

The cover features a dark green background with a white border. At the top, three vertical white lines extend downwards. The title 'INOVAÇÃO' is written in a large, white, bold, sans-serif font with a slight shadow effect, set against a dark green rectangular background. Below it, 'E TECNOLOGIA' is written in the same font style on a lighter green rectangular background. In the lower-left quadrant, three white circles of varying sizes are suspended from the top by thin white vertical lines.

**INOVAÇÃO**

**E TECNOLOGIA**

**EDITORA FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI LONDRINA**

## Ficha catalográfica

Inovação e tecnologia / Vicente de Lima Gongora (org.), Daniela Resende Faria (org.); Adriana Giseli Leite ... [et al.]. – Londrina : SENAI, 2014.  
348 p. : il. ; 23 cm.

ISBN 978-85-67993-01-0

1. Graduação em tecnologia - Paraná. 2. Qualificação profissional. 3. Perfis profissionais.

I. Gongora, Vicente de Lima (org.), II. Faria, Daniela Resende (org.), III. Carvalho, Adriana Giseli Leite. IV. Título.

Direitos reservados por: **Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina**  
Rua Belém, 844 – Londrina PR.  
43 -3294-5100

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem a autorização prévia e escrita da Editora Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Este livro 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 capítulos são de responsabilidade dos próprios autores.

## Sumário

|   |            |
|---|------------|
| <b>Prefácio.....</b>  | <b>5</b>   |
| <b>Introdução .....</b>   | <b>7</b>   |
| <b>Capítulo I – Automação do Processo de Costura de Meadas do Fio De Seda Utilizando Motores de Passo. ....</b>   | <b>8</b>   |
| <b>Capítulo II - O Desenvolvimento de Redes Inteligentes De Energia Elétrica No Brasil.....</b>                   | <b>33</b>  |
| <b>Capítulo III – <i>Retrofitting</i> Em Máquinas Industriais .....</b>   | <b>55</b>  |
| <b>Capítulo IV - Proposta Para Automação do Sistema de Contagem Métrica e Rebobinamento De Fita De Borda.....</b> | <b>73</b>  |
| <b>Capítulo V – Monitoramento De Rolamentos Por Ruído Sonoro e Temperatura .....</b>                              | <b>90</b>  |
| <b>Capítulo VI – Sistema De Automação Para Processo Produtivo Da Indústria Moveleira.....</b>                     | <b>107</b> |
| <b>Capítulo VII – Maximização De Lucros No Segmento De Tratores Linha Pesada .....</b>                            | <b>123</b> |
| <b>Capítulo VIII – Controle De Temperatura Em Dessolventizadores Tostadores.....</b>                              | <b>143</b> |
| <b>Capítulo IX - A Utilização de EPI’S Em Uma Empresa De Manutenção De Equipamentos Agrícola.....</b>             | <b>162</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Capítulo X – Proposta De Automação De Uma Linha De Produção De Alto Falantes .....</b>   | <b>181</b> |
| <b>Capítulo XI – Adaptação De Um Dispositivo De Segurança Em Uma Guilhotina Hidráulica .....</b>  | <b>199</b> |
| <b>Capítulo XII – Técnica De Modulação Delta Modificado Para Conversores Estáticos De Potência Conectados À Rede Elétrica De Distribuição .....</b> | <b>224</b> |
| <b>Capítulo XIII - Controle Implementado Em Dsp Para Cadeira de Rodas Acionada Por Sopro e Sucção .....</b>   | <b>236</b> |
| <b>Capítulo XIV – Estudo Do Controle Vetorial Por Lógica Fuzzy/PI Aplicado A Motor De Indução Em Baixa Velocidade .....</b>                         | <b>249</b> |
| <b>Capítulo XV - Estrutura Organizacional Na Gestão De Projetos .....</b>   | <b>261</b> |
| <b>Capítulo XVI – A Gestão De Projetos: Sua Importância E O Papel Do Gerente De Projetos .....</b>  | <b>278</b> |
| <b>Capítulo XVII – Desafios à Implantação Da Gestão Da Manutenção .....</b>   | <b>302</b> |
| <b>Capítulo XVIII – Metais: Conhecendo As Propriedades E Aplicações Dos Elementos .....</b>   | <b>328</b> |

## **Inovação e Tecnologia**

*A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina agradece o apoio fundamental de toda a equipe do SENAI Londrina, para a realização e conclusão desta obra.*

*Agradecimentos especiais:*

*Ao diretor da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina,*

*Almir Gaspar Schenfeld.*

*Ao coordenador de educação, Marcelo Antônio Strik.*

*Aos docentes pela primorosa contribuição.*

*Aos alunos do curso de pós-graduação que contribuem significativamente com a inovação e soluções tecnológicas, melhorando a competitividade da nossa indústria.*

*A Vera Schiewaldt Da Costa, pelo empenho e dedicação contribuindo agilizando o processo de publicação desta obra.*

## **Inovação e Tecnologia**

### **Prefácio**

Inovação e tecnologia, a inovação considerada atividade própria dos empreendedores como agentes transformadores de ideias em resultados e a tecnologia que evolui de forma dinâmica tanto na indústria quanto nas academias, foram os temas escolhidos para traduzirmos esta obra e o seu objetivo. Os trabalhos aqui apresentados representam ideias que de foram de tal forma sistematizadas que se transformaram em resultados práticos, muitas vezes, oriundos das demandas industriais ou fomentadas de forma dinâmica, através da pesquisa acadêmica visando solucionar as questões formuladas pelo mercado. Alunos e docentes de nossa instituição e de instituições parceiras mostram aqui os resultados do trabalho desenvolvido ao longo dos anos, para aperfeiçoar, ampliar e atualizar as competências dos profissionais envolvidos. Salienciamos ainda que, com o objetivo de consolidar no currículo a produção de conhecimento científico, considerando as especificidades disciplinares e a experiência técnica dos alunos, a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina propõe e incentiva fortemente a realização da pesquisa científica. Este elemento essencial no processo de ensino e aprendizagem auxilia na compreensão e atualização das áreas do conhecimento elevando o grau de competitividade e acelera a transformação da nossa sociedade. Esperamos que esta publicação inspire o leitor a ser protagonista de novas e criativas ideias, boa leitura!

## Inovação e Tecnologia



Inovação e tecnologia são temas em moda! Aqui no SENAI Londrina a série de projetos, pesquisas e consultorias realizadas ao longo de nossa história, beneficiando alunos, parceiros industriários e a comunidade local, é a prova que temos estado na moda nos últimos 65 anos.

O SENAI Londrina, na busca constante para elevar a qualidade do seu trabalho, tem-se pautado na capacitação dos docentes e da equipe pedagógica. O perfil profissional dos egressos dos cursos em todas as modalidades ofertadas têm sido modernizados buscando cada vez mais a sinergia com as necessidades do mundo do trabalho. A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, tem estado nestes últimos dois anos contribuindo para que o processo de inovação se consolide, de forma sistematizada. Apoiado na ação conjunta, de suas equipes, visando dar um salto de qualidade no atendimento das demandas, na qualificação profissional e inclusive no fomento de ideias e projetos para os novos empreendedores.



É muito bom falar deste tema, “transformar ideias em resultados.” O SENAI tem nestes últimos anos realizado uma série de projetos, pesquisas e ações em benefício de nossa comunidade, fato este concretizado, na formatura de nossos alunos, na entrega de projetos de pesquisa sob demanda, em uma olimpíada do conhecimento e nas consultorias. O prazer da realização percebido em nossos colaboradores é percebido, também, em nossos dedicados alunos servindo de inspiração para todos os demais.

Incentivador de empreendimentos e de soluções que atendam as necessidades de mercado, os projetos e parcerias o SENAI Londrina, agora com a Faculdade de Tecnologia, amplia o seu leque de oportunidades, oferecendo uma formação completa, profissional e tecnológica de qualidade e na velocidade que o mercado deseja. Tenho certeza de que a inovação apresentada nesta publicação vai se repetir, pois é a realização, é a concretização dos projetos de nossos alunos e colaboradores.

## Inovação e Tecnologia

### Introdução

Incentivar e preparar alunos para que busquem novos conhecimentos e habilidades, serem capazes de estar preparados para enfrentar as questões que os inquietam ao invés de esperar uma resposta pronta, dada pelo professor, é sem dúvida um dos grandes desafios propostos pela Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Atualmente a exigência de qualidade nas diversas modalidades de serviços prestados é cada vez maior pela moderna e competitiva sociedade, então é preciso inovar! Com isso, inevitáveis questões surgem de forma automática: Como inovar? Como permanecer competitivo em um mundo repleto de inovações e tecnologias de todo tipo? Estas questões não produzem uma única resposta correta, e a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina adotou, como resposta, reunir os conhecimentos e as soluções propostas por alunos, docentes e pesquisadores em publicações como esta. No primeiro momento visando divulgar a produção da nossa instituição, mas percebeu-se a tempo a grandiosidade da questão, e desta forma, surge esta publicação, como alternativa para que todas as instituições de ensino possam estar divulgando suas produções. Traduzir os complexos conhecimentos científicos para que nossa comunidade compreenda melhor, os avanços tecnológicos e principalmente abrir o caminho para novos empreendedores, alavancando e acelerando o desenvolvimento da nossa região transformando os resultados de pesquisas em soluções inovadoras, em tecnologia que de forma sistematizada, disponibiliza para a sociedade maiores oportunidades de produtos e serviços. Um modelo estruturado de desenvolvimento científico, com certeza muito rapidamente, possibilita melhores condições de saúde e de vida e de realizações. É desta forma, refletindo-se para solucionar os problemas formulados, se acredita que alunos e professores bem como empreendedores podem desenvolver continuamente formas de aprender e inovar. Tarefa fácil? Com toda certeza a resposta não é simples e não existe uma resposta certa, já pronta! A formulação de problemas, de questões, onde é possível encontrar um conjunto de respostas certas. Desta forma, o principal requisito é acreditar no seu potencial, acredite este é o desafio proposto e algumas soluções, podem ser verificadas e apresentadas nos capítulos que seguem. Espera-se que esta obra tenha continuidade e desperte o interesse de toda comunidade acadêmica podendo assim refletir, contribuindo com soluções práticas, inovadoras e tecnológicas que melhorem a nossa realidade.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo I – Automação do Processo de Costura de Meadas do Fio De Seda Utilizando Motores de Passo.

## AUTOMATION OF SKEIN OF YARN SEWING PROCESS USING STEPPER MOTORS

<FLÁVIO MASSAYUKI TANIGUCHI><sup>1</sup>  
<VICENTE DE LIMA GONGORA><sup>2</sup>  
<HELIO KIUJI KAYAMORI><sup>3</sup>  
<BRUNO ARMELIN GNANN><sup>4</sup>

**Resumo:** O tema é a “automação do processo de costura de meadas do fio de seda” para reduzir esforços repetitivos dos funcionários. Este trabalho tem como objetivo o estudo da possibilidade de uso do motor de passo nessa automação. Assim, devido às características de torque, estudou-se o princípio de funcionamento do motor de passo bipolar em passo completo, meio passo e micropasso. Por suas importantes características para essa automação, foi destacado o micropasso, abordando-se os motivos de seu uso e fatores que afetam em seu desempenho. Baseado neste estudo foram feitos ensaios num motor de passo bipolar de 200 passos, em 1/4 e 1/8 de passo completo, onde se verificou a redução das vibrações com o aumento de micropassos, uma satisfatória precisão dos movimentos, um torque elevado para a dimensão do motor em questão, concluindo-se dessa maneira que é possível o uso deste motor nesta aplicação.

**Palavras-chave:** Motor de Passo. Micropasso.

---

<sup>1</sup> <Engenheiro Eletricista>, <Especialista pela Faculdade de Tecnologia SENAI/SC>, <flaviotaniguchi@pop.com.br>

<sup>2</sup> <MESTRE>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina <Vicente.gongora@pr.senai.br>

<sup>3</sup> <Especialista Em Sistemas De Aplicações>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina >, <helio.kayamori@pr.senai.br>

## Inovação e Tecnologia

**Abstract:** The theme is the “automation of skein of yarn sewing process” to reduce the workers repetitive efforts. This research has as main objective verify the possibility of application of bipolar stepper motors in this automation. In such a manner, due to torque characteristics, the bipolar stepper motors operating principle in full step, half step, and micro stepping are discussed. Due to its important characteristics for this automation, the micro stepping is the main subject of this research, where is discussed its advantages and what affects its performance. Based on this research was performed experiments with a bipolar stepper motor of 200 steps, in 1/4 and 1/8 of full step, where was verified the reduction of vibrations with increasing the number of micro steps, a satisfactory precision of positioning, a high torque for small motor dimensions. In such a manner the conclusion was that is possible to use this motor for this application.

**Key-words:** Stepper Motor. Micro stepping

## 1 INTRODUÇÃO

O presente artigo refere se a etapa inicial do projeto de uma máquina de costura de meadas do fio de seda. Este processo consiste costurar as meadas do fio de seda enroladas em um carretel de madeira hexagonal, isto é, o fio enrolado apoia se em cada vértice do carretel, as áreas fora dos vértices são livres internamente permitindo a entrada da ferramenta de costura. Para a comercialização, o fio é enviado sem o carretel, assim, antes de se retirar as meadas (o carretel é retrátil para permitir a retirada das meadas), as meadas são costuradas de modo a manter unidas as voltas do fio de seda de modo a evitar o embaraço.

O principal objetivo deste trabalho é o uso da automação para a redução do esforço repetitivo em posições ergonômicas incorretas que acarreta consequências graves como dores nos braços, nos ombros, que são causas de afastamentos.

---

<sup>4</sup> <Especialista em Segurança do trabalho> <SENAI LONDRINA>, <bruno.gnann@pr.senai.br>

## Inovação e Tecnologia

A etapa inicial refere-se ao estudo do motor de passo e a sua possibilidade de uso para movimentos de translação e rotação de modo a guiar o fio de algodão para a costura das meadas e ao desenvolvimento de um *driver* completo através da utilização de circuito integrado dedicado para a sua utilização na máquina de costura de meadas.

Este estudo poderá contribuir para outras aplicações do motor de passo e do *driver*, as quais requerem simplicidade e precisão, como manipuladores robóticos, posicionadores de painéis solares, posicionadores de câmeras, a um custo bem inferior a utilização de *drivers* comerciais. Além disso, serve de base para desenvolvimento de sistemas compensados para posicionamento em micropasso com elevada precisão.

A próxima seção abordará o funcionamento do motor de passo em passo completo, meio passo e por último em micropasso, abordando os motivos que levam a utilização do micropasso seguido dos fatores que afetam no desempenho do micropasso.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR DE PASSO

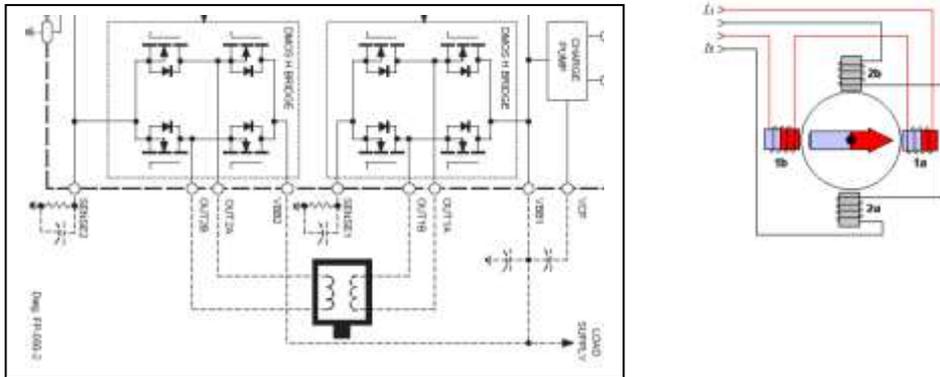
O motor de passo consiste em um motor de corrente contínua em que podemos efetuar o posicionamento de seu eixo em passos e controlar a velocidade através do controle da frequência dos passos. Existem basicamente 2 tipos de motores de passo, o unipolar ou de relutância variável e o bipolar. Neste trabalho devido às características de torque elevado, será utilizado o motor de passo bipolar conforme Brites e Santos (2008). Um *driver* H-H e o modelo conceitual do motor de passo bipolar são ilustrados na figura 1. Aplica fluxos de corrente ( $I_A$  e  $I_B$ ) positivos (+) e negativos (-) nas bobinas 1 e 2 do motor da figura 1 nas sequências indicadas na tabela 1 e na tabela 2.

Na sequência de passos da tabela 1 em passo completo, os pares de entradas com fluxo positivo de corrente estão a partir do passo 1, na sequência: 1a e 2b, 1a e 2a, 1b e 2a, 1b e 2b. Assim, aplicando-se essa sequência no modelo conceitual da Figura 1 verifica-se que o campo magnético gira no sentido

## Inovação e Tecnologia

horário, fazendo o rotor de imã permanente girar acompanhando o campo girante e sempre encontrando uma posição estável no meio, entre os polos. Efetuando-se a mesma análise na tabela 2, em meio passo, a diferença é que o rotor, além da estabilidade entre os polos, é estável também em cima dos polos, permitindo o motor girar com a metade do passo nominal.

Figura 1: Ponte H-H ligado ao motor de passo bipolar (DRV8811, 2010), e modelo conceitual do motor de passo bipolar com correntes  $I_A$  e  $I_B$ .



Fonte: DRV8811 (2010)

Tabela 1: Motor de Passo Bipolar – Passo Completo

| Passo | Corrente Bobina 1<br>$I_A$ | Corrente Bobina 2<br>$I_B$ |
|-------|----------------------------|----------------------------|
| 1     | +                          | -                          |
| 2     | +                          | +                          |
| 3     | -                          | +                          |
| 4     | -                          | -                          |

+ = Fluxo de Corrente Positiva

- = Fluxo de Corrente Negativa

Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Tabela 2: Motor de Passo Bipolar – Meio Passo

## Inovação e Tecnologia

| Passo               | Corrente Bobina 1<br>$I_A$ | Corrente Bobina 2<br>$I_B$ |          |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------|
| 1                   | +                          | +                          |          |
| 2                   | +                          | 0                          |          |
| 3                   | +                          | -                          |          |
| 4                   | 0                          | -                          |          |
| 5                   | -                          | -                          |          |
| 6                   | -                          | 0                          |          |
| +=Fluxo de Positiva | 7                          | -                          | Corrente |
|                     | 8                          | 0                          |          |
| -=Fluxo de Negativa | 9                          | +                          | Corrente |

0=Sem Corrente

Fonte: Parente (2011)

Assim, se um motor com 200 passos por revolução operar em meio passo, irá operar com 400 passos por revolução. Dessa maneira, para se aumentar o número de passos por revolução, é necessário aumentar o número de posições estáveis dentro de um passo, que no caso se trata da operação em micropasso, apresentado na seção seguinte.

### 2.2 OPERAÇÕES EM MICROPASSO

A operação em micropasso consiste em um meio de mover o fluxo de estator o mais suavemente possível, bem mais suave que a operação em passo completo e meio passo. Isso permite a redução da vibração e consequentemente do ruído (MICROSTEPPING, 2012). A operação em micropasso pode ser de 1/3 do passo completo conforme Microstepping (2012) até 1/256 (256 x 200=51200 passos/revolução) conforme Parente (2011).

O motor de passo é um motor elétrico síncrono, assim a posição de parada estável está em sincronismo com o fluxo do estator. O motor gira com a rotação do fluxo do estator, assim à medida que o fluxo do estator gira, o rotor segue o fluxo de modo a atingir uma posição estável definida pela proporção entre as correntes  $I_A$  e  $I_B$  (MICROSTEPPING, 2012).

## Inovação e Tecnologia

Os parágrafos seguintes mostram a teoria do micropasso a partir do sistema de meio passo (PARENTE, 2011). No caso de um motor de passo bipolar de 200 passos por revolução em meio passo tem-se a tabela 3.

Tabela 3: Motor de Passo Bipolar de 200 Passos – Meio Passo

| Passo | Corrente Bobina 1<br>$I_A$ | Corrente Bobina 2<br>$I_B$ | Posição do Eixo (Graus) |
|-------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1     | +                          | +                          | 0                       |
| 2     | +                          | 0                          | 0,9                     |
| 3     | +                          | -                          | 1,8                     |
| 4     | 0                          | -                          | 2,7                     |
| 5     | -                          | -                          | 3,6                     |
| 6     | -                          | 0                          | 4,5                     |
| 7     | -                          | +                          | 5,4                     |
| 8     | 0                          | +                          | 6,3                     |
| 9     | +                          | +                          | 7,2                     |

+ = Fluxo de Corrente Positiva

- = Fluxo de Corrente Negativa

0 = Sem Corrente

Fonte: Parente (2011)

Montando-se a forma de onda de corrente conforme a tabela 3 obtém-se as formas de onda de corrente em cada bobina conforme a figura 2a.

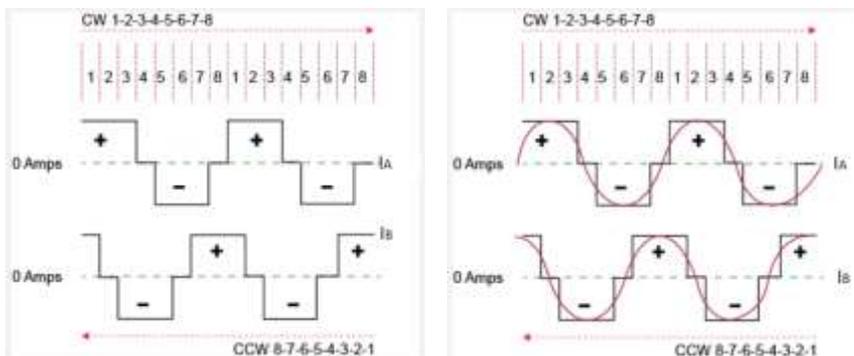


Figura 2: a) Correntes nas bobinas do motor  $I_A$  e  $I_B$  na sequência de meio passo.

b): Onda senoidal superposta a onda de sequência de meio passo.

## Inovação e Tecnologia

Fonte: Parente (2011)

Analisando-se as correntes  $I_A$  e  $I_B$  verifica-se que estão defasadas de  $90^\circ$  como uma onda senoidal e uma cossenoidal. Assim, superpondo-se uma onda senoidal em cima da onda da sequência de meio passo obtém-se a relação entre os mesmos conforme a figura 2b. Dessa maneira a corrente na fase A segue uma onda senoidal e a corrente na fase B, uma onda co-senoidal, onde nos ângulos elétricos da corrente  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  e  $360^\circ$ , a magnitude e a direção coincidem respectivamente nos passos 8, 2, 4, 6 e 8 da tabela 3. Assim, pode-se notar que os níveis de corrente podem ser controlados ao invés de operar na configuração liga-desliga, criando um fluxo rotativo que possa parar em qualquer ângulo elétrico.

