é o mais perigoso, a concentração de 15ppm leva a irritação dos olhos e lacrimejamento, concentrações mais altas podem levar a bronquite aguda, fibrose edema pulmonar seguida de tosse violenta, tontura, falta de ar, náuseas estes sintomas aparecem de 3 a 30 horas depois da exposição apenas 1ppm em 8 horas e suficiente para estes sintomas. (QUITES,2006).

### **3.2 Risco Ergonômicos**

Esforço físico, levantamento e transporte manual de pesos, exigências de postura cansaço físico, dores musculares, fraquezas, hipertensão arterial, diabetes, úlcera, doenças nervosas, mal iluminação, situação de estresse, trabalhos em período noturno, jornada de trabalho prolongada monotonia, repetitividade imposição de rotina intensa, tais riscos podem gerar distúrbios psicológicos e fisiológicos LER (Lesões por esforços repetitivos), DORT (Distúrbios Osteoarticular Relacionados ao Trabalho), alteração do sono, diabetes, doenças nervosas, taquicardia, doenças do aparelho digestivo como gastrite e úlcera, tensão, ansiedade, problemas de coluna. (GOIAS, 2012).

#### **3.2.1 Posturas Corporais**

A maneira correta de postura é qualificada por um balanceamento dinâmico de várias partes corporais, nos planos sagital, longitudinal e axial, e em suas mais alteradas posições, distinguindo-se por um máximo de eficiência fisiológica e biomecânica promovendo um mínimo de esforço e tensão, o aumento excessivo das curvas da coluna vertebral acontece de posturas viciosas, ficando desagradável do ponto de vista estético e podendo originar problemas psicológicos. (MOMESSO, 1997).

#### **3.2.2 Repetição de esforços**

Trabalhadores que se utilizam de solda elétrica, posturas muito desconfortáveis são exigidas, equipamentos pesados causam lesões estáticas sobre os ombros e braços, nas operações que exigem de solda sobre cabeça, discos intervertebrais do pescoço sofrem maior compressão, e as ocorrência

de distúrbios musculoesqueléticos tem sido associada ao trabalho de soldagem. (RONNEY, 1994).

### **3.3 Risco de Acidentes**

Arranjo físico deficiente, layout inadequado, esgotamento físico, máquinas sem proteção iluminação deficiente, fadiga, problemas visuais, falta de sinalização, falta de organização acarretam traumas severos ao trabalhador, ferramentas inadequadas ou defeituosas eletricidade incêndio ou explosão animais peçonhentos. (MENDANHA, 2011).

#### **3.3.1 Exposição a impactos mecânicos e cortes**

No Brasil é prática corrente nas empresas, investigações que atribuem a ocorrência do acidente a comportamentos inadequados do trabalhador (descuido, imprudência, negligência, desatenção.). Estas investigações evoluem para recomendações centradas na mudança de comportamento: “prestar mais atenção”, “tomar mais cuidado”, “reforçar o treinamento”. Este tipo de concepção pressupõe que os trabalhadores são capazes de manter elevado grau de vigília durante toda a jornada de trabalho, o que é incompatível com as características bio-psico-fisiológicas humanas. Em consequência, a integridade física do trabalhador fica na dependência quase exclusiva de seu desempenho nas tarefas. (BINDER,2000).

### **3.4 Risco Biológicos**

Alguma concentração líquida ou gasosa que contenha qualquer traço de informação genética que sozinho pode se multiplicar ou de se reproduzir, provocando a acontecimento de efeitos atribuídos à saúde humana, animal e

ao ambiente, em efeito da manipulação de agentes ou material biológico infectado. (BRASIL, 2010).

#### **4 EFEITOS FISIOLÓGICOS**

Nos processos de soldagem com eletrodo revestido podem produzir ruídos, esses ruídos muitas vezes são gerados do próprio processo, materiais metálicos ao se tocarem ou baterem podem produzir uma intensidade elevada de ruído. (PARANHOS, 2007).

A exposição por um período muito longo pode levar o trabalhador a perda de audição, produtividade, irritação, normas regulamentadoras estabelecem os limites de tolerância e tempo de exposição em que um trabalhador pode ficar exposto durante sua atividade laboral. (FANTAZZINI, 1997).

Durante o processo de soldagem uma quantidade considerável de energia se desprende do arco elétrico na forma de ondas eletromagnéticas, podem produzir diversos tipos de radiações como ultravioleta, infravermelho, essas radiações podem provocar queimaduras na pele e nos olhos, na maioria dos casos os sintomas se apresentam com efeito retardado sendo, portanto notados somente depois de algumas horas após a exposição. (FANTAZZINI, 1997).