Para a sequência de 4 micropassos, tem-se para cada passo as intensidades de corrente conforme tabela 4, onde no passo 1 não há corrente na fase A, pois  $\text{sen}(0^\circ) = 0$  e 100% da corrente na fase B, pois  $\text{cos}(0^\circ) = 1$ . No passo 2, na fase A ao invés de injetar corrente máxima, a corrente é elevada para 38,3% ( $\text{sen}(22,5^\circ)$ ) e na fase B reduzida para 92,4% ( $\text{cos}(22,5^\circ)$ ), esses níveis de corrente movem o eixo para  $0,45^\circ$ . No passo 3 as intensidades de corrente nas duas fases são as mesmas de 70,7% ( $\text{sen}(45^\circ) = \text{cos}(45^\circ) = 0,707$ ), esses níveis de corrente movem o eixo para  $0,9^\circ$ . No passo 4, na fase A, a corrente é elevada para 92,4% ( $\text{sen}(67,5^\circ)$ ) e na fase B reduzida para 38,3% ( $\text{cos}(67,5^\circ)$ ), esses níveis de corrente movem o eixo para  $1,35^\circ$ . No passo 5 a corrente na fase A atinge 100% pois  $\text{sen}(90^\circ) = 1$  e 100% da corrente na fase B, pois  $\text{cos}(90^\circ) = 0$ , esses níveis de corrente movem o eixo para  $1,8^\circ$ .

Tabela 4: Sequência de 4 Micropassos

| Pas<br>so | Graus<br>Elétricos da<br>Corrente | Nível de<br>Corrente na<br>Fase A | Nível de<br>Corrente na<br>Fase B | Posição<br>Angular do<br>Eixo |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1         | $0,0^\circ$                       | 0%                                | 100%                              | $0^\circ$                     |
| 2         | $22,5^\circ$                      | 38,3%                             | 92,4%                             | $0,45^\circ$                  |
| 3         | $45^\circ$                        | 71%                               | 71%                               | $0,9^\circ$                   |

## Inovação e Tecnologia

|   |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|
| 4 | 67,5° | 92,4% | 38,3% | 1,35° |
| 5 | 90°   | 100%  | 0%    | 1,8°  |

Fonte: Parente (2011)

### 2.3 CARACTERÍSTICAS E CONSIDERAÇÕES REAIS DO MICRO

#### PASSO

A seguir tem-se um breve estudo de importantes características que muitas vezes devem ser considerados em projetos de sistemas com micropasso, conforme Microstepping (2012).

#### 2.3.1 Comparativo de Características de Torque e Velocidade entre Sistema de Micropasso com Sistemas de Meio e Passo Completo

O torque “ $T$ ” desenvolvido pelo motor é função do ( $T_H$ ), que se trata do torque necessário para tirar o rotor de uma posição estável conforme *Stepper Motor Basics* (2012) e da distância angular do fluxo do estator ( $f_e$ ) e a posição do rotor ( $f_r$ ) assim  $T = T_H \cdot \text{sen}(f_e - f_r)$ . A relação entre o ângulo elétrico  $f_{el}$  e o mecânico  $f_{mec}$  é dado por  $f_{el} = (n \div 4) \times f_{mec}$ , onde  $n$  é o número de passos completos por revolução. Nos modos de passo completo e meio passo o fluxo do estator gira 90° e 45° elétricos, respectivamente a cada passo do motor. Nessas condições, verifica-se que  $f_e - f_r$  sofre variações abruptas, dando origem a um torque pulsante que por consequência, é acompanhado por um *Ripple* de velocidade conforme figura 3a. A figura 3b, com o motor em 1/8 do passo completo, verifica-se que o *Ripple* de torque e velocidade são bem menores pelo fato de  $f_e - f_r$  sofrerem variações menos abruptas, aproximando se mais de transições suaves (MICROSTEPPING, 2012).

## Inovação e Tecnologia

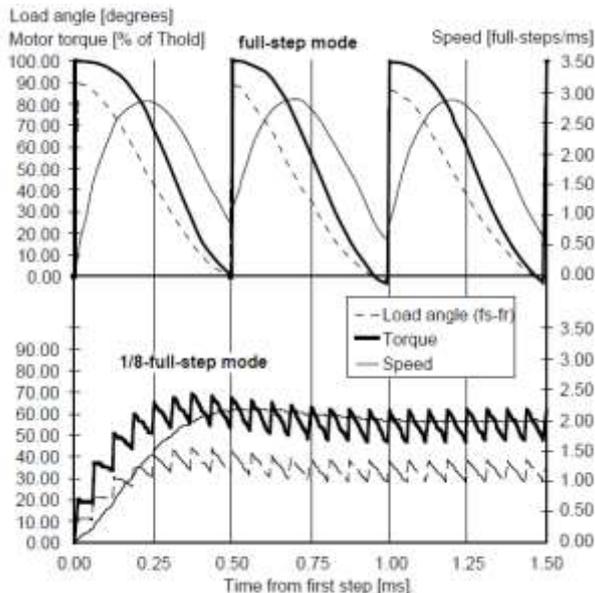


Figura 3: a) *Ripple* do torque e velocidade em função do ângulo de carga em passo completo, b) *ripple* do torque e velocidade em função do ângulo de carga em micropasso no modo 1/8 de passo completo.

Fonte: Microstepping (2012)

### 2.3.2 Motivos para Utilização do Micropasso

Em muitas aplicações, a utilização do micropasso melhora desempenho de sistemas, tais como pequena ou desprezível variação de torque, precisão no posicionamento, redução do ruído. E o uso micropasso também reduz a complexidade de sistemas em relação à utilização do meio passo e passo completo as quais, necessitam de caixas de redução para o aumento da resolução, aumentando o espaço físico, e o custo (MICROSTEPPING, 2012).

#### 2.3.2.1 Operando na frequência de ressonância

## Inovação e Tecnologia

Em Microstepping (2012), a frequência natural  $F_0(Hz)$  do sistema definido pelo momento de inércia do rotor e da carga  $J_T = J_R + J_L(Kg.m^2)$ , pelo  $T_H$  (Nm) que depende do modo de operação e dos níveis de corrente, e pelo número de passos por revolução( $n$ ). Assim, a expressão de  $F_0(Hz)$  é dado por  $F_0 = (n \times T_H \div J_T)^{0.5} \div 4\pi$ .

Se o fator de amortecimento (corresponde ao atrito neste caso) do sistema for baixo, existe o risco de perda de passo ou geração de ruído caso o motor opere em torno da frequência natural de ressonância. Dependendo do tipo do motor, do tipo de carga e do fator de amortecimento, isto pode ocorrer tanto em valores fracionários como em múltiplos de  $F_0(Hz)$ , isto é, em...,  $F_0/4$ ,  $F_0/3$ ,  $F_0/2$ ,  $2 F_0$ ,  $3 F_0$ ,  $4 F_0$ ... (MICROSTEPPING, 2012).

Nos casos de utilização do passo completo ou do meio passo, a principal causa da ressonância é que o fluxo do estator é movido descontinuamente,  $90^\circ$  ou  $45^\circ$  graus elétricos respectivamente a cada passo. Isto provoca um fluxo de energia pulsante no rotor que excita a ressonância. A energia transferida para o rotor em caso de utilização do passo completo, e na pior condição onde não há atrito de carga, é dado por  $(4 \times T_H \div n) \times [1 - \cos(f_e)]$ . Onde  $f_e$  é o ângulo elétrico do passo, sendo  $90^\circ$  para o passo completo e  $45^\circ$  para o meio passo. A expressão mostra que a energia de excitação para o meio passo é 29% do passo completo. Com o uso do micropasso, por exemplo, em  $1/32$  do passo completo, essa energia cai para 0,1% do passo completo. Essa redução na intensidade da energia de excitação seria totalmente válida se o motor fosse ideal. Na realidade existem outras fontes que excitam a ressonância do sistema, mas na maioria dos casos, a utilização do micropasso, atende as necessidades de redução de ruído e vibrações (MICROSTEPPING, 2012).

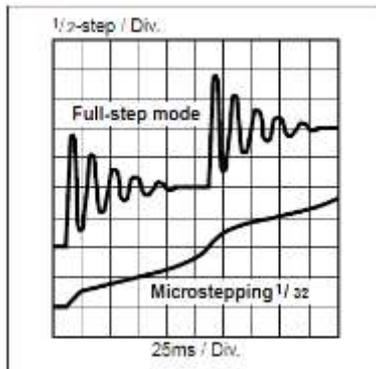
### 2.3.2.2 Melhoria de desempenho do motor em baixas velocidades

Operando se o motor de passo em baixas frequências tanto em meio ou passo completo, os movimentos são descontínuos gerando ruídos e vibrações. As

## Inovação e Tecnologia

frequências de passos que isso ocorre estão abaixo da frequência natural de ressonância. Neste caso o uso do micropasso pode levar o ruído para 0Hz. Na maioria dos casos não há necessidade de passos menores que 1/32 do passo completo, pois a energia de excitação é apenas 0,1% da energia do passo completo, e essa energia é suficientemente pequena que é absorvida pelo atrito interno do motor (rolamentos). Assim nem oscilações e nem sobressinais são gerados nos passos conforme figura 4. O desvio de posição do micropasso é devido ao uso de padrões seno-cosseno não compensados (MICROSTEPPING, 2012).

Figura 4: Posição do rotor em função do modo de passo



Fonte: Microstepping (2012)

### 2.3.2.3 Caixa de redução eletrônica

O uso do passo completo ou meio passo em aplicações que exigem movimentos muito pequenos, ou de alta resolução nos passos, exigem a utilização de caixas de redução tornando o sistema complexo. A utilização do micropasso pode substituir as caixas de redução tornando o sistema menos complexo. Mas para um bom desempenho neste tipo de aplicação é necessária a escolha de um motor apropriado e a implementação de um padrão seno/cosseno dedicado (MICROSTEPPING, 2012).

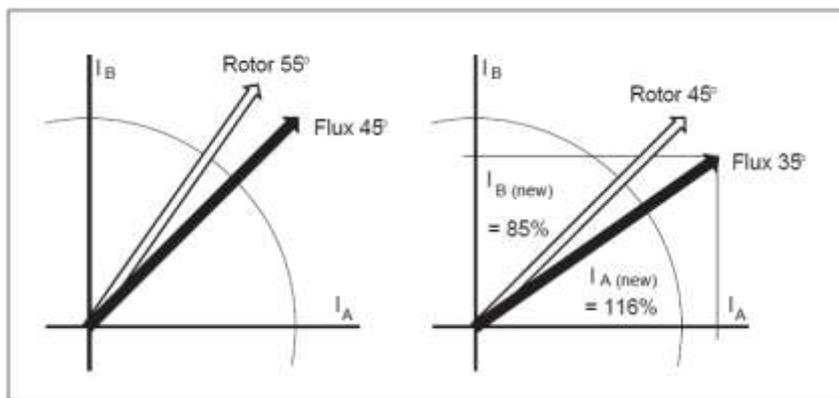
## Inovação e Tecnologia

### 2.3.2.4 Melhoria na precisão dos passos

A precisão no posicionamento do motor de passo pode ser melhorada através da utilização do micropasso baseado em especificações fornecidas pelo fabricante. Na prática, mesmo aplicando-se correntes iguais em magnitude nas duas bobinas do motor para operar em passo completo, as posições de estabilidade em cada passo, tem um desvio em relação à posição teórica conforme figura 5a. Através de um sistema de micropasso baseado em microprocessador, pode se utilizar o processo de calibração de fábrica que consiste em definir e armazenar o fator de correção para cada posição de parada, isto é, a relação entre as duas correntes. A figura 5b mostra a nova direção do rotor e a direção do fluxo para compensação.

Se essa técnica for utilizada é necessária a utilização de um indicador da posição *home* (posição estável do passo completo) para sincronizar o rotor com o sistema de compensação (MICROSTEPPING, 2012).

Figura 5: a) Posição do rotor e do fluxo no modo original do passo completo, b) Posição do rotor e do fluxo do passo completo ajustado.



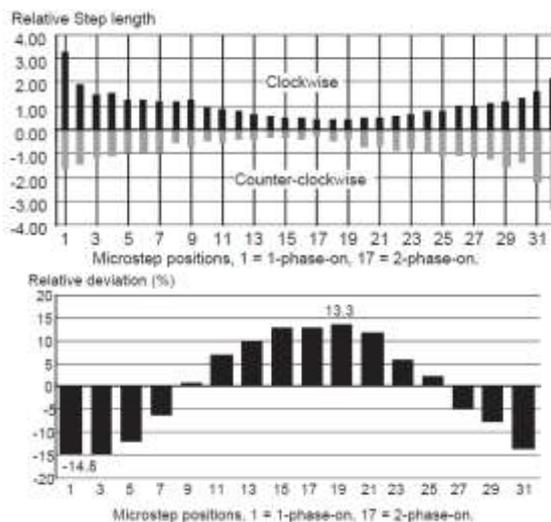
Fonte: Microstepping (2012).

## Inovação e Tecnologia

### 2.3.3 Fatores que Afetam a Performance do Micro passo.

Teoricamente, conforme Microstepping (2012), o uso do micropasso resolve todos os problemas de precisão, ressonância, vibração e ruído. Mas na prática surgem vários fatores que limitam a performance do sistema, essas limitações podem ser tanto do *driver* como do motor. A seguir, Microstepping (2012) apresenta alguns desses fatores.

Figura 6: a) Largura dos passos em função da posição de parada para sentido horário e anti-horário para um motor de 7,5°/passo com 32 micropassos. b) *Ripple* do holding torque igual a 13,3- - 14,8=28,1% para um motor de 7,5°/passo funcionando com 32 micropassos.

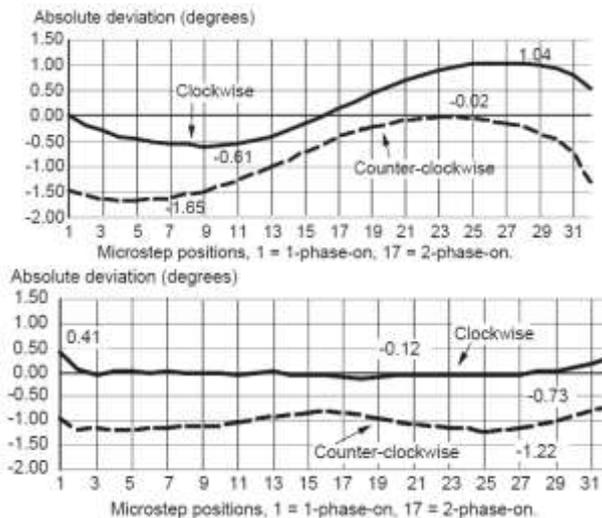


Fonte: Microstepping (2012)

**Precisão dos passos:** O fabricante normalmente fornece a precisão dos passos para a situação quando duas correntes são iguais em magnitudes, mas não fornece o seu comportamento em micropasso. A otimização do motor para holding torque elevado em passo completo, normalmente reduz a precisão em micropasso e o erro pode chegar dependendo da resolução do micropasso, a vários micropassos.

## Inovação e Tecnologia

Figura 7: a) *Ripple* de posição em motor com 7,5°/passo para padrão seno-cosseno não compensado (1,04- -0,61=1,65°=22%). b) *Ripple* de posição para padrão seno-cosseno compensado para sentido horário (0,41- -0,12=0,53°=7%).



Fonte: Microstepping (2012)

Conformidade seno co-seno: A maioria dos motores de passo atuais não tem um comportamento seno-cosseno ideal (se o comportamento seno-cosseno fosse ideal, e se fosse aplicada uma corrente seno-cosseno, motor giraria, com passos exatamente iguais, a uma velocidade constante sem variações). Isso depende das características construtivas e de material do motor, como a variação da área e distância do *gap* entre o rotor e o estator, e a histerese magnética que altera a direção do fluxo, afetando assim as posições de parada e o holding torque ( $T_H$ ). A largura dos passos de uma situação real é mostrada na figura 6a, onde se verifica que a largura dos passos são diferentes conforme a posição e direção.

*Ripple* de posição no micropasso: As posições de parada em micropasso dependem do nível de conformidade seno/co-seno do motor. A diferença de posição entre a posição teórica e a atual é chamada *ripple* de posição em micropasso, a figura 7a mostra um *ripple* de posição para padrão seno-cosseno não compensado que atinge 22%. O padrão seno-cosseno pode

## Inovação e Tecnologia

ser compensado para reduzir o *ripple* de posição conforme a figura 7b, onde o *ripple* de posição reduziu de 22% para 7%.

*Ripple* do  *Holding Torque*  $T_H$  em Micropasso: A sua magnitude é função da geometria do estator e dos dentes do rotor, e varia de 10 a 30% do holding torque nominal (duas fases ligadas), a figura 6b ilustra este *ripple* do que está em 28,1%. Em passo completo (duas fases ligadas) também aparecem diferenças de holding torque entre duas posições estáveis de até  $\pm 10\%$  do holding torque nominal. A compensação do holding torque pode ser aplicada, isoladamente ou juntamente com a compensação da posição de paradas. Histerese na posição de parada: O principal fator que causa a histerese de posição do motor de passo é a histerese magnética e em parte é provocado pelo atrito nos rolamentos. Registrando-se as posições angulares a cada micropasso com o motor girando no sentido horário e depois no sentido anti-horário obtém-se o gráfico do desvio relativo em micropasso teórico a cada micropasso (Figura 7a). Este gráfico ilustra claramente a ocorrência da histerese. Na ocorrência da histerese, o fluxo atual é função da corrente atual e do histórico do fluxo. Tomando como base esse estudo, foram feitos ensaios no motor de passo.

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 3.1 LEVANTAMENTOS DOS REQUISITOS DO SISTEMA DE COSTURA DE MEADAS E DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS PARA ENSAIO

Levantaram-se os requisitos do sistema de costura para seleção do motor e do *driver*:

- a) Os movimentos de costura devem ser suaves e de pouca vibração;
- b) Repetibilidade dos movimentos sem perda de passos;
- c) Possibilidade de uso em braços articulados de tamanho reduzido com movimentos angulares suaves e relativamente precisos;
- d) Proteção contra sobrecarga no sistema e elevada vida útil do motor.

## Inovação e Tecnologia

Baseado nos requisitos do sistema foram considerados para os ensaios, os fatores que afetam na precisão do sistema: Torque (a falta de torque pode provocar perda de passo), histerese magnética (as posições de parada nos movimentos de ida e volta possuem deslocamento num sentido um no outro), *ripple* de posição (a largura dos passos mudam conforme a posição).

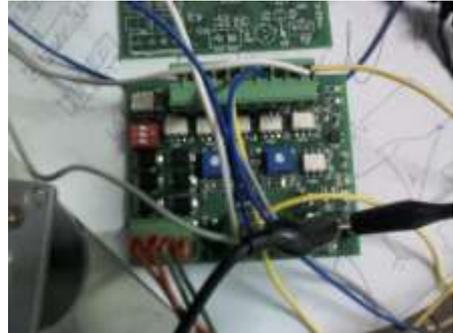
### 3.2 DEFINIÇÃO DO HARDWARE DO SISTEMA

#### 3.2.1 Escolha do Tipo do Motor e do Driver

Foi escolhido o motor de passo bipolar pelo fato de se obter torque elevado num volume pequeno conforme seção 2.1. No caso para os ensaios foi utilizado um motor de passo bipolar de 200 passos, 13.2VDC/0.6A/22Ohm/0,8N.m, da Applied Motion conforme figura 8a. Pela necessidade de movimentos suaves e precisos com pouca vibração nas agulhas de costuras de meadas e pela necessidade de diferentes velocidades de translação, foi selecionado o *driver* de micropasso DRV8811PWP(2,5A por fase/tensão de operação de 8V a 38V/sem compensação) da Texas Instruments DRV8811(2010), que pode ser configurado em Passo Completo, 1/2 Passo, 1/4 Passo, 1/8 Passo (Figura 8b). Existem outros fabricantes deste tipo de driver como Allegro Microsystems.

Figura 8: a) Motor de passo 13.2VDC/0.6A/22Ohm/0,8N.m, da Applied Motion utilizado para ensaio b) *Driver* de micropasso implementado com o circuito integrado DRV8811 da Texas Instruments.

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

### 3.2.2 Projeto do Circuito do *Driver* com o Circuito Integrado DRV8811 da Texas Instruments

No projeto, para se prevenir a necessidade de futuras modificações, foram incluídas as seguintes características na placa do *driver* (Figura 8b):

- a) Acesso às entradas e saídas de controle do *driver* (*enable*, *sleep*, *step*, *direction*, *USM0*, *USM1*, *home*), através de acopladores ópticos, tornando compatível com o nível TTL (Microcontroladores), e com 24VDC (Controladores Lógicos Programáveis);
- b) Configuração local (Dip Switch) ou remota do modo de micropassos;
- c) Opção de uso de oscilador local (com o circuito integrado TLC555) ou remota, configurável com Dip Switch, para a entrada de pulsos referentes aos passos;
- d) Ajuste de referência de corrente através de trimpot conforme especificação de corrente nominal do motor.

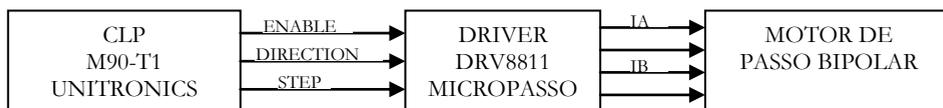
### 3.3 ESTRUTURAS PARA ENSAIO DO MOTOR DE PASSO

Para o ensaio utilizou-se um CLP (Controlador Lógico Programável) M90-T1 da UNITRONICS com saída digital HSO (*High Speed Output*) conectado ao *driver* através dos pinos *Enable*, *Direction* e *Step*, com corrente

## Inovação e Tecnologia

ajustada em 0,6A conforme corrente nominal do motor. O CLP envia sinais de habilitação do *driver*, de sentido de rotação e os passos para rotação do motor, e o *driver* DRV8811 fornece as correntes  $I_A$  e  $I_B$ , que fazem o motor girar na configuração definida para os passos, conforme a figura 9.

Figura 9: Diagrama em blocos do sistema de ensaio do motor de passo.



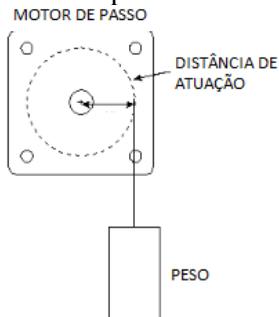
Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

### 3.4 MÉTODOS DE ENSAIOS

Conforme os requisitos do sistema de costura, os parâmetros de ensaio são o, *ripple* de posição, histerese e velocidade associada a precisão. Para verificação do *holding torque*, *ripple* de posição e histerese programou-se o CLP para dar um passo para cada toque em uma tecla da IHM e reversão numa outra.

#### 3.4.1 Método de Medição do *Holding Torque*

Figura 10: Estrutura conceitual, e experimental para medição do holding torque considerando-se o torque desenvolvido pela estrutura da haste de acrílico.



## Inovação e Tecnologia



Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Para medição do holding torque montou-se a estrutura da figura 10 disposta na posição vertical. Como peso para se obter torque utilizou-se uma garrafa de água com peso conhecido e deslocou-se ao longo da haste de acrílico da direita para esquerda aumentando-se o torque, até a perda de passo, quando o torque não é suficiente e o peso começa a cair, e a posição do peso em relação ao eixo do motor é anotada para o cálculo do holding torque. Foram efetuados ensaios para medição do holding torque para passo completo, 1/4 e 1/8 de passo.

### 3.4.2 Estrutura para Visualização e Análise da Histerese Magnética

Para análise de histerese magnética e *ripple* de posição, montou-se a estrutura da figura 11 onde um lápis é fixo a uma estrutura de 329mm a partir do centro do eixo do motor, e cada passo a estrutura é levemente pressionada marcando se os pontos numa superfície de papel. Efetuaram-se ensaios para 1/4 de passo completo e 1/8 de passo completo, fazendo-se movimentos de ida e volta.

Figura 11: Estrutura para visualização de histerese magnética e precisão.

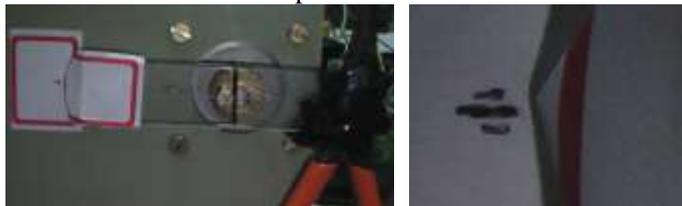


Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

## Inovação e Tecnologia

### 3.4.3 Estrutura e Ensaio para Análise de Velocidade, Aceleração, Desaceleração e de Precisão.

Figura 12: Estrutura vertical para análise de velocidade, aceleração, desaceleração e precisão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Para análise de velocidade, aceleração, desaceleração e de precisão, foi utilizado a estrutura da figura 12, onde se tem um torque variável devido a posição vertical, e um momento de inércia devido a carga acoplada. Com esta estrutura, foram aplicadas velocidades em estágio de aceleração, velocidade constante e desaceleração para 1/4 e 1/8 de passo completo para uma revolução no eixo, conforme tabela 5, e a cada volta verificou-se as posições de parada.

Tabela 5: Tabela da frequência dos passos em função do número de passos para uma revolução

| Micropasso      | 1/4 de Passo Completo |     |     |     | 1/8 de Passo Completo |      |      |      |
|-----------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----------------------|------|------|------|
| Passos          | 0                     | 50  | 750 | 800 | 0                     | 100  | 1500 | 1600 |
| Frequência (Hz) | 5                     | 750 | 750 | 0   | 5                     | 1500 | 1500 | 0    |

Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A tabela 6 apresenta os resultados de medição do *holding torque* para passo completo, 1/4 de passo completo e 1/8 de passo completo. A partir desses resultados foram obtidos os gráficos do *holding torque* e *ripple* do *holding torque* para 1/4 e 1/8 de passo completo, ilustradas respectivamente pelas figuras 10 e 11.

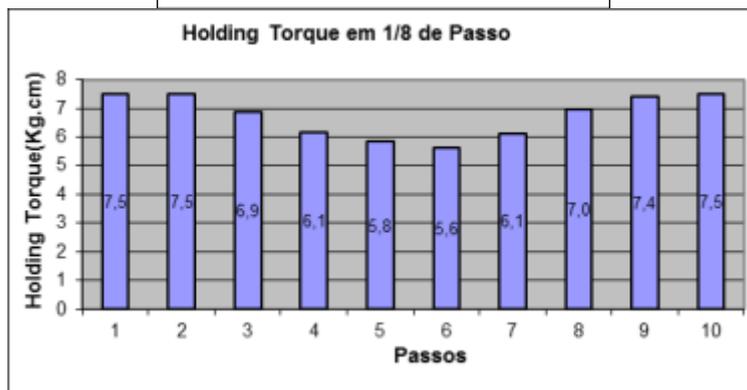
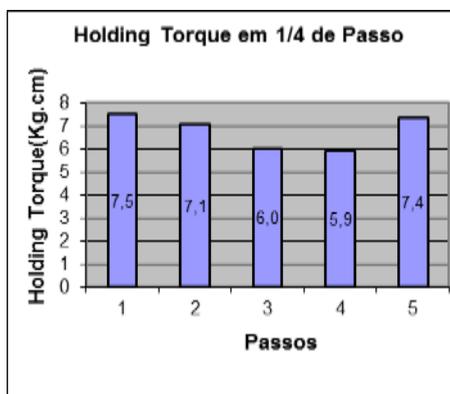
## Inovação e Tecnologia

Tabela 6: Resultados de medição do holding torque

| Modo de Operação | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Passo Completo   | 7,4 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 1/4 de Passo     | 7,5 | 7,1 | 6,0 | 5,9 | 7,4 | -   | -   | -   | -   | -   |
| 1/8 de Passo     | 7,5 | 7,5 | 6,9 | 6,1 | 5,8 | 5,6 | 6,1 | 6,9 | 7,4 | 7,5 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

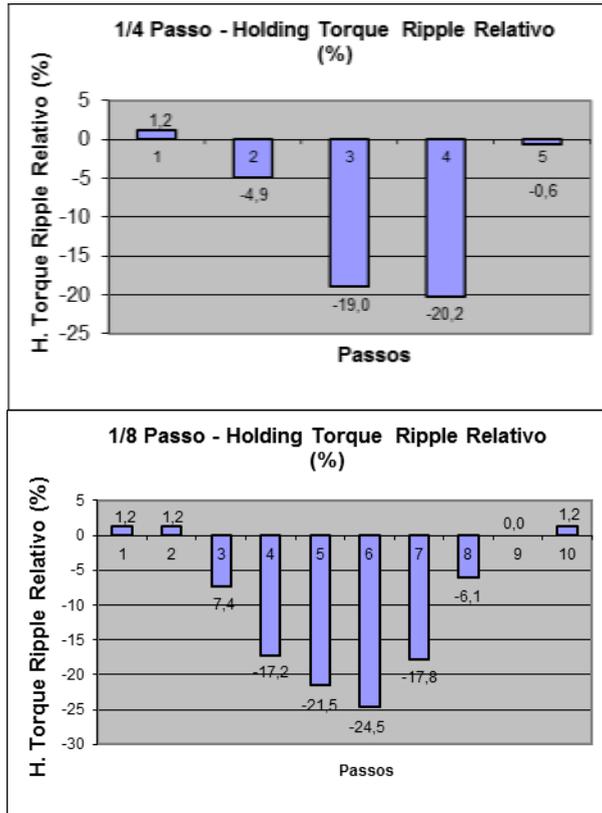
Figura 10: Holding Torque em função dos passos para 1/4 do passo completo com posições estáveis de passo completo em 1 e 5, e 1/8 do passo completo com posições estáveis de passo completo em 1 e 9



Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

## Inovação e Tecnologia

Figura 11: Gráficos do holding torque *Ripple* para 1/4 do passo completo com *Ripple* igual a  $1,2\% - (-0,2\%) = 21,4\%$  e 1/8 do passo completo com *Ripple* igual a  $1,2 - (-24,5\%) = 26,7\%$ .

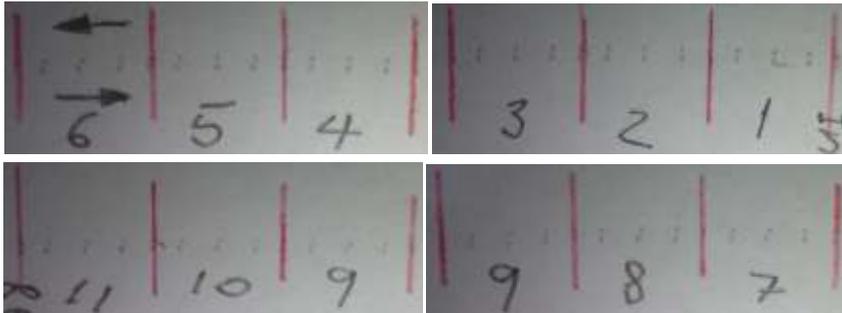


Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Nas operações em micropasso, tanto em 1/4 de passo, como em 1/8 de passo, analisando-se os gráficos da figura 10 do *holding torque* observou-se uma redução do *holding torque* na aproximação da posição do passo intermediário entre duas posições estáveis de passo completo, onde isso se trata do *Ripple* do *holding torque* descrito em 2.3.3. e figura 6b. As suas magnitudes em 1/4 e 1/8 de passo foram respectivamente 21,4% e 26,7% que está dentro da faixa de 10% a 30% conforme 2.3.3.

## Inovação e Tecnologia

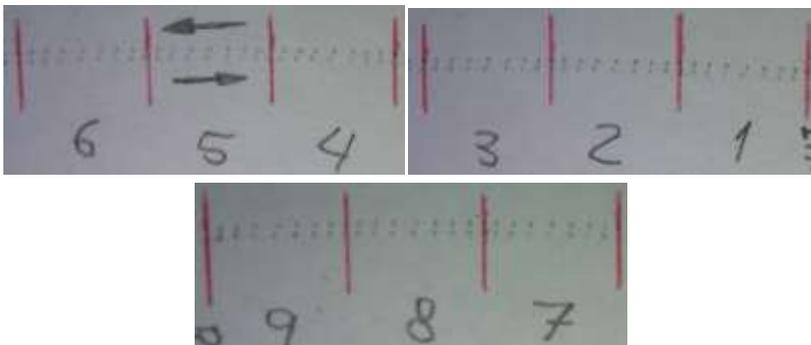
Figura 12: Posicionamento angular de ida (pontos de cima) e retorno (pontos de baixo), com erro de posicionamento menor que 1mm, para haste de 329mm, para operação em 1/4 do passo completo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Analisando-se o posicionamento tanto em 1/4 de passo na figura 12, como em 1/8 de passo na figura 13, nota-se um aumento angular dos passos à medida que se aproxima da posição intermediária entre posições estáveis de passo completo, isso se trata do *ripple* de posição em 2.3.3 que está relacionado à conformidade seno-cosseno do motor. Também notou-se que em ambos os casos o erro de posicionamento a distância de 329mm do eixo, é menor que 1mm.

Figura 13: Posicionamento angular de ida (pontos de cima) e retorno (pontos de baixo), com erro de posicionamento menor que 1mm, para haste de 329mm, para operação em 1/8 do passo completo.



## Inovação e Tecnologia

Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Nos posicionamentos tanto em 1/4, como em 1/8 de passo completo, durante o retorno, percebe-se que as posições estáveis se localizam antes das posições percorridas pelos passos de ida, isto é, levemente para esquerda. Este efeito é o chamado de histerese magnética em 2.3.3. Observou-se que este efeito praticamente não ocorreu nas posições de passo completo pelo fato do motor ser projetado para melhor precisão em passo completo conforme 2.3.3.

Nos ensaios efetuados conforme 6.3 verificou-se uma significativa redução nas vibrações e ruídos apenas na mudança de 1/4 de passo para 1/8 de passo para mesmas velocidades angulares dos eixos. Nas condições impostas em 6.3, que são satisfatórias para o sistema de costura de meadas, mesmo em consecutivas voltas com variação de torque, e de velocidade, não houve perda de passo, sendo isso justificado pelo fato do eixo parar sempre na mesma posição apenas com pequenos erros menores que 1mm não acumulativos devido ao motor não ser dedicado ao micropasso.

## 5. CONCLUSÕES

Conforme a seção 2.3.2.2 e resultados experimentais concluiu-se que o micropasso diminui vibrações e ruídos em baixas frequências, permitindo assim movimentos suaves mesmo em baixas velocidades. Pela análise visual, os erros de posicionamento provocados pelo *ripple* de posição associada à histerese magnética são desprezíveis para a aplicação em questão, pois a precisão exigida é milimétrica. Concluiu-se também que o torque médio é elevado também em micropasso conforme 2.3.1 e resultados experimentais da seção 4. Assim concluiu-se que o uso do motor de passo bipolar e *driver* não compensado é suficiente.

Na utilização do micropasso, conforme a precisão requerida devem ser feitas compensações na proporção de correntes como descrito em 2.3.2.4, ou utilizar um motor otimizado para micropasso como o HT23-603 (2012), discutido em 2.3.3. Para a compensação de corrente das bobinas já se torna necessário o uso de microprocessadores que ajustam as correntes a cada micropasso conforme a calibração, isto é, o *driver* é calibrado conforme cada motor.

## Inovação e Tecnologia

Concluiu-se também que a placa para controle do motor de passo em micropasso que pode ser facilmente implementado com circuito integrado dedicado, em baixo custo, comparando-se com os *drivers* comerciais. Pela possibilidade de implementação em baixo custo deste *driver* associado às características de operação apresentadas do motor de passo bipolar, este trabalho contribuirá significativamente em outros projetos que envolvem a necessidade de motores de passo, como posicionadores de painéis solares e de câmeras, manipuladores robóticos.

## REFERÊNCIAS

DRV8811 **Stepper Motor Controller**. Texas Instruments, 2010 Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv8811.pdf>>. Acesso em 05/10/2012.

HT23-603 **Nema 23 High Torque Stepper Motor**. Applied Motion, 2012. Disponível em <<http://www.applied-motion.com/products/stepper-motors/ht23-603>>. Acesso em 07/04/2013.

**MICROSTEPPING**. New Japan Radio Co, Ltd., 2012. Disponível em: <[http://semicon.njr.co.jp/eng/PDF/application\\_notes/Microstepping\\_APP\\_E.pdf](http://semicon.njr.co.jp/eng/PDF/application_notes/Microstepping_APP_E.pdf)>. Acesso em 10/10/2012.

BRITES, F. G.; SANTOS, V. P. A. **Motor de Passo**. Universidade Federal Fluminense. Engenharia de Telecomunicações. Programa de Educação Tutorial, 2008. Disponível em:

<<http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>>. Acesso em 22/09/2012.

PARENTE, B. **Stepper Motor Basics: Half and Microstepping**. Motion Technology Blog. Schneider Electric, 2011., Disponível em: <<http://motion.schneider-electric.com/technology-blog/stepper-motor-basics-half-and-micro-stepping/>>. Acesso em 20/10/2012.

**STEPPER MOTOR BASICS**. New Japan Radio Co, Ltd., 2012. Disponível em: <[http://semicon.njr.co.jp/eng/PDF/application\\_notes/Stepper\\_Motor\\_Basics\\_APP\\_E.pdf](http://semicon.njr.co.jp/eng/PDF/application_notes/Stepper_Motor_Basics_APP_E.pdf)>. Acesso em 30/09/2012.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo II - O Desenvolvimento de Redes Inteligentes De Energia Elétrica No Brasil.

### SMARTGRIDS DEVELOPMENT IN BRAZIL

<GLAUBER ANDRADE DE OLIVEIRA><sup>5</sup>

<VICENTE DE LIMA GONGORA><sup>6</sup>

<EDGARD J.C. MENEZEZ><sup>7</sup>

<BRUNO ARMELIN GNANN><sup>8</sup>

**Resumo:** O estado da arte em controle e automação dos processos de geração e consumo de energia elétrica, as redes inteligentes ou *smart grids* já são uma realidade em vários países e desembarcam no Brasil, tendo sua implementação pesquisada por diversas companhias concessionárias de energia elétrica a fim de se criar um modelo adaptado às realidades nacionais como a grande área geográfica e a alta densidade nos grandes centros. Mais do que uma tecnologia, o conceito de *smart grid* envolve uma estrutura complexa envolvendo sistemas de comunicação, automação, e algoritmos computacionais para otimizar o funcionamento das redes de energia. O artigo tem o objetivo de mostrar o estudo realizado por três das principais companhias do setor energético no Brasil sobre a implantação das redes inteligentes de energia elétrica e analisando a tecnologia necessária para implantação das *smart grids* no Brasil, passando por uma breve fundamentação teórica, que apresenta o cenário energético brasileiro culminando na conceituação de uma rede inteligente.

**Palavras-chave:** Redes Inteligentes. *Smart grid*. Eficiência Energética.

---

<sup>5</sup> <Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Norte do Paraná, Especialista em Física pela Universidade Estadual de Londrina>, <FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI/PR LONDRINA>, <glauberandrade@hotmail.com>

<sup>6</sup> <MSc.>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <vicente.gongora@pr.senai.br>

<sup>7</sup> <Dr.>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <edgard.menezes@pr.senai.br>

<sup>8</sup> <Especialista em Segurança do trabalho> <SENAI LONDRINA>, <bruno.gnann@pr.senai.br>

## Inovação e Tecnologia

**Abstract:** The state of the art control and automation of the processes of generation and consumption of electricity, *smart grids* are already a reality in several countries and landed in Brazil, and its implementation are been investigated by several electric companies to create a model adapted to brazilian reality as the large geographical area and high density in the large centers. More than a technology, the *smart grid* concept involves a complex structure involving communication systems, automation, and computer algorithms to optimize the operation of energy networks. The article aims to show the study of three major energy companies in Brazil on the deployment of *smart grids* for electricity and analyzing technology for deployment of *smart grids* in Brazil, through a brief theoretical framework that presents the Brazilian energy scenario culminating in the concept of a *smart grid*.

**Key-words:** *Smart grids*. *Smart grid*. Energy Efficiency.

### 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um país está ligado a diversos fatores, podendo-se destacar diretamente a quantidade que este produz e consome energia elétrica, entretanto, o perfil brasileiro de geração e consumo de energia elétrica gera grande receio por parte de indústrias e consumidores quanto ao fornecimento ininterrupto de energia e a um preço justo. Este receio é justificado pela grande dependência brasileira da geração hidrelétrica de energia, mais de 70% da energia elétrica gerada provém de usinas hidrelétricas (ANEEL, 2008), e pelo uso de uma tarifa de energia elétrica que faz com que o custo da energia seja calculado pela média do consumo geral. Este artigo apresenta um estudo comparativo entre experiências de uso do sistema de distribuição e medição de consumo de energia elétrica de forma inteligente, conhecido mundialmente como *Smart grid*.

As redes *Smart grid* são compostas por equipamentos que permitem o gerenciamento da forma como a energia elétrica é utilizada tanto pelo lado da concessionária de energia elétrica quanto pelo lado do consumidor. Isso permite, além de poder utilizar a energia elétrica pagando por uma tarifa horo-sazonal que é caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as

## **Inovação e Tecnologia**

horas de utilização do dia e dos períodos do ano. Ademais, o consumidor pode tornar-se um gerador de energia elétrica, injetando potência na rede elétrica reduzindo o custo de sua energia ou ainda, sendo remunerado por isso.

Propõe-se a realizar aqui um estudo das diferentes formas de implantação e como algumas concessionárias de energia elétrica no Brasil lidam com o conceito de *Smart grid*, verificando os trabalhos realizados pelas equipes de três diferentes concessionárias brasileiras através de pesquisa bibliográfica e levantamento de campo se possível em pelo menos uma das concessionárias.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica no Brasil**

Cerca de 74,7% da energia elétrica utilizada no Brasil provém de fontes hidrelétricas (CREDER, 2007) sendo o restante proveniente de usinas térmicas que operam através da queima de combustíveis fósseis, vegetais ou ainda fontes nucleares, pouca energia é gerada através de fontes de captação solar ou ainda eólicas, embora muito tenha se avançado neste ponto.

Após gerada, é necessário transmitir a energia aos centros consumidores através de linhas de transmissão que muitas vezes ultrapassam os 500 Km de distância, até chegar aos centros de consumo onde são conectados aos sistemas de distribuição primários, normalmente trifásicos (3 fios) que se encarregam de entregar a energia gerada aos sistemas de distribuição secundários (sistemas monofásicos, bifásicos ou trifásicos) que tornam a energia pronta para o consumo (CREDER, 2007).

Ao ser distribuída, a energia elétrica passa por sistemas de medição que, em geral, apenas quantificam a potência elétrica consumida pelo usuário do sistema, não permitindo, a concessionária tampouco o usuário, gerenciarem a forma como essa energia é utilizada pelo sistema. Em outras palavras, a exemplo, caso a concessionária queira fazer um corte no

## **Inovação e Tecnologia**

fornecimento de energia, será necessário enviar um funcionário até o local para fazê-lo e ao usuário resta pagar pela energia consumida sem poder atuar de forma efetiva para um uso mais racional da eletricidade do ponto de vista tarifário.

### **2.2 Tarifa Horo-Sazonal**

A tarifa horo-sazonal é caracterizada pela aplicação de cobrança diferenciada do consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano. Na prática, o objetivo é racionalizar o consumo de energia elétrica ao longo do dia e do ano, possibilitando o consumidor, pelo valor diferenciado das tarifas, poder utilizar mais energia elétrica nos horários do dia e nos períodos do ano em que ela for mais barata.

Para tal, o dia é dividido em dois períodos conhecidos como postos tarifários. O horário de “ponta”, que é compreendido entre as 18 e 21 horas corresponde ao período de maior consumo de energia elétrica. O horário “fora da ponta” compreende as demais horas dos dias úteis e as 24 horas dos sábados, domingos e feriados. As tarifas no horário de “ponta” são maiores do que no horário “fora de ponta”. Já para o ano, são estabelecidos dois períodos: “período seco”, quando a incidência de chuvas é menor, e “período úmido” quando é maior o volume de chuvas. As tarifas no período seco são mais altas, refletindo o maior custo de produção de energia elétrica devido à menor quantidade de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, provocando a eventual necessidade de complementação da carga por geração térmica, que é mais cara. O período seco compreende os meses de maio a novembro e o período úmido os meses de dezembro a abril (ANEEL, 2005).

### **2.3 O Conceito das Redes Inteligentes (*Smart grids*)**

Obter um maior desempenho e eficiência das redes é algo urgente no atual cenário energético brasileiro, e traz também o grande desafio de

## Inovação e Tecnologia

implementar uma tecnologia que supra a necessidade dos consumidores aumentando a confiabilidade do sistema de transmissão e distribuição de energia, além de integrar ao sistema novas fontes de energia limpa. As redes inteligentes se enquadram neste perfil por tentar solucionar grande parte dos desafios apresentados pelo modelo atual de energia elétrica (FERREIRA, 2010).