Fumos e gases se desprendem do processo de soldagem de, ferro, manganês, alumínio, cromo, chumbo, níquel, partículas desse metais são liberados no estado sólido, óxido de manganês, fluoreto de hidrogênio, óxido de nitrogênio. Tais fumos e gases metálicos são tóxicos, partículas sólidas muito finas são imperceptíveis. (MATHEUS, 2009).

## **5 EFEITOS SOBRE A SAÚDE**

Muitos acidentes ocorrem não pelo fato da não utilização dos EPI (equipamento de proteção individual) e EPC (equipamento de proteção coletiva), mas fumos e gases tóxicos, ruídos acima dos limites, queda de peças e radiações são causas primárias de afastamento do operador de sua profissão, diagnósticos desde uma simples dor de cabeça até o câncer. (QUITES, 1979).

Riscos emanados do processo de soldagem são explícitos, principalmente quando se refere a ventilação, pois gases provenientes do processo podem acarretar danos ao aparelho respiratório e pulmões do trabalhador, outros riscos como as de queimaduras de pele e danos aos olhos. (VEIGA, 2011).

O soldador por mais que se proteja jamais estará livre de acidentes, quem se utiliza deste processo está susceptível a radiação de calor e temperatura da própria peça soldada, não deve descartar risco de acidentes com transeuntes como fagulhas e respingos de solda. (REX, 2013).

## **6 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAIS**

Mangotes, aventais, perneiras, luvas de couro e roupas adequadas para a execução de soldagem para proteger a pele de queimaduras e choques físicos, óculos de segurança com proteção UV e proteção lateral para proteção ocular, capacete de soldagem com o de filtro de proteção adequado, proteção lateral para evitar a radiação proveniente do arco elétrico. (QUITES, 1979).

Não se pode controlar a direção das fagulhas, roupas adequadas se faz

necessário para proteção da pele, jaquetas de couro, calças de couro protegem o corpo do soldador, roupas de algodão para ser a prova de fogo são mergulhadas em uma solução de silicato de sódio em água morna, boné para proteção da cabeça, botas sem cadarço de couro para proteção dos pés, óculos para proteção dos olhos contra projeções de fagulhas e respingos, máscaras de proteção do arco elétrico com filtros dos raios UV, respiradores contra fumos e gases.(REX, 2013).

Em todos setores de soldagem se faz obrigatório o uso dos EPIs, luvas de raspa de punho longo, aventais, magotes de raspa, perneiras, máscaras e lentes apropriadas conforme a corrente da soldagem, tapumes para proteção de pessoas ao redor do operador. (VEIGA, 2011).

## **7 CONCLUSÕES**

Com base na revisão de literatura, pode-se concluir que os processos de soldagem traz riscos eminentes aos operários que se utilizam dos equipamentos de solda, riscos físicos, químicos, risco de acidente, biológicos, e ergonômicos são típicos riscos correlatas a função dos soldadores, porém vale destacar também o desconhecimento parcial por parte dos usuários sobre os perigos e efeitos maléficos causados por este processo, limites de tolerância são estipulados pela norma regulamentadora NR15 para minimização de riscos provenientes em um ambiente insalubre.

Ambientes que oferece riscos à segurança e à saúde do trabalhador, se faz necessário uma espécie de mecanismo competente que visem à integridade física das pessoas, pois mesmo que haja pouco tempo de exposição não ficam livres de adquirir algum tipo de doença laboral, a

necessidade de elaboração de uma política de segurança do trabalho e um treinamento adequado para o trabalhador, discutindo sobre redução na jornada, exposição diária aos riscos, no desígnio de melhorias contínuas do ambiente, bem como a saúde física e mental dos trabalhadores.

e-TEC

## **RECOGNITION OF OCCUPATIONAL HEALTH RISKS IN WELDING PROCESS WITH COATED ELECTRODES**

### **Abstract**

Companies of all sizes and segments see experiencing an extremely competitive environment, having to face challenges and demands related to their profitability, technology and sustainable development. To turn that competitiveness advantages for the company is required to maintain and improve your operating performance systematically to prevent losses in this perspective a healthy working environment is crucial for both a Safety is necessary, Environment and Health (SMS) . This paper aims to conduct a literature review of the risks present in the welding process with coated electrodes, which can affect the health, safety, welfare and efficiency of workers. In addition to identifying environmental risks, which workers are exposed in their day to day, this study shows how they are carried out evaluations of these agents in the workplace, indicating personal protective measures to ensure that these risks are completely eliminated or mitigated, aiming the preservation of health and physical integrity of workers.

**Keywords:** Health risks; Welding; Protection

## REFERÊNCIAS

MARQUES P. V., MODENESI, P. J., BRACARENSE A. Q. Soldagem Fundamentos e Tecnologia. UFMG, BH. 2005.