Pela definição da U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (2013), agência que regula o setor energético nos Estados Unidos:

*Uma Smart grid é uma rede de eletricidade que usa tecnologia digital e de comunicações para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade a partir de todas as fontes de geração encontrando uma variedade de demandas e usuários. Essas redes estarão aptas a coordenar as necessidades e capacidades de todos os geradores, operadores, usuários finais do mercado de eletricidade de forma a otimizar a utilização e operação dos ativos no processo, minimizando os custos e impactos ambientais enquanto mantêm a confiabilidade, resiliência e estabilidade do sistema.*

Portanto, o conceito de *Smart grids* é mais amplo e pretencioso do que solucionar os problemas relacionados a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Ela faz uso de avançadas técnicas digitais e de comunicação para integrar diferentes formas de geração de energia, circuitos de transmissão e centros de consumo, possibilitando operar uma rede elétrica de forma integrada e com maior eficácia, assegurando aos usuários a confiabilidade necessária e um preço justo pela energia consumida.

A integração de todos os sistemas elétricos, desde as diferentes formas de geração, passando pelas redes integradas de transmissão e

## **Inovação e Tecnologia**

distribuição, os centros consumidores, e os equipamentos eletroeletrônicos inteligentes, dá-se o nome de comunidade *smart grid*.

A figura 1, mostra um panorama do conceito das *smart grids*.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

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

O trabalho apresenta-se na forma de pesquisa bibliográfica com o objetivo de explorar um tema pouco difundido no Brasil, que é fonte de pesquisas internas nas principais concessionárias de energia elétrica para futura implementação. De acordo com Marconi (2010) a pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, etc., com a finalidade de colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto.

Ainda, para Manzo (1971) citado por Marconi (2010), a pesquisa bibliográfica oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde os problemas não se cristalizaram suficientemente.

Assim sendo, como o foco principal do tema abordado é o desenvolvimento das redes de energia elétrica inteligentes, a pesquisa bibliográfica foi a única forma objetiva de abordagem, já que as pesquisas no Brasil, para este tema, estão no início, e muito pouco é revelado por fabricantes ou concessionárias que estudam o sistema.

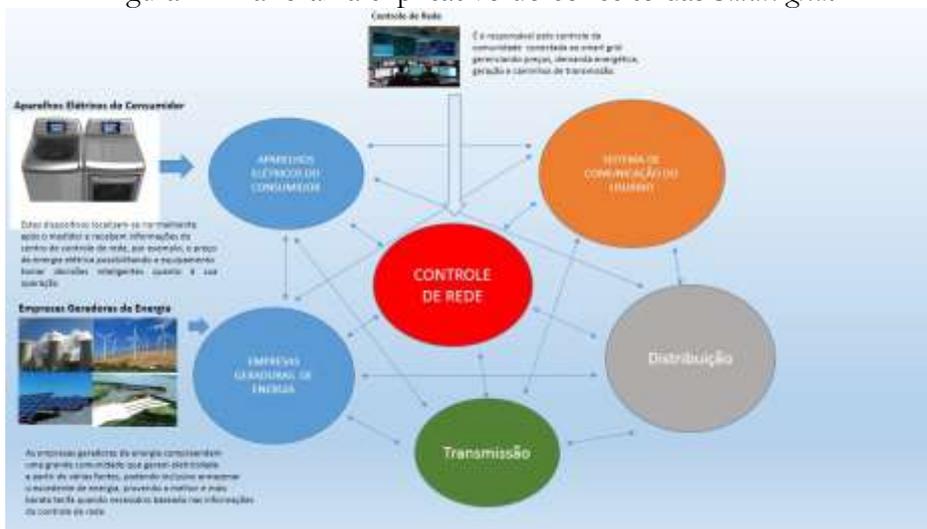
#### **3.2 Unidade de análise**

## Inovação e Tecnologia

Apenas 3 concessionárias de energia elétrica no Brasil, tem suas pesquisas apresentadas de forma pública para os usuários: a Light, concessionária de energia no Estado do Rio de Janeiro, a CEMIG, concessionária no Estado de Minas Gerais e a COPEL, Companhia Paranaense de Energia Elétrica.

As pesquisas desenvolvidas pelas três companhias envolve um agente comum, que é o LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, o que torna o trabalho de pesquisa sobre as *smart grids* semelhante, sendo adaptado apenas às características locais de cada empresa.

Figura 1 – Panorama explicativo do conceito das *Smart grids*.



Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

### 3.3 Instrumentos de coleta de dados

A escassez de material bibliográfico sobre o tema no Brasil foi o fator preponderante para escolha deste tema para discussão o que levou à necessidade de acrescentar uma forma adicional para coletar dados sobre o tema e a pesquisa de campo foi escolhida. Segundo Marconi (2010) a pesquisa de campo consiste na observação de fatos e fenômenos tal como

## **Inovação e Tecnologia**

ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presume relevantes, para analisá-los. Entretanto a pesquisa de campo aqui tratada foi simplesmente para incrementar o material bibliográfico coletado, o que a torna uma pesquisa de campo para o simples fim de coleta de dados que é objetivamente a segunda fase de qualquer trabalho de pesquisa. Marconi (2010) cita Trujillo (1982) para exemplificar este fato alegando que “a pesquisa de campo não deve ser confundida com a simples coleta de dados; é algo mais que isso, pois exige contar com controles adequados e com objetivos preestabelecidos que discriminam suficientemente o que deve ser coletado”.

### **3.4 Forma de análise dos dados**

A análise dos resultados é feita de modo qualitativo, e segundo Best (1972) citado por Marconi (2010), representa a aplicação lógica dedutiva e indutiva do processo de investigação. O que se propõe com isso é ao final, proporcionar uma análise sobre o processo de desenvolvimento das redes de energia elétrica inteligentes no Brasil utilizando as relações existentes entre o que está sendo pesquisado nas empresas, as tecnologias existentes e a realidade do cenário energético brasileiro.

Este processo de análise é realizado de forma interpretativa que segundo Marconi (2007), leva o pesquisador a dar um significado mais amplo às respostas, vinculando-as a outros conhecimentos, em geral a interpretação significa a exposição do verdadeiro significado do material apresentado, em relação aos objetivos propostos e ao tema.

## **4 SMART GRIDS NO BRASIL**

É cada vez mais necessário conseguir uma maior eficiência das redes de energia elétrica, e o grande desafio é implementar um modelo de tecnologia em redes inteligentes que supra a necessidade dos consumidores aumentando a confiabilidade nos sistemas de transmissão e distribuição. São vários os modelos em estudo para implementação hoje

## **Inovação e Tecnologia**

no Brasil, e apresenta-se aqui os tipos em estudo em três empresas no Brasil.

### **4.1 O Desenvolvimento da tecnologia *Smart grid* na LIGHT**

A Light é uma concessionária de energia elétrica presente em 31 municípios do Estado do Rio de Janeiro e em associação a outros parceiros tem desenvolvido o Programa *Smart grid* Light a fim de implantar esta tecnologia em sua área de atuação (Toledo et al., 2012).

Além dos desafios técnicos, a Light apresenta uma análise profunda do perfil social dos usuários como estatísticas de uso da internet, condição social, idade, sexo, entre outros...

Entre todas as empresas pesquisadas a Light é, sem dúvida, a mais adiantada nas pesquisas para implantação de um sistema de *smart grid* em sua rede, entretanto, a uma grande ênfase na automação do processo de automação de medição do consumo de energia elétrica conforme dito anteriormente na seção 2.

#### **4.1.1 Gestão pelo lado da demanda**

Deve haver um equilíbrio contínuo entre o fornecimento e a demanda de energia elétrica, e isto pode ser garantido de duas maneiras: pela gestão da energia pelo lado da oferta (concessionária) ou pela gestão pelo lado da demanda (Demand Side Management – DSM) (TOLEDO et al., 2012).

O DSM, descrito acima, propicia ao consumidor adicionar medidas de controle do consumo de energia elétrica conforme sua necessidade, o que é praticamente inviável pelo lado da oferta (concessionária). A exemplo podemos citar um aumento do consumo de energia no horário de “ponta” ou posto tarifário de “ponta”, neste caso, a concessionária deve prever que haverá um pico de consumo neste período e injetar maior potência elétrica no sistema elétrico para suprir a demanda, entretanto, se essa demanda não for totalmente utilizada, haverá ociosidade de energia no sistema. Em um

## Inovação e Tecnologia

sistema com controle pelo lado da demanda (DSM) o sistema elétrico consumidor poderia informar através de uma rede de comunicação o exato valor da demanda utilizado, fazendo com que a concessionária adicione no sistema apenas a quantidade necessária.

A gestão pelo lado da demanda (DSM) é favorecida pela dificuldade em se prever qual a demanda de energia elétrica será necessária em dado instante (TOLEDO et al., 2012). Na década de 70, quando o país tinha um crescimento previsível, isso era relativamente fácil, cenário que demanda uma nova tecnologia para integração entre os sistemas de geração, transmissão e consumo. Com a utilização deste sistema pode-se reduzir a margem de geração de energia, otimizando o investimento em transmissão e na operação dos sistemas elétricos.

Além do benefício econômico, o foco ambiental ganha foco neste momento, visto que, a facilidade em gerenciar o equilíbrio entre a demanda e o fornecimento de energia, permite a utilização de fontes renováveis e temporárias de energia, como: energia solar e geradores eólicos.

### 4.1.2.1 Micro geração e Microgrid

Conforme descrito anteriormente, usuários que dispõem de fontes alternativas de energia em baixa escala, poderão incorporar o excedente de geração, recebendo uma compensação por isso. Esse sistema que integra fontes renováveis ou não é chamado de *Microgrid*.

A microgrid estará integrada a um sistema de *smart grid* e poderá ser conectada ou desconectada automática ou voluntariamente, dependendo do modo de gestão que a controla, realizado através de algoritmos especiais. O conceito de micro geração não é novo, entretanto se tornou mais evidente nos últimos anos com as novas tecnologias de informação e comunicação, o que permite controlar com maior eficiência as microgrids. A Light desenvolve hoje seus próprios protocolos de comunicação para este fim, e os testa quanto à sua confiabilidade e eficiência.

### 4.1.2.2 Estrutura física para Medição

Um elemento fundamental em uma rede inteligente é o sistema que coleta dados do sistema e os envia para a central de controle *Smart grid*

## Inovação e Tecnologia

automaticamente. Esta é a AMI (Advanced Metering Infrastructure) e permite analisar a demanda e influir na resposta da demanda através da disponibilização de sinais de preços e atuação em dispositivos nas instalações dos consumidores. Utiliza os chamados Smart Meters os quais são medidores eletrônicos com funcionalidade ampliada e capacidade de comunicação bidirecional.

A disponibilidade de comunicação bidirecional entre as concessionárias e os medidores inteligentes nas unidades consumidoras permite a introdução de um sistema de tarifas sazonais. Nesse tipo de sistema, o preço da energia elétrica varia ao longo do dia como forma de incentivar políticas de melhoria do perfil da demanda e, conseqüentemente, redução do custo total de expansão e operação do sistema elétrico.

Ainda, equipamentos elétricos de uso predial, eletrodoméstico e outros, podem ser preparados para se comunicarem com os medidores inteligentes, que, de posse do valor das tarifas em dado instante são capazes de alterar sua demanda em função de sinais de preço ou relacionados com a confiabilidade do sistema elétrico. Estes equipamentos são conhecidos como IED (Intelligent Electronic Devices).

### 4.2 A tecnologia *Smart grid* na CEMIG

Segundo informações colhidas no portal da Companhia Energética de Minas Gerais (2013), o programa *Smart grid* está integrado ao projeto cidades do futuro, em teste na região de Sete Lagoas, a 70 km de Belo Horizonte.

O programa da CEMIG integra cinco pilares, de acordo com o portal cidades do futuro da Cemig, a saber:

- Automação de redes;
- Automação de subestações;
- Automação da medição de consumidores;
- Telecomunicações;
- Integração dos Sistemas Computacionais

## Inovação e Tecnologia

Um item comum permeia estes cinco pilares do desenvolvimento de uma rede *smart grid*, que é o sistema de comunicação, ou TIC (tecnologias de informação e comunicação).

### 4.2.1 Infraestrutura de Comunicação

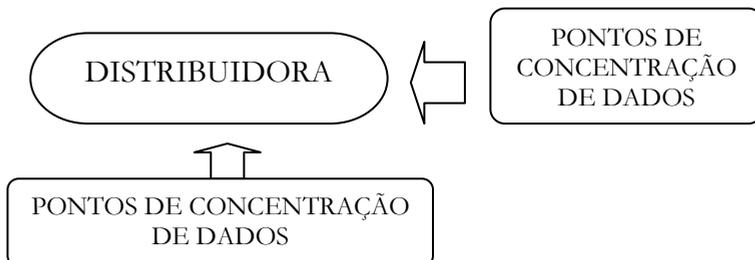
Integrar os diferentes consumidores, grandes área de consumo, geração, transmissão e distribuição de energia é sem dúvida um dos grandes desafios para a implementação de uma rede *smart grid* que envolve uma escala de usuários muito grande em uma área geográfica continental como o Brasil (TOLEDO et al., 2012).

Ainda segundo o autor citado acima, o aspecto técnico de redes de comunicação envolvidas em uma *smart grid* é organizado de forma hierárquica, como exemplo apresentado a seguir na figura 2.

Os dispositivos do consumidor como os IED, podem enviar dados somente para controle local do usuário ou ainda trocar informações relevantes sobre sua operação com o centro de gerenciamento da rede inteligente, essa interface é realizada pelo concentrador que troca informações entre níveis superiores de comunicação com o usuário.

Os medidores e instrumentos coletam e tratam estas informações podendo, se necessário, enviá-la a níveis superiores ou responder imediatamente aos níveis inferiores da rede, finalmente, os pontos de concentração de dados, recebem informações tanto de usuários residenciais, comerciais quanto industriais, além de dados provenientes das microgrids que serão captados e enviados à distribuidora e serão tratados por algoritmos apropriados.

Figura 2. Modelo de hierarquia de rede



## Inovação e Tecnologia

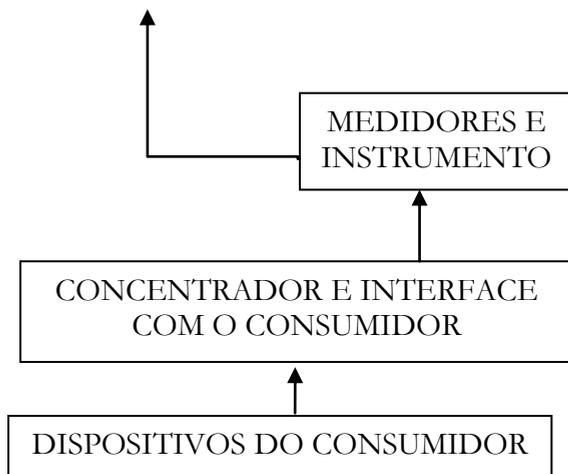


Figura 2. Modelo de hierarquia de rede  
Fonte: Toledo, 2012

Tem-se ainda algumas definições, presentes na infraestrutura de comunicações, que não são diferentes de outras redes de tecnologia da informação, mas, ficam bem claras quanto ao seu uso na aplicação em *smart grids*, de acordo com Toledo (2012), a saber:

### 4.2.1.1 HAN

A rede de comunicação formada entre o concentrador e os dispositivos com o consumidor é a chamada Home Area Network, redes ainda menores como as que comunicam os próprios dispositivos inteligentes são conhecidas como Personal Area Network (PAN).

### 4.2.1.2 NAN

Acima da rede HAN, tem-se a rede que liga medidores e instrumentos aos pontos de concentração de dados denominada NAN (Neighborhood Area Network) e pode interligar diversas redes HAN em sua estrutura.

## Inovação e Tecnologia

### 4.2.1.3 WAN

Por fim, para conectar os diversos concentradores de dados com a distribuidora, temos um perfil da Wide Area Network (WAN). Embora complexa, é a mais simples de ser implementada, pois pode aproveitar a infraestrutura já existente de telecomunicações para operar.

### 4.2.2 Tecnologias de Comunicação Utilizadas

A infraestrutura de comunicação para atender as hierarquias requisitadas acima possuem requisitos básicos (TOLEDO et al., 2012), como a padrões que aproveitem ao máximo o que já existe na indústria de eletroeletrônicos. A exemplo, internacionalmente, em algumas aplicações foi adotada a tecnologia ZigbeePRO SEP (Smart Energy Profile) e em vários casos existe a previsão do uso da tecnologia Wi-Fi e Bluetooth, devido a já existência de dispositivos com esta tecnologia no mercado.

Em redes NAN, a experiência internacional ainda segundo o autor acima citado, sugere a adoção de uma tecnologia aberta, padronizada e de baixo custo. No programa de *Smart grid* da Light e da CEMIG foi adotada a tecnologia ZigbeePRO com alterações pontuais para privilegiar os instrumentos e protocolos existentes nacionalmente.

Já o formato WAN tem padrões mais bem definidos para operacionalização, e o TCP/IP sobre Wi-Fi, GPRS ou Satélite tem sido a opção de primeira escolha para esta hierarquia.

Os dispositivos terminais IP *Smart grid*, podem estar presentes em qualquer setor da hierarquia de rede e também conhecidos como *nodes*, são definidos como qualquer dispositivo IP ativo usado em uma *Smart grid*, tais como medidores inteligentes (smart meters), sensores, relés, atuadores, IED (Intelligent Electronic Devices), ou qualquer outro equipamento que obtém dados e gera um fluxo de informações que pode ser encaminhado via IP para outro dispositivo. Hoje, o IP é um protocolo conhecido e predominante na maioria das centrais e redes WAN, o IP ainda está em sua iniciando seu processo de entrada nas redes de comunicação *smart grid* diversas questões precisam ser abordadas antes da adoção plena ou a recomendação de uma convergência de fim-a-fim da camada IP, entretanto, devido à grande

## Inovação e Tecnologia

utilização do IP em outras aplicações, a experiência indústria de comunicações irá contribuir para otimizar o desenvolvimento do protocolo IP sobre sistemas *smart grid*.

### 4.3 PLC: O embrião da tecnologia *Smart grid* na COPEL

Conforme discutido anteriormente, não se pode confundir uma rede que possui medidores inteligentes com uma rede *smart grid*, o conceito de medidores inteligentes é parte da infraestrutura de uma *smart grid*, e a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) possui um grande conhecimento nesta área, e compõe o cerne para o desenvolvimento de uma rede *smart grid*.

Cemig e Copel têm projetos parecidos que servem como amostra para a implantação *smart grid* em suas áreas de atuação. A Copel desenvolve seu trabalho em Fazenda do Rio Grande, próxima a Curitiba, e que foi escolhida por apresentar um perfil semelhante aos usuários do estado.

Descreve-se nos itens acima os principais temas abordados em cada um dos programas, e o principal projeto da Copel é a automatização de suas rotinas em sistemas de distribuição, começando pela instalação desde 2007 de milhares de medidores eletrônicos. Esses medidores inteligentes fazem parte do embrião para a implementação da futura rede *smart grid* da Copel e abordaremos aqui os aspectos principais deste item de infraestrutura.

As informações abaixo foram obtidas utilizando-se entrevistas com profissionais da área, e acompanhamento aos locais onde a tecnologia é testada.

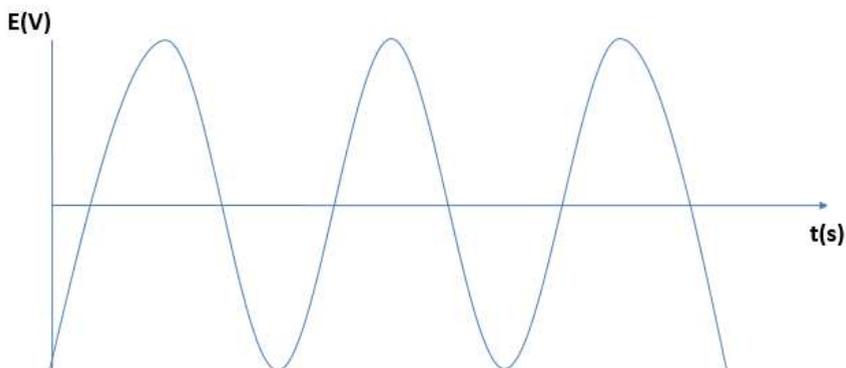
#### 4.3.1 PLC

Power Line Communication (PLC) é usado para transmitir informações (dados) aproveitando a rede elétrica já existente. Como a frequência da energia transmitida na rede elétrica é de 60 HZ (figura 3), pode-se utilizá-la como portadora de dados injetando um sinal com maior

## Inovação e Tecnologia

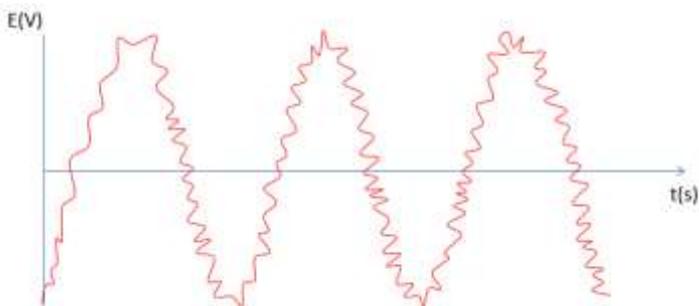
frequência separando um sinal do outro conforme necessário, esta frequência situa-se na faixa de 3 a 95 kHz (figura 4).

Figura 3 – Portadora de dados 60 Hz



Fonte: Dados do autor, 2013.

Figura 4 – Sinal Modulado



Fonte: Dados do autor, 2013.

Com isso, qualquer equipamento que utilize esta tecnologia pode se comunicar bidirecionalmente na área em que está instalado (HAN). Aqui, também existe uma hierarquia de comunicação, que converge todos os dados

## Inovação e Tecnologia

recebidos dos consumidores, em um concentrador de dados e os envia a concessionária.

Figura 5 – Concentrador de dados



(a)



um

Concentrador de Dados

(b)

Fonte: Dados do autor, 2013.

Acima (figura 5) tem-se o concentrador de dados, que recebe as informações transmitidas pelos medidores eletrônicos, esses dados referem-se à consumo e *status* da unidade consumidora (ligada ou desligada), e dá a possibilidade para que a concessionária monitore estas informações utilizando-as as mais variadas funções.

## Inovação e Tecnologia

O concentrador de rede monitora ainda a potência que está sendo entregue ao sistema elétrico local, podendo comparar com os consumidores conectados a ele o uso dessa energia, aqui, pode-se detectar problemas como ligações clandestinas, a exemplo.

A transmissão dos dados para a concessionária, é realizada via IP/GPRS em um formato WAN, ou seja, fica claro aqui, que mesmo sendo um modelo inicial para implementação de uma rede inteligente, muitos dos conceitos já são aplicados e servem de modelo para futuras implementações. Outros canais de comunicação podem futuramente ser implementados aqui, como fibras ópticas ou ainda o uso da rede telefônica convencional, entretanto, sistemas móveis abertos tem sido a escolha com melhor confiabilidade/benefício atualmente.

### 4.3.1.2 Medidores Eletrônicos

Figura 6 – Medidor eletrônico na unidade consumidora



Fonte: Dados do autor, 2013

## Inovação e Tecnologia

O medidor eletrônico monitora o consumo e através da rede PLC envia os dados ao concentrador de dados. O usuário pode acompanhar através de seu mostrador digital, dados elementares como o estado da unidade consumidora (conectada ou desconectada), falhas, e o consumo. Elimina-se aqui a necessidade de medição presencial, podendo esta ser realizada na própria concessionária para fins de tarifação. Entretanto, a funcionalidade desses medidores é limitada, pois não permite um gerenciamento do consumo por parte do usuário.

### 4.3.1.3. Dados Obtidos com os Medidores Eletrônicos

O controle mais elementar que pode ser obtido utilizando os dados obtidos remotamente dos medidores eletrônicos nos dá a exata dimensão do que ocorre com o setor elétrico atualmente no Brasil. Observa-se na figura 7 tem-se um panorama do consumo de várias UC (Unidades Consumidoras) conectadas a um determinado concentrador de rede. Na figura 8, o consumo diário de uma UC, mostra claramente os períodos de pico de consumo de energia elétrica, efeito que não acontece somente nesta UC, mas é comum no país todo.

Ao se implementar uma rede *smart grid* utilizando estas informações, a concessionária poderia cobrar o usuário através de uma tarifa horo-sazonal incentivando-o a consumir menos nos horários de ponta.

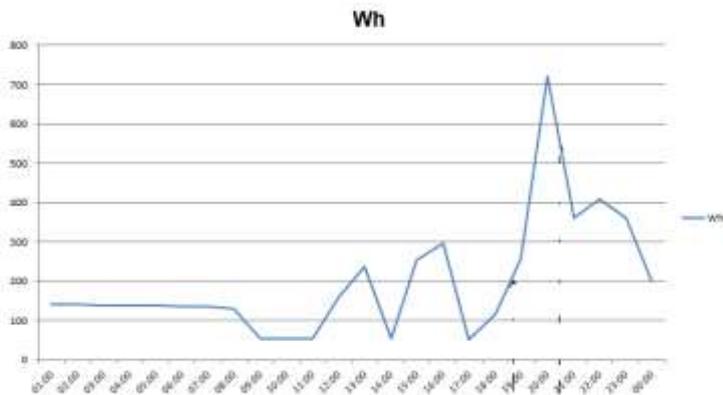
Figura 7 – Gráfico de consumo mensal de um grupo de usuários ou usuário individual.

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Dados do autor, 2013.

Figura 8 – Gráfico de consumo diário por unidade consumidora.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

## 5 CONCLUSÕES

Procurou-se mostrar nos tópicos anteriores a forma como uma rede *smart grid* trabalha, automatizando o processo de controle de geração e consumo de energia elétrica, como três das maiores empresas do setor

## Inovação e Tecnologia

elétrico do Brasil estão tratando este tema, e as principais abordagens de seus estudos. Ficou claro que uma rede *smart grid* pode trazer grandes benefícios não só para as companhias mas principalmente para seus usuários que terão a possibilidade de controlar a forma como querem consumir energia elétrica, assim como já o fazem com a telefonia, onde se o usuário determina a forma de uso do produto.

O cenário energético no Brasil exige que formas diferenciadas de se tratar a geração, transmissão e o consumo de energia elétrica, o que faz das redes inteligentes um investimento seguro por parte do governo federal e das concessionárias de energia elétrica. No campo tecnológico, torna-se claro que, assim como aconteceu no campo da automação industrial a partir dos anos 80, a infraestrutura esbarra no problema da padronização das tecnologias, principalmente às relacionadas com a comunicação de dados entre os diferentes pontos da rede.

Os estudos que estão sendo realizados pelas companhia concessionárias de energia elétrica devem alimentar um plano em larga escala para implementação das *smart grids* no Brasil, com participação efetiva dos órgãos reguladores (Ministério de Minas e Energia, ANEEL, ANATEL..., entre outros), além da participação dos usuários nas consultas públicas.

Vale ressaltar que o Brasil possui localidades que não recebem energia elétrica de qualidade, e outros sequer recebem energia elétrica, o que torna o trabalho com as redes inteligentes um dos planos estratégicos para que o país evolua. Meio ambiente, a vida social da população e o desenvolvimento tecnológico o país estão intimamente ligados à um melhor controle do processo de consumo de energia elétrica, e sem dúvida, as *smart grids* contribuirão de forma significativa para tal.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Cadernos Temáticos Aneel - Tarifas de Fornecimento de Energia Elétrica**. Brasília, ANEEL, 2005

## **Inovação e Tecnologia**

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, ANEEL, 2008

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Portal da Companhia Energética de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br>>. Acessado em: 02/01/2013.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. LTC Editora, 15ª. Ed., Rio de Janeiro, 2007.

FERREIRA, M. C. A. F. **Perspectivas e Desafios para a Implantação das Smart grids: um estudo de caso dos EUA, Portugal e Brasil**. 2010. Monografia de Final de Curso. (Instituto de Economia, UFRJ). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. Editora Atlas, São Paulo, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. Editora Atlas, São Paulo, 2007.

TOLEDO, Fabio. Et. Al. **Desvendando as redes elétricas inteligentes**. Brasport Editora, Rio de Janeiro, 2012.

U.S. DEPARTAMENT OF ENERGY. *Smart grid: An Introduction*. Estados Unidos da América: 2010. Disponível em: <http://www.oe.energy.gov>. Acessado em: 22/12/2012.

## Inovação e Tecnologia

### Capítulo III – *Retrofitting* Em Máquinas Industriais

#### RETROFITTING INDUSTRIAL MACHINES

<NILTON ANTONIO FORNACIARI JUNIOR><sup>9</sup>

<VICENTE DE LIMA GONGORA><sup>10</sup>

<EDGARD J.C. MENEZEZ><sup>11</sup>

<FLÁVIO ANTUNES FERREIRA><sup>12</sup>

**Resumo:** O *retrofitting* ou modernização de uma máquina operatriz é a incorporação de melhorias tecnológicas a esta, a fim de aumentar a vida útil dos equipamentos promovendo menores investimentos do que a compra de uma nova máquina. O objetivo deste trabalho é mostrar os passos necessários para realização do *retrofitting* de uma máquina operatriz da marca INVICTA modelo RR35, que realiza o corte de perfis de alumínio utilizados na fabricação de equipamentos eletrônicos na empresa ATTACK do Brasil Ltda. Para fazer esta modernização foi instalado CLP (Controlador Logico Programável), Sensores indutivos, Cilindros e Válvulas pneumáticas e a reforma de toda a estrutura da máquina. Com a serra no modo atual foi constatado que ela não apresentava segurança ao operador e além disso um enorme desgaste mecânico que provocava falhas no processo de produção. Desta forma este projeto visa reduzir intervenções desnecessárias de manutenção e evitar acidentes de trabalho.

**Palavras-chave:** *Retrofitting*, CLP (Controlador Logico Programável), *Ladder*.

---

<sup>1</sup> <Especialista>, <FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI/SC >.

<sup>1</sup> <Mestre >, <FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI LONDRINA>,  
<vicente.gongora@pr.senai.br>

<sup>11</sup> <Dr.>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <edgard.menezes@pr.senai.br>

<sup>12</sup> <Tecnólogo em Mecânica Industrial – UTFPR>, Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>,  
<Flavio.ferreira@pr.senai.br>

## **Inovação e Tecnologia**

**Abstract:** The retrofitting or upgrading a machine tool is the incorporation of technological improvements to this in order to increase equipment life by promoting smaller investment than buying a new machine. The objective of this work and shows the step necessary to perform the retrofitting of a machine tool brand INVICTA Model RR35, which performs the cutting of aluminum profiles used in the manufacture of electronic equipment in the company's ATTACK Brazil Ltda. To do this upgrade was installed PLC (programmable logic controller), Inductive sensors, pneumatic cylinders and valves and also reform the entire structure of the machine. With the saw in current mode it was found that it showed no operator safety and moreover a large mechanical wear, which caused failure in the production process. Thus this project aims to reduce unnecessary interventions of maintenance and avoid accidents.

**Key-words:** Retrofitting, PLC (programmable logic controller), Ladder.

### **1 INTRODUÇÃO**

Em uma empresa a máquina não deve parar durante o funcionamento do processo e assim, as paradas por necessidade de serviço como preparação da máquina e as desnecessárias, como por exemplo, manutenção corretiva e acidentes de trabalho, deveriam ser evitados ao mínimo.

Este artigo tem como objetivo mostrar as etapas de retrofitting em uma Serra Giratória fabricante INVICTA modelo RR35 especificamente visando aumentar os aspectos de segurança, redução de paradas indesejadas e aumentando a vida útil da máquina.

O trabalho consiste em projetar, desmontar e montar a máquina de acordo com as alterações necessária para que a mesma apresente o resultado satisfatório. Outro ponto importante é que todo acidente é evitável e a sua incidência no trabalho denota, quase sempre, falta de aptidão para o manuseio da máquina como é o caso dos iniciantes.

De modo que o artigo propõe melhorar o desempenho da máquina em relação ao seu funcionamento, a facilitação do seu uso por parte dos

## **Inovação e Tecnologia**

operadores, rapidez na identificação de problemas elétricos, manutenção nos sistemas pneumáticos e maior proteção da máquina.

Foi utilizado o software Solid Works para o projeto mecânico, o CLP Logo da Siemens para fazer o processamento dos dados, Válvulas e Cilindros NORGREN, para desenvolver e realizar o projeto de retrofitting na antiga Serra giratória da metalúrgica na empresa ATTACK do Brasil Ltda.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

As indústrias fabricantes de máquinas-ferramentas investem cada vez mais em novas tecnologias de manufatura, com o objetivo de melhorar a produtividade e reduzir custos (RIBEIRO et al, 2007).

Em máquinas-ferramentas o investimento da modernização depende do projeto e da tecnologia utilizada, mas o seu custo final sempre visa ser inferior ao de uma máquina nova. Estima-se que esse valor pode ficar entre 10% e 30%, dependendo das condições atuais dos equipamentos e o que se deseja obter (PINHEIRO, 2004).

No ponto de vista econômico, a aquisição de novos equipamentos com o objetivo de substituir as máquinas antigas é um investimento alto, necessitando primeiramente a realização de um estudo de caso para verificar a relação custo e benefício. Uma alternativa que vem sendo experimentada com muito sucesso por diversas empresas é a denominada modernização ou retrofitting.

O retrofitting, segundo Marcondes (2008) significa modernizar ou atualizar. Erroneamente é conhecido como reforma, tal ação significa reparar, restaurar, consertar. Embora possam em algumas situações ser aplicadas dentro de um mesmo período de intervenção.

De acordo com o autor, o retrofitting vem sendo aplicado cada vez mais no mercado brasileiro e mundial especialmente para máquinas de grande porte e/ou especiais, pois os prazos de entrega de uma nova chegam a superar os 12 meses. Uma máquina que passa por uma modernização bem executada tem o desempenho e vida útil comparável à de uma nova da mesma categoria, por um custo menor.

## Inovação e Tecnologia

Como vantagens do retrofitting citam-se:

- Aumento da produtividade e redução dos períodos de inatividade
- Redução de riscos de segurança custos e garantias de peças de reposição por um longo período

Para se fazer um retrofitting pode-se fazer uma reconversão de máquina convencional em uma máquina controlada por CNC (Comando Numérico Computadorizado) ou a atualização do sistema de controle de uma máquina antiga (SISTEMAS, 2009).

No ponto de vista de (Vilela, 2000), “no Brasil, saúde, condições de trabalho e acidentes são preocupações dos trabalhadores desde o início do processo de industrialização. Neste período, que tem muita semelhança com o ocorrido na Europa, verificam-se as péssimas condições de trabalho, com jornadas prolongadas, baixos salários, emprego de crianças” e alto índice de acidentes do trabalho.

Segundo Goldman (2002), os principais agentes causadores de acidentes no setor metal mecânico foram, manuseio de chapas, prensa, tornos, serras e furadeiras. Araújo (1989), afirma que com o processo de automação existe um menor risco de acidentes, de invalidez e de doenças nas fábricas automatizadas, pela possibilidade de controle remoto e a eliminação das tarefas mais difíceis e perigosas e redução considerável da fadiga.

O elevado número de acidentes originados no sistema elétrico impõe novos métodos e dispositivos que permite o uso seguro e adequado da eletricidade reduzindo o perigo às pessoas, além de perdas de energia e danos às instalações elétricas. A destruição de equipamentos e incêndios é muitas vezes causada por correntes de fuga em instalações mal executadas, subdimensionadas, com má conservação ou envelhecimento. As correntes de fuga provocam riscos às pessoas, aumento de consumo de energia, aquecimento indevido, destruição da isolação, podendo até ocasionar incêndios.

Com a criação dos CLP's os relés eletromagnéticos, especialmente projetados para este fim, realizavam as tarefas de comando de controle de máquinas e processos industriais.

## Inovação e Tecnologia

Os relés eletromagnéticos apresentam desvantagens em relação aos CLP's como, por exemplo, problemas de desgaste e velocidade de comutação. Como as instalações possuíam uma grande quantidade de elementos, a ocorrência de falhas qualquer significava o comprometimento de várias horas ou mesmo dias de trabalho de pesquisa e correção do elemento defeituoso. Além disto, pelo fato de os relés apresentarem dimensão física elevada, os painéis ocupavam grande espaço, o qual deveria ser protegida contra umidade, sobre temperatura, gases inflamáveis, oxidações, poeira e etc. (MOREIRA, 2002).

Um fator muito importante era que a cada mudança na lógica de controle de painéis o comando tinha que mudar a sua estrutura física de ligações, embora esta utilizasse lógica fixa (hardware). Estas mudanças implicam em altos gastos de tempo e dinheiro.

Segundo Moreira (2002) a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), classifica o CLP como um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Em serras elétricas utilizam-se motores elétricos, que são máquinas capazes de promoverem a transformação de energia elétrica em energia mecânica.

Há diversos tipos de motores empregados em instalações industriais. Porém, o motor assíncrono de indução trifásico é o mais utilizado, pois possuem as vantagens da longa vida útil, baixo custo, pouca manutenção, facilidade de transporte e limpeza, simplicidade de construção, não é poluente, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos (ULIANA, 2008).

Os motores de indução são constituído basicamente de duas partes distintas

- Estator: é a parte do motor que se mantém fixo a carcaça. É constituído por um circuito magnético estático, formado por chapas ferromagnéticas empilhadas e isoladas entre si, além de bobinas localizadas em cavidades abertas no estator e alimentadas pela rede de corrente alternada.

## Inovação e Tecnologia

- Rotor: possui um núcleo ferromagnético, também laminado, sobre o qual se encontra em paralelo, nos quais são induzidas correntes provocadas pela corrente alternada das bobinas do estator.

De acordo com Mamede Filho (1986), quando os enrolamentos do motor de indução são submetidos à passagem de uma corrente alternada forma-se um campo magnético rotativo no estator, conseqüentemente no rotor via surgir uma força eletromotriz induzida (f.e.m.) devido ao fluxo que em função da sua variação se desloca em volta do rotor. A f.e.m. induzida no rotor que tende a opor-se à causa que lhe deu origem, sendo, no entanto arrastado por este, criando assim um movimento giratório no rotor.

O princípio de funcionamento do motor de indução baseia-se em duas leis do eletromagnetismo, a lei de Lenz e a lei de Faraday.

Sempre que através da superfície abraçada por um círculo tiver lugar uma variação de fluxo, gera-se nesse circuito uma força eletromotriz induzida. Se o circuito é fechado será percorrido por uma corrente induzida (apud FARADAY e MAMEDE FILHOI, 1986).

O termo “pneumático” esta relacionada ao ar, ou seja, os cilindros pneumáticos usam diferenciais de pressão de ar para produzir força e movimento, resultando em trabalho mecânico.

A energia mecânica da força aplicada ou a energia cinética do movimento. Dentro do cilindro, duas câmaras são mantidas com pressões de ar diferentes. Um pistão, às vezes chamado de haste, preso à parede divisória, é posto em movimento quando o volume de ar das câmaras muda em resposta à pressão relativa das duas câmaras. Pelo menos uma das câmaras é conectada a uma porta que permite o fluxo de ar para dentro e para fora do cilindro.

Câmaras pneumáticas diferentes terão especificações operacionais diferentes. Há duas características específicas do cilindro, que é a distância entre as posições do pistão completamente estendido e totalmente retraído, e a faixa de pressão operacional. A faixa de pressão reflete a quantidade mínima de pressão necessária para acionar o cilindro e a pressão máxima que o cilindro pode conter com segurança, e determina a quantidade e a natureza do trabalho que o cilindro consegue executar. Outra característica importante são as opções de montagens para o dispositivo, que em última análise,

## **Inovação e Tecnologia**

determinam como o cilindro pode ser incorporado em um sistema mecânico maior.

Na maioria dos casos, a ação imediata de um cilindro de ar é proporcionada por uma unidade de pistão, e assim, em última análise, a função de toda a máquina pode ser operada ou acionada pelo movimento do pistão. Sistemas pneumáticos podem empurrar e puxar, levantar objetos, abrir e fechar portas, remover e posicionar peças na fabricação e produzir uma ação de fixação. Os cilindros de ar aparecem frequentemente em materiais de manuseio e processamento e em sistemas de segurança onde vedações herméticas são necessárias.

A principal distinção entre os cilindros pneumáticos é se são cilindros de simples efeito (SAC) ou de dupla ação (DAC). Os modelos de cilindros de efeito simples usam a força da pressão de ar para mover uma haste em uma única direção, geralmente longe do cilindro. Nestes mecanismos, uma mola retorna o pistão à posição original quando a pressão do ar é liberada. Nos cilindros de dupla ação, a pressão do ar é usada em ambos os cursos de extensão e retração, permitindo a operação detalhada em ambas as direções. Os cilindros DAC têm duas portas, uma para cada controle de curso.

O software Solid Works é um sistema desenvolvido para realizar desenho, simulação e projeto, além de gerar documentação para a produção ou montagem da máquina. É uma forma eficaz de engenharia de software para fazer desenhos, além de permitir o dimensionamento e lista de componentes utilizados.

O software LOGO SIEMENS é um sistema desenvolvido para realizar programação em CLP's SIEMENS da linha LOGO além de simular seu funcionamento e visualizar em tempo real os estados de saída e entradas das portas do CLP.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Como forma de tecer os argumentos necessários para sustentar os objetivos propostos deste artigo, foi feita uma pesquisa bibliográfica voltada principalmente para as áreas de técnicas em engenharia, na busca de uma

## Inovação e Tecnologia

melhor compreensão da utilização das ferramentas e procedimentos técnicos do retrofit em prol de uma melhoria nos parâmetros de produção.

As etapas desta alteração foram; verificações mecânicas da máquina, projeto estrutural, alterações mecânicas, adaptação pneumáticas, reforma da parte elétrica e inserção do CLP.

## 4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Nas empresas são comuns os relatos de erros acidentais por parte de operadores, devido à desatenção e a falta de segurança nas máquinas. No setor metalúrgico na empresa ATTACK do Brasil, em observações nas operações da Serra Giratória fabricante INVICTA modelo RR35, constatou-se que a operação era muito arriscada para seus operadores e colaboradores que também trabalham próximo a mesma, conforme figura 1.

**Figura 1 – Riscos ao operador**



**Fonte: Dos autores**

Para evitar acidentes oriundos da operação da serra conforme a Norma Regulamentadora 12 Segurança com máquinas e equipamentos, foi instalado em sua estrutura uma caixa para coleta de cavacos e também foi inserido em sua rotina de funcionamento tempos de acionamentos nos cilindros de travamento da peça a ser cortada e deslocamento do motor de corte e englobando todo o sistema 2 botões de emergência que ao ser acionada encerra a operação em qualquer ponto, conforme figura 2.

## Inovação e Tecnologia

**Figura 2 – Botões de emergência.**



**Fonte: Fonte: Dos autores**

Outro fator importante no retrofiting foi à instalação de dois cilindros pneumáticos no deslocamento do motor de corte onde eliminou a torção da serra no momento do corte, conforme figura 3.

**Figura 3 – Cilindros de deslocamento do motor de corte**

## Inovação e Tecnologia



**Fonte: Dos autores**

Também foram instalados sensores indutivos para detectar a presença de alumínio no ponto de corte, assim eliminando que a máquina corte materiais que não são apropriados para a Serra, não deixando de falar do sistema de refrigeração do disco de corte, conforme figura 4.

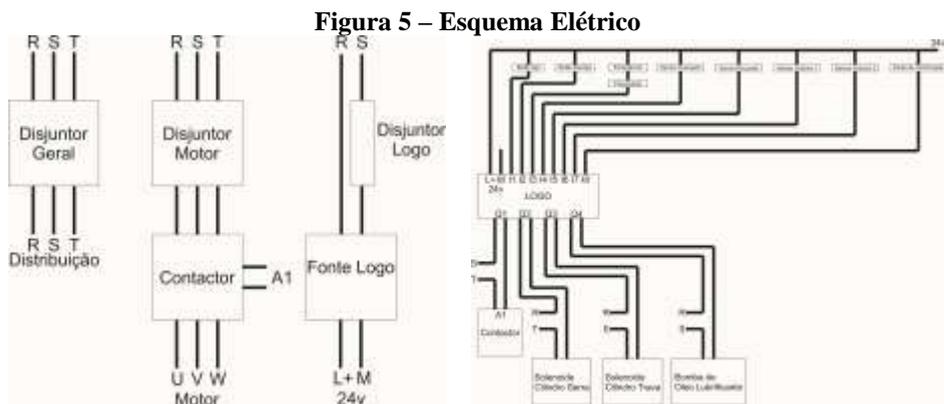
**Figura 4 – Sensores indutivos e sistema de refrigeração**



**Fonte: Dos autores**

## Inovação e Tecnologia

O esquema elétrico da serra também consta com varias seguranças para não danificar a maquina, como disjuntor motor no motor da serra, isolamento dos circuito de comando em relação ao circuito de potência, como mostra na figura 5.



**Fonte: Dos autores**

Todas as rotinas de funcionamento estão gravadas no CLP LOGO, que após receber informações dos fins de cursos e sensores realizam uma determinada rotina, conforme figura 6.