MOMESSO, R. B. Proteja sua coluna. São Paulo: Ícone, 1997.120 p.

RAMAZZINI, Bernardino. As doenças dos trabalhadores; tradução de Raimundo Estela. 3ª ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2000.

SILVA, Ângelo Augusto Negrão da. a influência da corrente elétrica de soldagem na análise geométrica do processo de soldagem do eletrodo revestido *bts* 7100. 2007. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/anais/creem/2007/PDF/0058.PDF>> Acessado em: 31 maio de 2016.

REX Miller, Don Geary Soldagem: Porto Alegre **Ed:** Bookman, 2ª ed 2013. 286p.

VEIGA, Emilio Processo de soldagem - eletrodos revestidos: São Paulo Ed Globus 1ª ed 2011 192p.

QUITES, A. M.; Dutra, J.C.Tecnologia da Soldagem a Arco Voltaico, Livro, EDEME, Florianópolis, 1979.

MATHEUS, Bruna P.; Daher, Maria José E. Risco químico relacionado aos fumos de solda e poeira metálica. Revista Rede de Cuidados em Saúde, n.3, v.3, 2009. Disponível em: <<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/rcs/article/viewFile/509/568>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

WEMAN, Klas. Uma história da soldagem, Edição Especial Tradução da Revista Svetsaren editada pela ESAB da Suécia, em comemoração aos 100 anos da 42 empresa. Revista Solução, pag.30. Abril. 2005. Disponível em:

[http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/revista\\_solucao/upload/Revista\\_Solucao\\_2\\_00505](http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/revista_solucao/upload/Revista_Solucao_2_00505). Acesso em 05 jun. 2016.

PARANHOS, Ronaldo, segurança na soldagem e Corte. Campos dos Goytacazes, RJ: 2ª ed 2007.

QUITES, Almir Monteiro, Segurança e saúde em soldagem/ Almir Monteiro Quites, Mirele Porto Quites, Florianópolis: Soldasoft, 2006 1ª ed 365p.

SESI. Dicas de Prevenção de Acidentes e Doenças no Trabalho: SESI – SEBRAE Saúde e Segurança no Trabalho: Micro e Pequenas Empresas. Brasília: SESI-DN, 2005. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivo>. Acesso em: 08 Jun. 2016.

MENDES, Paula. Agentes químicos perigosos – Algumas diretrizes práticas para implementação da legislação. Revista Tecnometal, n. 168, jan. fev. 2007. Disponível em: <[http://www.factorsegur.pt/artigosA/artigos/agentes\\_ quimicos\\_perigosos](http://www.factorsegur.pt/artigosA/artigos/agentes_ quimicos_perigosos)>. Acesso em: 04 Jun.2016

MENDANHA, Marcos Henrique. O que considerar como “risco de acidente”. Saúde Ocupacional, Medicina do Trabalho e Perícias Médicas. 2011. Disponível em: <http://www.saudeocupacional.org/2011/06/o-que-considerar-comorisco-de-acidente.html>>. Acesso em: 06 Jun. 2016.

GOIAS. Secretária do Estado de Gestão e Planejamento. Gerência de Saúde e Prevenção. Manual de Elaboração Mapa de Risco. 2012. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2012-11/manual-deelaboracao-de-mapa-risco.pdf>>. Acesso em: 06 Jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde. Classificação de risco dos agentes biológicos. – 2. ed. – Brasília:

Editora do Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: <http://www2.fcfar.unesp.br/Home/CIBio/ClassificRiscoBiologico.pdf>. Acesso em: 06 Jun. 2016.

FANTAZZINI, Mario Luiz. Coleção Tecnologia SENAI - Soldagem. 553p. São Paulo SP, 1997. Capítulo 1 Pag. 09 - Higiene e Segurança na soldagem.

BINDER, M.C.P. & ALMEIDA, I.M. Investigação de Acidentes de Trabalho – Mimeo, Jan. 2000. 15p

ROONEY, K.J. Hebert, R.D. e Balnave, R.J. Fatigues contributes to the strength training stimulus. *Medicine and science in sports and exercise*, v26n.9, p1164. 1994.

BURGESS, Willian A. Identificação dos possíveis riscos a saúde do trabalhador nos diversos processos industriais, Tradução de Ricardo Baptista Belo Horizonte, MG 2ª ed Ergo, 1997 232p.

HERZER, Lauro Stoll. CIPA: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. – Porto Alegre: Edição dos Autores, 1997.

MESSLER, R.W. Principles of Welding, Nova York: Wiley-InterScience. 1999, p. 662.

**Editora**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**SENAI LONDRINA - e-Tec- V2-2016**