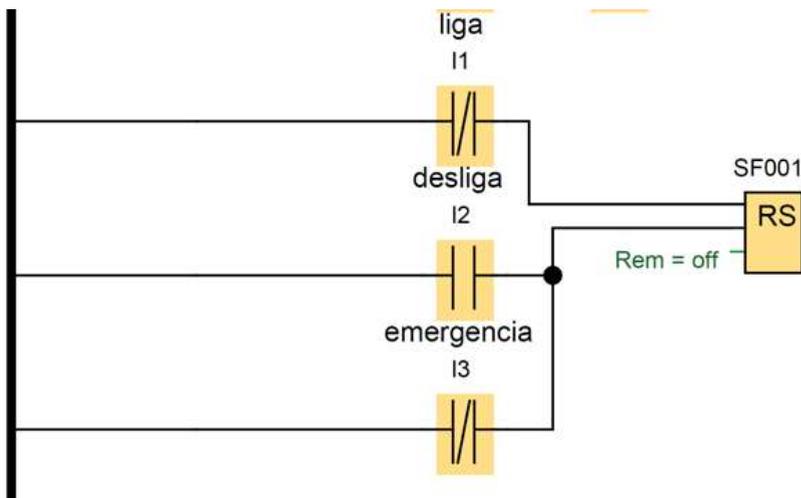
**Figura 6 – Programa LADDER.**



## Inovação e Tecnologia

foi verificado o nível lógico enviando ao CLP na posição normal do componente. Observa-se, que por motivo de segurança, os botões de emergência cancela a operação, como mostra a figura 7.

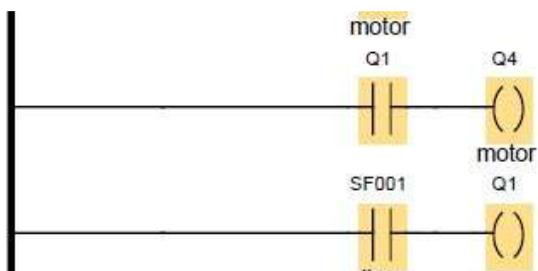
Figura 7 – Emergência.



Fonte: Dos autores

A figura 7 mostra também a logica de funcionamento da partida e desligamento com o bloco de função RS onde ele armazena o ultimo estado das entradas. A resposta do sistema após o acionamento da entrada I1 é o acionamento do motor da serra e refrigeração, como mostra a figura 8.

**Figura 8 – Saídas das Partidas**

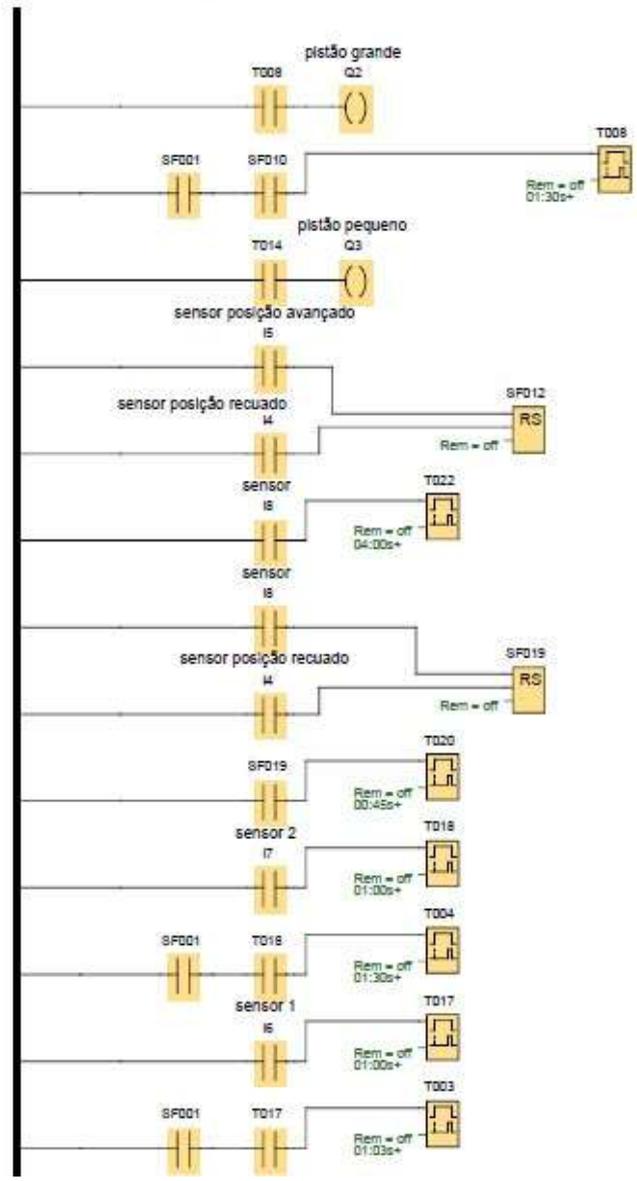


**Fonte: Dos autores**

A operação automática do motor de corte e das travas de alumínio da Serra se dá através da sequência mostrada na figura 9, onde para que os cilindros de travamento das peças e o cilindro de deslocamento do motor acione e necessário que os sensores, detectem o alumínio e o mesmo não saia da área de detecção do sensor, pois foram inseridos no programa alguns watchdog (cão de guarda) aonde eles contam o tempo pré-programado para mudar seu estado e dar continuidade na operação, como mostra a figura 9.

**Inovação e Tecnologia**

**Figura 9 – Acionamento Final**

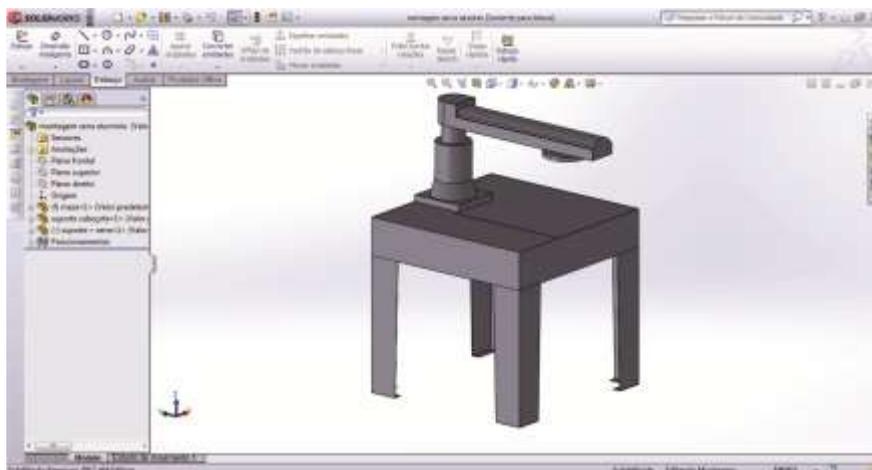


**Fonte: Dos autores**

## Inovação e Tecnologia

Ao deslocar do motor da Serra o operador se afasta da serra e espera sua operação finalizar-se. Todas as alterações mecânicas foram antes testadas no Solid Works onde podemos constatar a viabilidade do projeto conforme mostra a figura 10.

**Figura 10 – Alterações Mecânicas**



**Fonte: Dos autores**

## 4 CONCLUSÃO

O *retrofitting* realizado na Serra giratória INVICTA modelo RR35 da empresa ATTACK do Brasil foi realizado com sucesso conforme dados levantados. As alterações permitiu que a máquina aumentasse sua vida útil e também a segurança aos operadores, não comprometendo seu rendimento de produção.

As alterações realizadas na máquina mostraram-se ser bastante eficiente tanto no aspecto qualidade do produto industrializado quanto à segurança dos operadores e das pessoas que trabalham próximo da mesma, também problemas de atropelamento do disco da serra parado com o perfil de alumínio não acontecerão, pois uma das variáveis necessárias para

## Inovação e Tecnologia

movimentação do carro de corte é o motor da serra em funcionamento, como podemos constatar no programa.

Esta etapa de *retrofitting* realizada na máquina mostrou ser vantajosa, pois suas alterações com mão-de-obra e peças ficaram em R\$5.250,00, se fosse comprar uma máquina nova sairia no valor de R\$15.000,00 comprovando assim viabilidade do projeto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações elétricas de baixa tensão**. NBR5410 - Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARBOSA, André Luiz. **Simulador de PLC**. Disponível em: <[www.andrebarbosa.eti.br](http://www.andrebarbosa.eti.br)>. Acesso em: 20 fev. 2013.

BRAGA, Carmela Maria Polito. **Norma IEC 1131-3**. Minas Gerais, EEUFMG, 2005. Disponível em: <[www.cpdee.ufmg.br/~carmela/NORMA%20IEC%201131.doc](http://www.cpdee.ufmg.br/~carmela/NORMA%20IEC%201131.doc)>. Acesso em: 20 fev. 2013.

CARVALHO, Marcelo. **Usinagem**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/usinagem-pdf-a6398.html>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

GOLDMAN, Claudio Fernando. **Análise de acidentes de trabalho ocorridos na atividade da indústria metalúrgica e metal-mecânica no estado do Rio Grande do Sul em 1996 e 1997 breve interligação sobre o trabalho do soldador**. 2002. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Cap. 2, 2002.

GUEDES, Manoel Vaz. **O motor de indução trifásico seleção e aplicação**. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1994.

## **Inovação e Tecnologia**

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas Industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 1986.

MARCONDES, Francisco. Retrofitting pode ser um bom negócio? Revista mensal: **O Mundo da Usinagem**, São Paulo, Vera Natale, v.2, n. 44, 18 fev. 2013.

MAZUCO, Gislaine et al. **Torno Mecânico - Usinagem**. Porto Alegre: SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2013.

MOREIRA, André Pimentel. **Controladores Lógicos Programáveis**. Apostila do Curso Técnico em Mecatrônica, Fortaleza: Senai - Departamento Regional do Ceará, 2002.

PINHEIRO, José Mauricio Santos. **O retrofitting nas redes de computadores**. Projeto de redes, Rio de Janeiro, 2004.

SISTEMAS, Voxel Engenharia de. **Retrofitting para Prensas Dobradeiras**. Disponível em: <<http://www.voxel.com.br/pt/clientes/retrofitting/retrofitting.aspx>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

TECHNOLOGIES, Famic. **Software Automation Studio**. Disponível em: <<http://www.automationstudio.com/>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

ULIANA, Jorge Eduardo. **Apostila comando e motores elétricos**. Londrina: SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2013.

VILELA, Rodolfo Andrade Gouveia. **Acidentes do trabalho com máquinas - identificação de riscos e prevenção**. Piracicaba: Kingraf, 2000.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo IV - Proposta Para Automação do Sistema de Contagem Métrica e Rebobinamento De Fita De Borda

## PROPOSAL FOR AUTOMATION OF THE METRIC SYSTEM OF COUNTING AND REWINDING TAPE EDGE

<AUGUSTO CESAR SORJE GONÇALVES><sup>13</sup>  
<VICENTE DE LIMA GONGORA><sup>14</sup>

**Resumo:** Este artigo propõe um equipamento automatizado capaz de auxiliar as distribuidoras e revendas do ramo de produtos para marcenarias, a fim de minimizar os esforços dos colaboradores e agilizar os processos de rebobinamento das fitas de borda. O artigo apresenta o projeto completo, utilizando CLP com IHM e linguagem de programação em *LADDER*. Para o desenvolvimento foram utilizadas bibliografias existentes e pesquisas experimentais, que consistem em determinar as variáveis, definir os controles de processos e observar os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Automação Industrial. Máquina de Rebobinar. Fita de Borda.

**Abstract:** This paper proposes automated equipment capable of helping the distributors and retailers of products for the woodworking industry in order to minimize the efforts of employees and streamline the rewinding process of the tape edge. The paper presents the complete project, using PLC and HMI and programming language *LADDER*. To develop existing bibliographies were used and experimental research, which consist in determining the variables, define the process controls and observe the results.

**Key-words:** Industrial Automation. Rewind Machine. Tape Edge.

---

<sup>13</sup> <Especialista>, <Ministério da Defesa>, <sorje@sercomtel.com.br>

<sup>14</sup> <Mestre>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <vicente.gongora@pr.senai.br>

## Inovação e Tecnologia

### 1 INTRODUÇÃO

As fitas de borda ou bordo, como também são conhecidas, são utilizadas para dar acabamento nas laterais de chapas de *Medium-density fiberboard* (MDF), *Medium-density particleboard* (MDP), compensados, entre outras, utilizadas para fabricação de móveis. Normalmente fabricadas em *Polyvinyl chloride*, em português Policloreto de Polivinila (PVC), de diferentes espessuras e larguras.

Propõe-se apresentar um equipamento automatizado capaz de auxiliar as distribuidoras e revendas do ramo, a fim de minimizar os esforços dos empregados e agilizar o processo de rebobinamento das fitas de borda.

No dia a dia de uma revenda de produtos para marcenaria, um produto como fita de borda é negociado a todo o momento, porém a mesma é adquirida em rolos de 300 metros e negociada no balcão em frações menores, para isso a empresa precisa rebobinar e dividir as quantidades. Atualmente o mercado não disponibiliza equipamento automatizado capaz de suprir a necessidade das revendas do setor, sendo assim, propõe-se um projeto utilizando Controlador Lógico Programável (CLP) com Interface Homem Máquina (IHM) da empresa WEG Equipamentos Elétricos S.A., cujo modelo é a versão de entrada do PLC300, onde o mesmo será detalhado no decorrer deste artigo.

Será apresentado um orçamento estimativo para a implantação do projeto, bem como, os motivos pelos quais foram escolhidos os equipamentos e componentes existentes no sistema.

### 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Automação (do latim *Automatus*, que significa mover-se por si), é um sistema de controle automático, programado para trabalhar sem a interferência humana, efetuando medições e realizando correções quando necessárias (AUTOMAÇÃO, 2012).

Para viabilizar a automação de um determinado processo, existe uma necessidade preliminar de realização de um estudo técnico (também chamado de engenharia básica ou levantamento de dados) que verificará todas as necessidades para o processo desejado, servindo como subsídio para a identificação, análise e determinação da melhor estratégia de controle e para

## Inovação e Tecnologia

a escolha dos recursos de hardware e/ou software necessários para a aplicação (AUTOMAÇÃO, 2012).

Automação é a utilização de conhecimentos em diversas áreas como elétricas, mecânica, pneumática, hidráulica, entre outras, com perfeita harmonia, que se faz necessária para desenvolvimento dos sistemas. Além disso, os sistemas automatizados são implementados visando a diminuição da mão-de-obra e a incorporação de robôs nas linhas de processo, assim diminuindo custos e aumentando a velocidade da produção.

Todo sistema de automação segue um princípio comum, em que o gerenciador do processo é realimentado de informações resultantes da conclusão de cada tarefa, de forma a redimensionar ou reorientar a etapa seguinte, com o objetivo de alcançar o resultado final mais próximo possível daquele para qual o dispositivo foi *instruído* a executar através de informações codificadas (MAMEDE FILHO, 2001, p. 587).

Um sistema de automação pode ter seu grau de complexidade variado enormemente. Sistemas mais simples dependem da participação do homem no processo. Os sistemas mais sofisticados dispensam a participação do homem, a não ser como gerente do processo. Cabe ressaltar que a automação projetada para o processo de rebobinamento, dependerá da participação humana, para a inserção da fita de borda na máquina, digitação da quantidade a ser rebobinada, retirada do material final e lacre da fita. Essa última etapa, será estudada em fase futura, onde o CLP será programado para realizar o corte e o fechamento do rolo rebobinado com fita adesiva.

Ao projetar uma máquina ou equipamento, devemos levar em consideração diversos fatores, como: segurança, confiabilidade, ergonomia, entre outros, mas antes que isso, temos que analisar qual a função do equipamento. Ao pensarmos em uma máquina automatizada, não podemos esquecer se o custo com o desenvolvimento do equipamento é viável, e se o investimento será recompensado pela produção.

Para Norton (2004, p. 33) projeto de engenharia pode ser definido como: “O processo de aplicação das várias técnicas e princípios científicos

## **Inovação e Tecnologia**

com o intuito de definir um dispositivo, um método ou um sistema suficientemente pormenorizado para permitir uma realização.”

As fitas de borda são utilizadas esteticamente para dar acabamento nas laterais de painéis de madeira revestidas, destinadas a fabricação de móveis. Embora o custo deste material seja relativamente pequeno na produção de um móvel, as fitas de borda cumprem papel essencial, determinando o acabamento perfeito e impedindo que a madeira dos painéis lasque ou tenha bordas danificadas. (MASISA, 2012).

De acordo com a Empresa Masisa S.A.(2012), atualmente o mercado dispõem de três tipo de fitas de borda: as melaminas, normalmente utilizadas em aplicações retas e contornos. As de madeira, que são normalmente utilizadas na fabricação de móveis de madeira. E por fim, os polímeros, que são divididos em PVC, Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS), Poliestireno (PS), Polipropileno (PP), Policarbonato (PC) e PMMA, onde todas são utilizadas para a fabricação de qualquer tipo de móvel, devendo apenas ser observada suas características técnicas para melhor utilização. O sistema foi projetado para atender a toda demanda, não importando as características da fita de borda.

### **3 METODOLOGIA**

Com a finalidade de corroborar o alinhamento entre o referencial teórico e as práticas para a execução desta proposta foi realizada dois tipos de pesquisa. Sendo elas:

- Pesquisa bibliográfica que é aquela que se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, testes, etc. (LAKATOS; MARCONI, 2001);
- Pesquisa experimental que consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 2002).

## Inovação e Tecnologia

### 4 PROJETO DO EQUIPAMENTO

Devido há alta demanda das distribuidoras de produtos para marcenaria, é possível destacar o ponto de marceneiro de Londrina/PR, na realização do fracionamento das bobinas de fitas de borda, surgindo assim à necessidade de projetar um equipamento capaz de realizar, em curto espaço de tempo, o serviço até então realizado por funcionários e equipamentos manuais, enfatizando assim a qualidade de serviços e rapidez na conclusão do rebobinamento através da utilização de um equipamento com CLP e IHM.

O projeto foi dividido em sete partes, como relacionado abaixo:

- a) Sensores, CLP e motores;
- b) Contagem métrica da fita;
- c) Sistema de rebobinamento;
- d) Sistema de corte e finalização do processo;
- e) Programação do CLP e IHM;
- f) Orçamento Estimativo;
- g) Possíveis Ampliações.

Dessa forma para iniciar o rebobinamento será necessário o operador posicionar a fita de borda na bandeja “B” (bandeja menor), para que desta maneira o sensor de posição possa informar ao CLP a existência de fita no processo. A partir disso para a inicialização do sistema será necessário que o operador insira na IHM a quantidade de fita a ser rebobinada, iniciando-se assim o processo de contagem. Após a conclusão deste ciclo o CLP envia um pulso ao cilindro eletropneumático, cortando a fita e finalizando assim o processo, conforme demonstra a figura 1.

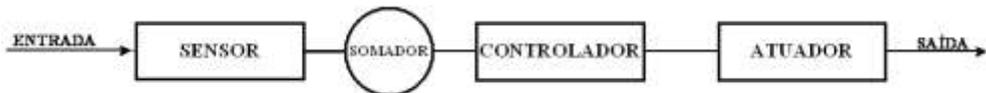


Figura 1 – Diagrama de blocos de um sistema de controle de malha aberta

Fonte: Elaborado pelo autor

Como se pode observar na figura 1, neste tipo de controle, de malha aberta, a saída não exerce qualquer ação no sinal de controle, ou seja, a saída não é comparada com a entrada de referência, o que ocorre é que ao atingir o

## Inovação e Tecnologia

valor determinado pelo operador o controlador envia um pulso na saída digital, não dependendo de realimentação.

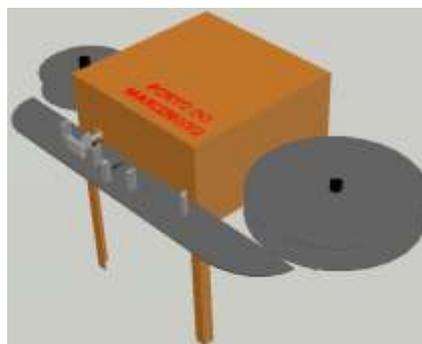
A figura 2 mostra o equipamento manual utilizado atualmente pela empresa, onde existe um contador analógico no prato central e o rebobinamento é realizado manualmente pelo operador, já na figura 3 temos o projeto do novo equipamento onde a estrutura foi reduzida e os equipamentos projetados para atender as novas necessidades. Foi introduzida uma base para que a fita não desalinhe ou saia do posicionamento, a fim de evitar perdas no processo.

Figura 2 – Máquina Manual Existente



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3 – Máquina de Rebobinamento



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.1. Sensores, controlador lógico programável (CLP) e motores

#### 4.1.1 Sensores

Sensores elétricos são dispositivos que captam informações necessárias no decorrer do processo automatizado e as enviam aos circuitos elétricos de controle (BONACORSO, 2004). Dentre os diversos dispositivos podemos destacar as seguintes características construtivas: capacitivos, indutivos, magnéticos, ópticos, entre outros. Devidamente especificados para cada função.

## Inovação e Tecnologia

No equipamento projetado, foram especificados dois sensores de proximidade, um sensor indutivo para o sistema de contagem métrica e outro sensor de posição para confirmar a existência da fita. No lugar do sensor de posição poderá ser implementada uma chave fim-de-curso, pois sua função é apenas confirmar a existência da fita e liberar o início do processo.

### 4.1.2 Controlador lógico programável (CLP)

O CLP é um dispositivo eletrônico microprocessado capaz de controlar e gerenciar máquinas, sistemas e processos industriais. Utiliza em sua memória um programa capaz de executar tarefas específicas, operações lógicas, operações matemáticas, energização e desenergização de relés, temporização, contagem e manipulação de variáveis. Para programação do CLP são utilizados compiladores, que nada mais são que programas de computadores que fazem a interface entre o computador e o CLP (ENGELOGIC, 2012).

Cogitou-se a possibilidade de utilizar equipamentos menos robustos, com pequenas funções, como o Contador Digital, modelo CWR, da Coel Controles Elétricos LTDA (2012), porém dessa forma não seria possível ampliar as funções da máquina, sendo assim, optou-se pelo CLP com IHM da empresa (2011a) Weg®, cujo modelo é PLC300, com as seguintes características:

- a) 10 Entradas Digitais e 1 analógica;
- b) 9 Saídas Digitais, sendo 1 rápida e 1 analógica incorporada;
- c) IHM integrada com *display* LCD de 4 linhas e 20 caracteres cada;
- d) Possibilidade de expansão de I/O, entrada de *encoder* incorporada.
- e) Programado em linguagem *ladder* através do software WEG *Programming Suite* (WPS).

### 4.1.3 Motor de rebobinamento

Motores de indução funcionam normalmente com velocidade estável, podendo variar devido à carga mecânica aplicada em seu eixo. Com baixo custo, robustez e grande simplicidade aplicam-se a quase todos os tipos de

## Inovação e Tecnologia

máquinas encontradas no mercado. Sendo possível controlar a velocidade do motor através de inversores de frequência (WEG, 2012b).

Pensando em obter um resultado eficiente, e agregando o fator econômico, optou-se por utilizar o motor de indução W22 *Premium* da WEG, com potência de 0,33HP, 2 pólos em 220V, 70% de rendimento, com tempo de parada de 20s e baixo consumo de energia. Desta forma o motor será instalado diretamente no eixo do prato “B”, evitando assim a utilização de correias e esforços desnecessários.

### 4.2 Sistema de contagem métrica

O sistema de contagem existente, como visto na figura 4, era realizado com um contador analógico e um prato de um metro de perímetro, acionado com dispositivo irregular, podendo sofrer um erro na contagem prejudicando a confiabilidade do sistema. Com o sistema proposto será possível obter a quantidade exata desejada pelo operador, evitando desperdício de material.

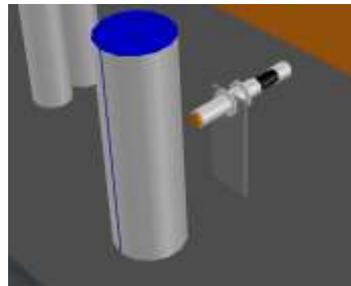
Para realização da contagem métrica da fita de borda foi adotado um cilindro em polietileno com um feixe de metal para a detecção do sensor indutivo, o cilindro possui um diâmetro de 3,1832cm e um perímetro de 10cm, assim a cada volta o CLP receberá um sinal, cujo qual, será somado a cada volta, dessa forma será possível uma precisão na contagem e um erro de no máximo 10cm, em todo processo.

Figura 4 – Sistema de contagem existente



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 - Sistema de Contagem



Fonte: Elaborado pelo autor

## **Inovação e Tecnologia**

### **4.3 Sistema de rebobinamento**

A fita de borda deverá ser posicionada pelo operador desde o prato “A” (maior), passando pelos cilindros guias, cilindros de contagem, sistema de corte até o prato “B” (menor). Após este procedimento o operador deverá digitar no IHM do CLP a metragem da fita a ser rebobinada. Antes da inicialização do processo, o sistema, através do sensor de posição, detectará se a fita está em condições de ser rebobinada, caso o posicionamento do sensor seja positivo inicializará o processo.

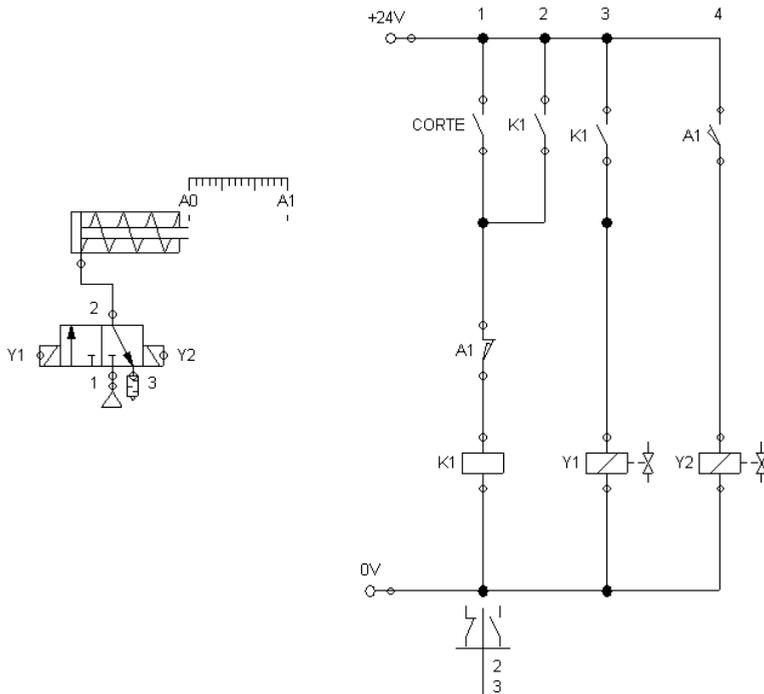
O prato “B” é interligado diretamente ao eixo do motor, dessa forma evita-se a inclusão de correias e jogos de engrenagens.

### **4.4 Sistema de corte e finalização do processo**

O sistema de corte foi projetado utilizando válvula eletro-pneumática 3:2 vias, cilindro pneumático com 50mm de diâmetro e uma guilhotina em ferro. Assim que, a metragem da fita foi alcançada, o CLP envia um sinal à válvula, que aciona o cilindro, realizando assim o corte da peça. Após o retorno do pistão o sistema será automaticamente reiniciado para que o operador possa inserir uma nova medida.

## Inovação e Tecnologia

Figura 6 – Sistema Eletro-pneumático de Corte



Fonte: Elaborado pelo autor

Para evitar a flexão da fita no acionamento do cilindro e a possibilidade da não realização do corte foi incorporada uma chapa de ferro onde a guilhotina terá seu curso final, garantindo assim o corte da fita.

## Inovação e Tecnologia

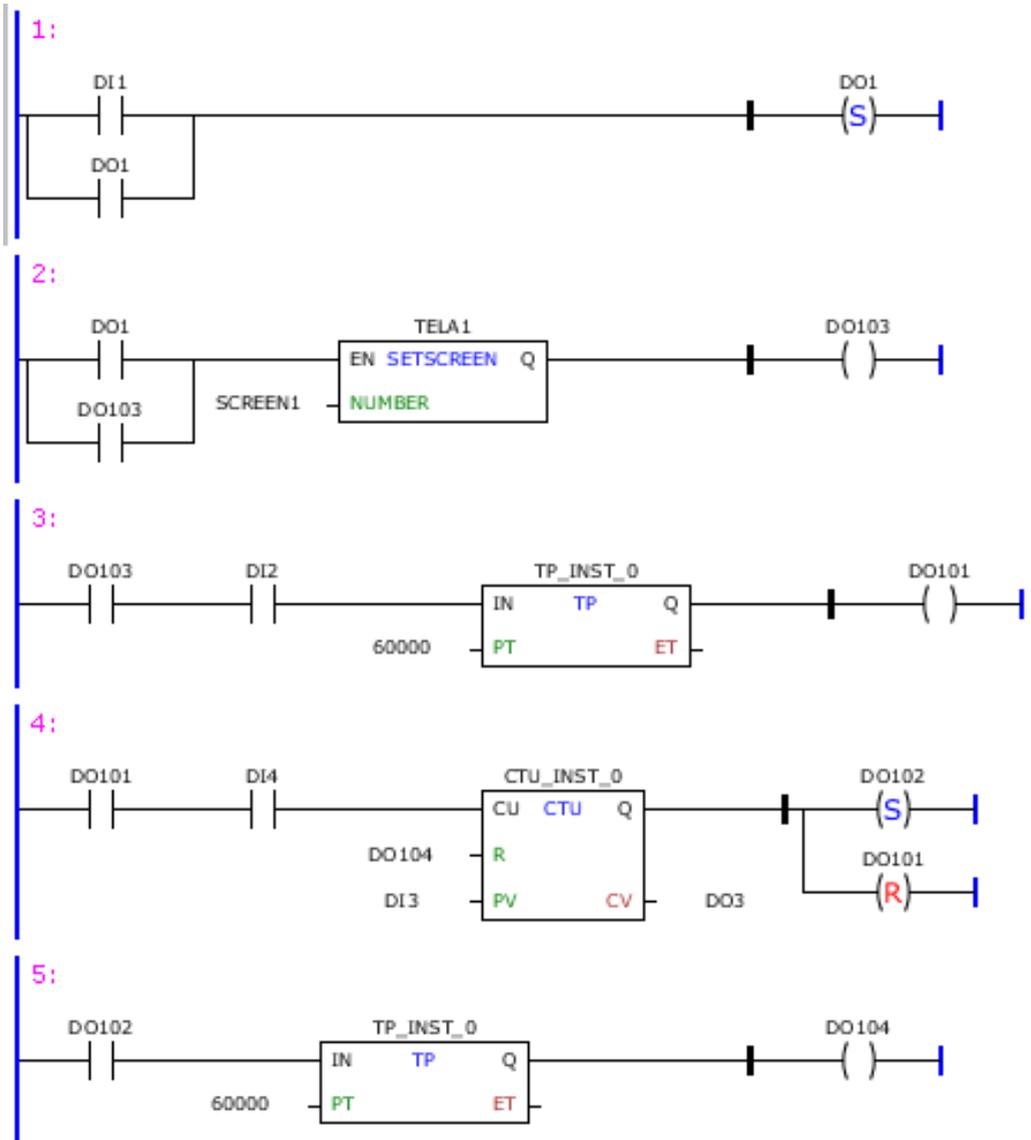
### 4.5 Programação do CLP e IHM

Tendo em vista que o CLP adotado utiliza a linguagem de programação Ladder, foi desenvolvido um sistema capaz de realizar as rotinas necessárias para os processos da máquina de rebobinamento. Abaixo serão detalhadas as entradas e saídas, os TAG`s utilizados para a programação, o programa em Ladder e a tela da IHM.

- a) Entradas:
  - a. DI1 – Botão de início do processo (LIGA);
  - b. DI2 – Sensor que indica fita posicionada;
  - c. DI3 – Entrada da Metragem desejada na IHM;
  - d. DI4 – Sensor indutivo do sistema de contagem.
  
- b) Saídas:
  - a. DO1 – Sistema ativo;
  - b. DO3 – Indica a metragem na IHM;
  - c. DO101 – Liga o motor;
  - d. DO102 – *Set* o cilindro de corte;
  - e. DO103 – Alimenta a IHM;
  - f. DO104 – Zera a metragem na IHM.

Figura 7 – Programação em *Ladder*

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Elaborado pelo autor

## Inovação e Tecnologia

Figura 8 – Tela da IHM Programada



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.6 Orçamento Estimativo

Para a elaboração do orçamento foi utilizado valores de mercado das peças e contatos com empresas do ramo para obtenção dos custos com a fabricação e montagem do equipamento. Podendo sofrer alterações caso o projeto seja alterado posteriormente. Para minimizar custos, poderão ser utilizados outros controladores mais baratos, disponíveis no mercado, como o modelo de saída do JAZZ<sup>®</sup> da empresa UNITRONICS, com custo de aproximadamente R\$ 500,00(2010).

## Inovação e Tecnologia

Tabela 1 – Orçamento Estimado

| ITENS                               | MATERIAL            | MÃO-DE-OBRA         | TOTAL           |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
|                                     |                     |                     | R\$             |
| Estrutura Metálica e acessórios     | R\$ 400,00          | R\$ 400,00          | 800,00          |
| CLP - Controlador L. Programável    | R\$ 1.950,00        | R\$ 250,00          | 2.200,00        |
|                                     |                     |                     | R\$             |
| Sensores                            | R\$ 80,00           | R\$ 20,00           | 100,00          |
|                                     |                     |                     | R\$             |
| Motor WEG                           | R\$ 240,00          | R\$ 38,00           | 278,00          |
| Painel de Comando e Inst. elétricas | R\$ 500,00          | R\$ 230,00          | 730,00          |
|                                     |                     |                     | R\$             |
| Sistemas Pneumáticos                | R\$ 700,00          | R\$ 150,00          | 850,00          |
|                                     |                     |                     | R\$             |
| Cilindro Pneumático                 | R\$ 360,00          | R\$ 80,00           | 440,00          |
|                                     |                     |                     | R\$             |
|                                     | <b>R\$ 4.230,00</b> | <b>R\$ 1.168,00</b> | <b>5.398,00</b> |

Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.7 Possíveis Ampliações

A fim de evitar o tracionamento e o rompimento da fita uma possibilidade seria instalar um inversor de frequência devidamente parametrizado, controlando assim a aceleração e desaceleração do motor. Juntamente com o inversor, seria possível utilizar uma correia para posicionar o motor na caixa central e não abaixo do prato “B”.

Para o lacre da fita após o corte, um sistema interessante seria implementar um módulo de fechamento da bobina através de etiquetas adesivas, evitando o desenrolar da bobina. Com o uso das etiquetas para o lacre poderíamos implantar um banco de dados com todas as cores,

## Inovação e Tecnologia

espessuras e alturas das fitas, dessa forma a etiqueta já levaria os dados da fita rebobinada, facilitando a identificação.

Como o PLC300 já dispõe de entrada para *Encoder*, uma possibilidade seria instalar um dispositivo deste para se obter uma maior precisão na metragem da fita, podendo ainda carregar o inversor de frequência para diminuir a velocidade quando o Controlador detectar que a metragem desejada está próxima, alimentado com as informações do *Encoder*.

## 5 CONCLUSÃO

Em constantes visitas a empresas do ramo e pesquisa de mercado, observou-se que não existem equipamentos de pequeno porte a venda para a atividade em questão. Pensando nisso resolvemos propor um equipamento capaz de realizar o trabalho de um funcionário em curto espaço de tempo, evitando o desgaste físico do colaborador, onde dessa forma seu tempo poderá ser empregado em outras atividades internas da empresa.

Por se tratar de um equipamento de pequeno porte, capaz apenas de realizar a contagem métrica da fita de borda e o corte no momento exato da metragem o equipamento projetado tem um orçamento, estimativo, capaz de interessar grandes distribuidores de fitas de borda, pela sua eficiência e agilidade no processo.

Utilizando o equipamento manual um funcionário leva aproximadamente 3,17 minutos para rebobinar 50,0 metros de fita, isso no primeiro processo, pois ao decorrer do dia seu desempenho diminui gradativamente. Com o equipamento automatizado a mesma metragem de 50,0 metros, será possível rebobinar em apenas 3,00 segundos. Sendo assim podemos concluir que o equipamento é altamente eficaz para o processo, devendo ser implementado inicialmente na Revenda Ponto do Marceneiro em Londrina/PR.

O trabalho contribuiu para aplicar as técnicas adquiridas no decorrer do curso de Pós Graduação em Automação Industrial do SENAI de Florianópolis, pois foram utilizadas técnicas de programação de CLP, informática industrial, pneumática, acionamento de máquinas, entre outras.

## Inovação e Tecnologia

### REFERÊNCIAS

AUTOMAÇÃO, 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Automa%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em 22 fev. 2012.

BORNACORSO, Nelso G.; NOLL, Valdir - **Automação eletropneumática** – 11ª Edição. São Paulo: Érica, 2004.

COEL Controles Elétricos LTDA. Disponível em: <<http://www.coel.com.br>>. Acesso em 07 fev. 2012

Engelagic Automação e Controle Industrial. Histórico dos clps (2012). Disponível em: <http://www.engelagic.com.br/historico-dos-clps>. Acesso em 13 mar. 2012

GIL, Antonio Carlos. A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

LAKATOS, Eva M.; MARCONI, Marina de A. **Metodologia e trabalho científico**. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2001.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**, 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MASISA S.A. Disponível em: <<http://www.masisa.com/bra/produto/recomendacoes-praticas/mdf/recomendacoes-gerais-para-dos-painéis/fitas-de-borda.html>>. Acesso em 22 nov. 2011.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**, 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SCHNEIDER ELETRIC. Disponível em: <<http://www.schneider-electric.com.br>>. Acesso em 08 fev. 2012.

## Inovação e Tecnologia

UNITRONICS. Disponível em: <<http://www.unitronics.com>>. Acesso em 10 nov. 2011.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. Automação (2011a). Manual de Utilização do PLC300. Disponível em: <<http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/weg-plc300-manual-do-usuario-10000703041-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em 16 jan. 2012.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. Automação (2011b). Software de Programação do PLC300 – WPS (Weg *Programming Suite*). Versão 1.40. Disponível em: <<http://www.weg.net/files/products/weg-wps-software-de-programacao-weg-1.40-software-portugues-br.zip>>. Acesso em 16 jan. 2012.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. Disponível em: <<http://www.weg.net/premium/os-motores.html>>. Acesso em 23 jan. 2012.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. Motores (2012). Disponível em: <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em 23 fev. 2012

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo V – Monitoramento De Rolamentos Por Ruído Sonoro e Temperatura

## MONITORING OF BEARINGS FOR NOISE SOUND AND TEMPERATURE

<ARNALDO VIEIRA FILHO><sup>15</sup>

<HELIO KIUJI KAYAMORI><sup>16</sup>

**Resumo:** Na área da manutenção um dos aspectos importante é a informação do estado físico de um componente mecânico dentro do processo. São diversas as técnicas utilizadas para medir o estado de um componente, e na sua maioria são instrumentos que são acoplados e retirados na sequencia. Esse artigo apresenta o desenvolvimento de um circuito eletrônico embarcado com o componente (Motor Trifásico 5CV), onde sensores irão monitorar o ruído gerado pelo rolamento sonoro por um microfone (eletreto) e a temperatura por sensores NTC. As informações geradas por estas variáveis serão gravadas na memória interna do microcontrolador (PIC16F877), e poderão ser visualizadas no display de cristal liquido de 16x2. Poderão ser efetuadas medições e comparativos, podendo assim criar um histórico do equipamento para avaliar o tempo da manutenção.

**Palavras-chave:** Manutenção. Ruído. Temperatura. Rolamentos.

**Abstract:** ☒ In the area of maintenance is one of the important aspects of the physical information of a mechanical component within the process. There are various techniques used to measure the state of a component, and are mostly instruments that are coupled and removed from the sequence. Here,

---

<sup>15</sup> Tecnólogo em Automação Industrial, UNOPAR, arnaldo\_avf@yahoo.com.br.

<sup>16</sup> Formado em Engenharia Elétrica pelo Instituto Nacional de Telecomunicações Mg., Especialista em Sistemas de Aplicações pela Universidade Estadual de Londrina Pr.

## **Inovação e Tecnologia**

we developed an electronic circuit embedded with the component (Three Phase Motor), sensors will monitor the noise generated by rolling sound of microphone (electret) and temperature sensors for NTC. The information generated by these variables will be recorded in the internal memory of the microcontroller (PIC16F877), and can be viewed in liquid crystal display 16x2. May be made measurements and comparisons, so you can create a history of the equipment to assess maintenance time.

**Key-words:** Maintenance. Noise. Temperature. Bearings.

### **1 INTRODUÇÃO**

Os rolamentos são componentes mecânicos de diversos tipos, tamanhos e modelos, e são utilizados na grande maioria dos projetos, como na robótica, automobilística, industrial entre outras, na manutenção é um elemento de importância e saber o estado que ele se encontra é um dado que poderá fazer com que a manutenção seja mais eficiente.

Neste artigo será estudada uma forma de monitoramento do estado físico de um rolamento isto é, qual o tempo de vida útil o mesmo pode fornecer a máquina. As técnicas utilizadas serão de eletrônica básica digital, o componente utilizado como sensor de temperatura será do tipo NTC, segundo Manual SKF de manutenção de rolamentos (1997) altas temperaturas indicam que algo anormal esta acontecendo com o rolamento e as causas podem ser: lubrificação excessiva ou insuficiente, sobrecarga, rolamento danificado, folga interna insuficiente, aperto excessivo durante a montagem, forte atrito dos vedadores e calor transmitido por uma fonte externa, sendo assim uma variável importante.

Para monitorar a intensidade do ruído gerado pelo rolamento será utilizado um microfone de eletreto, o mesmo será fixado na base de apoio do rolamento (tampa do motor), Segundo MANUAL SKF DE MANUTENÇÃO DE ROLAMENTOS (1997) , rolamentos em boas condições produzem um zumbido suave e uniforme, ruídos sibilantes, chiados e outros sons irregulares normalmente revelam rolamentos em más condições de

## Inovação e Tecnologia

funcionamento. Um ruído sibilante (silvo agudo) pode indicar lubrificação inadequada, folga insuficiente no rolamento pode produzir um som metálico.

As etapas de desenvolvimento do projeto seguirão através do levantamento de componentes, desenvolvimento do circuito eletrônico, programação do microcontrolador e teste prático.

### 1.1 Metodologia

O método utilizado para desenvolvimento do projeto segue através da pesquisa (livros, internet e também nos manuais dos componentes), iniciando na análise dos ruídos gerados nos rolamentos, estabelecer valores mínimos e máximos, desenvolvimento teórico do circuito eletrônico, montagem prática do circuito, teste prático e análise dos resultados. O teste prático foi efetuado em um motor trifásico de 5CV.

## 2 FREQUÊNCIA E AMPLITUDE DE RUÍDOS EM ROLAMENTOS.

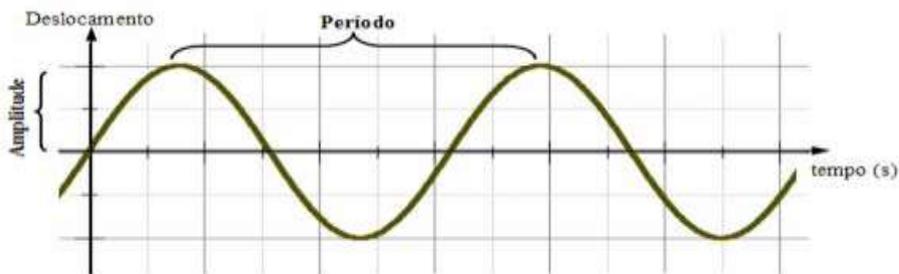
A amplitude de ruído gerado por um rolamento é proporcional sua degradação (SKF), a frequência do ruído esta ligada diretamente a suas dimensões, lubrificação, rotação e tipo de rolamento. As quatro frequências básicas geradas por defeitos de rolamentos são relacionadas com o comportamento dinâmico de seus principais componentes, ou seja:

- Frequência de passagem de elementos rolantes por um ponto da Pista Interna (geralmente indicada por BPFI do inglês *Ball Pass Frequency Inner Race*).
- Frequência de passagem de elementos rolantes por um ponto da Pista Externa (geralmente indicada por BPFO do inglês *Ball Pass Frequency Outer Race*).
- Frequência de giro dos elementos (geralmente indicada por BSF do inglês *Ball Spin Frequency*).
- Frequência de giro da gaiola ou do conjunto de elementos rolantes (indicada por FTF do inglês *Fundamental Train Frequency*).

## Inovação e Tecnologia

A figura 1 explica exatamente a diferença entre amplitude e frequência.

Figura1: Amplitude x Frequência.



Fonte: Vieira (2013).

Com base nas informações levantadas, um circuito embarcado, irá medir a variação de ruído apenas de um tipo de rolamento, não havendo a necessidade de um circuito com grande capacidade de análise de rolamentos com medidas diferentes. No projeto utilizaremos um filtro para limitar a entrada de sinal de frequência na ordem de (100HZ a 15KZH), pois esta faixa, “cobre” as possíveis frequências de defeitos “NSK Diagnostico rápido de ocorrência em rolamentos (2001)”, a frequência gerada pelos rolamentos não será verificada e sim a amplitude, esta será variável relacionada ao estado que se encontra o rolamento e também gravada no microcontrolador como histórico.

### 2.1.1 Sensores de temperatura NTC.

Os sensores de temperatura NTC segundo THOMAZI e PEDRO URBANO (2011) apresentam uma resistência inversamente proporcional ao aumento de temperatura, são fabricados a partir de um elemento resistor termicamente sensíveis que possui um coeficiente negativo (Negative

## Inovação e Tecnologia

Temperature Coeficiente). Fabricado a partir da mistura de óxidos de metais de transição, manganês, cobre, cobalto e níquel, apresentam variação de resistência ôhmica em relação à temperatura submetida. O sensor NTC que foi utilizado tem a resistência de 20K a 0 grau centígrados, como o valor de resistência é alto em comparação ao um sensor tipo PTC100, o valor de erro de medida será baixo. O gráfico 1 mostra a relação resistência temperatura.

Gráfico1 – Curva sensor NTC.



Fonte: Vieira(2013).

Através da tabela podemos ajustar os valores a serem programados no microcontrolador. A faixa de medida de temperatura do circuito é 0C° a 100C°, essa faixa cobre as variações de um rolamento em uso comum no motor trifásico de 5 cavalos (NSK).

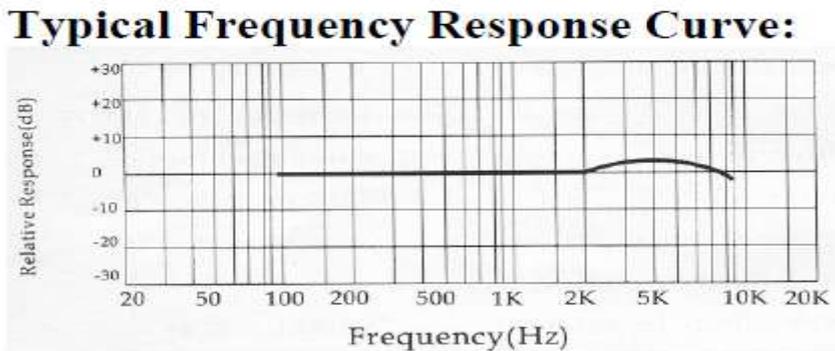
### 2.1.2 Sensor de nível de ruído.

Para medir o sinal de ruído gerado será utilizado um microfone de eletreto, devido a sua fácil manipulação eletrônica, facilidade na montagem, rendimento, faixa de aspecto de áudio dentro do proposto e custo. Segundo RAIMUNDO (2010) um microfone de eletreto é um tipo de microfone condensador que elimina a necessidade de uma fonte de tensão para se

## Inovação e Tecnologia

polarizar. A polarização é obtida pelo uso de um material quase prementemente carregado no dipolo capacitor, o eletreto. No Gráfico 2 ilustra as curvas de respostas do microfone de eletreto utilizado.

Gráfico2 – Resposta do microfone a frequência.



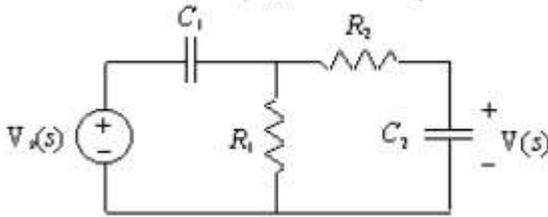
Fonte: Vieira (2013).

### 2.1.3 Filtros RC

O filtro que foi utilizado no projeto é do tipo passivo RC passa faixa, resistores e capacitores são os componentes empregados nesse modelo de filtro, a função desses componentes é de atenuar o sinal em determinadas frequências. A faixa de frequência de atenuação é de abaixo de 100HZ e acima de 15KHZ, cobrindo a área de possíveis defeitos ocasionados em rolamentos. A Figura 3 ilustra o filtro que será utilizado.

## Inovação e Tecnologia

Figura3 – Diagrama elétrico filtro passa faixa



(2013).

Fonte: Vieira

A frequência de corte ( $f_c$ ), isso é a frequência de atenuação, é dada pela seguinte equação:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

### 2.1.4 Amplificador

Os filtros do tipo passivos tem a propriedade de perda do nível de tensão de saída, pois se trata apenas de circuitos compostos por resistores e capacitores, foi necessário aumento no ganho de sinal na saída do filtro para que a sensibilidade do microfone não fosse diminuída, se fez o uso de um amplificador de sinal, este amplificador será composto pelo C.I. LM324, que é encontrado com grande facilidade no mercado eletrônico, e suas especificações técnicas estão dentro da necessidade do projeto (Datasheet), para calcular o ganho do amplificador fora utilizado a seguinte equação:

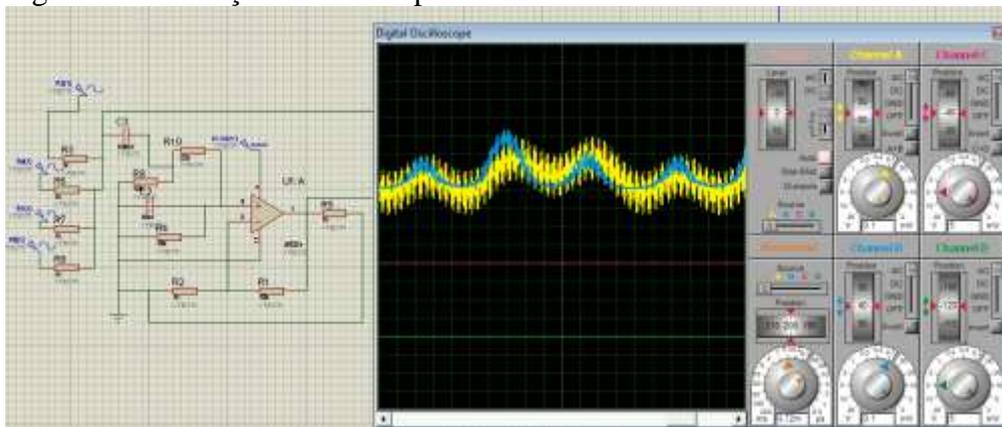
$$V_{out} = G \left( V_{in} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out} \right)$$

## Inovação e Tecnologia

$$\left(1 + G \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) V_{out} = G V_{in}$$

Foram feitas simulações no programa PROTEUS ISIS para verificar se o ganho e a atenuação dos sinais estão dentro do proposto no projeto.

Figura4 – Simulação filtro e amplificador.



Fonte: Vieira (2013).

A forma de onda na cor amarela mostra o sinal de entrada composto por frequências de 60HZ, 100HZ, 15KHZ e 18KHZ e a cor azul o de saída, pode-se verificar que os sinais abaixo de 100HZ e acima de 15KHZ estão com níveis de amplitude menor.

## 2.2 Microcontrolador

Os sinais que serão gerados pelo sensor de temperatura NTC e pelo microfone de eletreto, passarão por um conversor analógico digital de 8 bits (A/D), e serão processados no microcontrolador. O microcontrolador utilizado é PIC16F877A, suas especificações técnicas estão dentro do



## Inovação e Tecnologia

Pode-se verificar através da imagem acima que foram configurados 5 canais de conversão A/D, prevendo uma possível monitoração de 2 rolamentos e também a medição da temperatura externa. A memória de dados coletados gravados pelo usuário está configurada para um valor de cada variável, podendo ser aumentado para outros valores, criando-se assim um histórico detalhado do estado do rolamento, como serão utilizados rolamentos com tempo de trabalho diferentes, no teste prático gravar as variáveis na memória não será utilizado. Os valores de temperatura serão mostrados no display em graus centígrados, os valores de amplitude de ruído serão mostrados dentro de uma faixa de 0 – 255 que corresponde ao valor em decimal de 8 bits que será a resolução utilizada, a abreviação da unidade que é impressa no display será em A.R. (amplitude do ruído). A Figura 6 mostra imagens geradas no display.

Figura6- Interface display Usuário



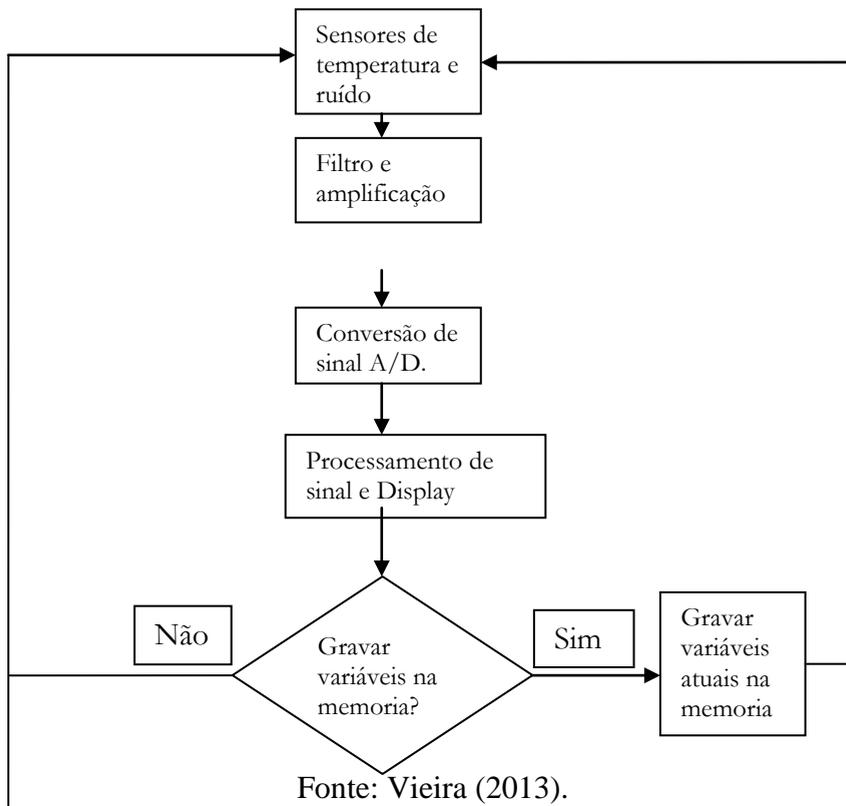
Fonte: Vieira (2013).

## 2.3 CIRCUITO ELETRÔNICO.

O fluxograma 1, ilustra as etapas utilizadas para desenvolver o circuito eletrônico.

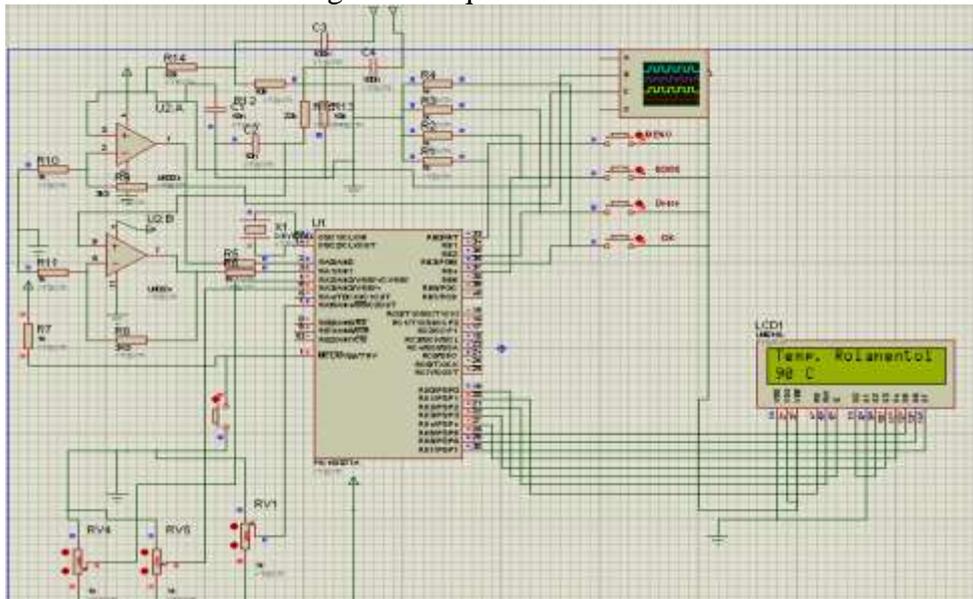
## Inovação e Tecnologia

Fluxograma1- Desenvolvimento do circuito eletrônico-



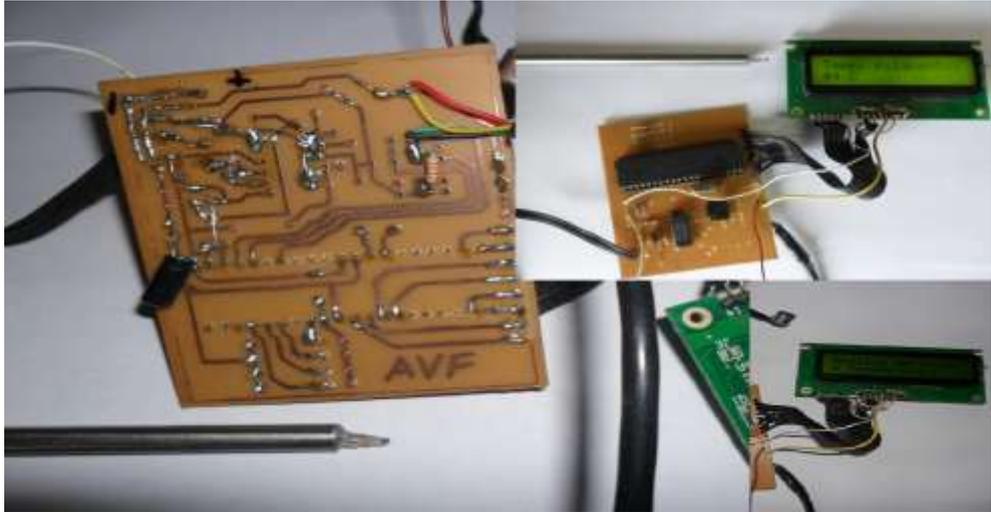
A figura 7 mostra o desenho do circuito eletrônico final pronto para ser montado e utilizado nos experimentos.

Figura 7: Esquema eletrônico



## Inovação e Tecnologia

Figura8- Montagem eletrônica para teste



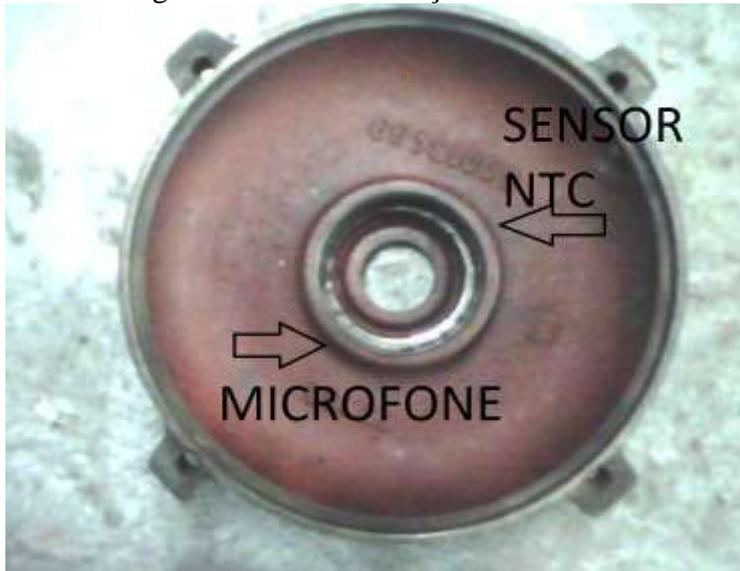
Fonte: Vieira (2013).

### 2.5 Montagens no motor

Para fixação do microfone e do sensor NTC foi utilizado cola de silicone de alta temperatura, atenção na montagem para não obstruir o orifício do microfone e colocar os sensores mais próximos do rolamento sem prejudicar o funcionamento é de vital importância, pois há variação nos valores recebidos com a mudança mínima de lugar. A Figura 9 mostra os pontos na tampa do motor onde serão fixados os sensores.

## Inovação e Tecnologia

Figura9- Pontos de fixação dos sensores



Fonte: Vieira (2013).

## 2.6 Resultados

Nos teste foram utilizados 5 rolamentos com tempo de trabalho diferente, esses rolamentos foram separados e identificados conforme a horas de trabalho, justamente para facilitar o levantamento dos valores da variáveis no momento dos testes. A temperatura ambiente no momento do teste foi entre 28 e 32 graus centigrados, o tempo de estabilização para efetuar a medida foi de 30 minutos, a carga movida pelo motor foi uma centrifuga. O Quadro 1 apresenta a diferença dos valores das variáveis entre os rolamentos.

## Inovação e Tecnologia

Quadro1 – Valores obtidos em testes.

| <b>ROLAMENTO - 1</b>   | <b>ROLAMENTO - 2</b>   | <b>ROLAMENTO - 3</b>   | <b>ROLAMENTO - 4</b>    | <b>ROLAMENTO - 5</b>    |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| NOVO                   | 5 MIL HORAS            | 10 MIL HORAS           | 15 MIL HORAS            | ACIMA DE 20 MIL HORAS   |
| NIVEL DE RUIDO 35 A.R. | NIVEL DE RUIDO 41 A.R. | NIVEL DE RUIDO 50 A.R. | NIVEL DE RUIDO 103 A.R. | NIVEL DE RUIDO 167 A.R. |
| TEMPERATURA 35C.       | TEMPERATURA 36C.       | TEMPERATURA 40C.       | TEMPERATURA 48C.        | TEMPERATURA 56C.        |

## **Inovação e Tecnologia**

### **3 CONCLUSÃO**

O método utilizado para desenvolvimento da pesquisa exploratória foi satisfatório, pois os resultados obtidos atenderam o objetivo da pesquisa, os valores obtidos na prática foram satisfatórios, mostrando claramente a diferença de cada rolamento, houve um significativo aumento de temperatura, conforme o valor da amplitude do ruído aumentava.

O circuito apresentou ótimos valores de sensibilidade (microfone e amplificador), devendo se tomar cuidado no momento de posicionar o mesmo junto à base do rolamento, os valores de ganho do amplificador e a posição do microfone apresentaram informações coerentes, pois os valores obtidos ficaram dentro da escala de capacidade de medida, podendo até medir sinais com rolamentos que gerem sinais de amplitude maiores. Os valores das variáveis foram salvos para efeitos de teste e os mesmos permaneceram na memória mesmo depois de desligado o circuito.

Foram percebidos alguns itens interessantes a serem acrescentados, como aumento de páginas de valores salvos, data de cada valor medido, alarme quando o rolamento atingir uma determinada temperatura, testes com ruídos externos diferentes, outras dimensões de rolamentos e transmissão dos sinais em rede. Conclui-se que a possibilidade de instalar um analisador embarcado com o componente que se deseja medir é viável, principalmente em componentes de difíceis acessos.

### **REFERÊNCIAS**

SKF FREQUÊNCIAS DOS ROLAMENTOS (CALCULADORA ELETRÔNICA). Disponível em: <[http://www.nsk.com.br/pag\\_cat\\_bdoc1.pdf](http://www.nsk.com.br/pag_cat_bdoc1.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2013.

## Inovação e Tecnologia

MANUAL SKF DE MANUTENÇÃO DE ROLAMENTOS. 1997.

NSK DIAGNOSTICO RÁPIDO DE OCORRÊNCIAS EM ROLAMENTOS, set. 2001. Disponível em: <[http://www.nsk.com.br/pag\\_cat\\_bdoc1.pdf](http://www.nsk.com.br/pag_cat_bdoc1.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2013.

RAIMUNDO, J. De Oliveira. **A APLICAÇÃO DE MICROFONES EM PROJETO DIGITAIS**, DCA- FEEC Unicamp abril 2010. Disponível em: <[http://parati.dca.fee.unicamp.br/media/Attachments/courseEA079\\_1S2010/MainPage/microfones.pdf](http://parati.dca.fee.unicamp.br/media/Attachments/courseEA079_1S2010/MainPage/microfones.pdf)>. Acesso em: 04 jan. 2013.

SOBERTON INC. Manual do componente EM9752N, microfone de eletreto 2010.

EPCOS, Manuela do componente B5716, NTC thermistors for temperature measurement, Março 2006.

THOMAZINI & BRAGA, **Sensores Industriais**: Fundamentos e aplicações. ERICA. 2011.

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica V.1.**, Makron Books. 1997.

PEREIRA, Fabio. **Microcontroladores PIC Programação em C**, ERICA. 2005.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo VI – Sistema De Automação Para Processo Produtivo Da Indústria Moveleira

## AUTOMATION SYSTEM FOR PRODUCTION PROCESS OF FURNITURE INDUSTRY

<MAIKRO TAKEO MIYAJI SANCHES><sup>17</sup>

<HELIO KIUJI KAYAMORI><sup>18</sup>

**Resumo:** O sistema de produção industrial, por mais moderno que seja sempre apresenta perdas ao longo do caminho que não agregam valor ao produto. Este trabalho demonstra como a automação pode ajudar a otimizar o processo produtivo na indústria moveleira de Araçongas e tem como objetivo minimizar problemas de ergonomia e movimentação de peças entre as máquinas. Como a automação apresenta vários caminhos para um mesmo fim, o projeto proposto utiliza, especificamente, a eletro pneumática como ferramenta de trabalho.

**Palavras-chave:** Automação. Indústria moveleira.

**Abstract:** The system of industrial production by more modern that is always present losses along the way that do not add value to the product. This work demonstrates how automation can help optimize the production process in the Araçongas' furniture industry and aims to minimize problems of ergonomics and handling of parts between machines. As automation has multiple paths to the same end, the proposed project uses, specifically, the electro pneumatic tool.

**Key-words:** Automation. Furniture Industry.

---

<sup>17</sup> <Especialista em Eng. de Automação Industrial>, <FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI/SC, FLORIANÓPOLIS>, <maikrosanches@yahoo.com.br>

<sup>18</sup> <Especialista Em Sistemas De Aplicações>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina >, <helio.kayamori@pr.senai.br>

## **Inovação e Tecnologia**

### **1 INTRODUÇÃO**

A indústria paranaense vem crescendo de forma significativa em relação a outros Estados brasileiros. Isso se deve a um grande investimento no setor secundário e a investimentos também de capital estrangeiro. Muito diversificada, a indústria do Estado é voltada para a exportação de máquinas, equipamentos e caminhões, e abriga indústrias de papel, madeira, e automotiva, entre outras, na qual destacaremos à indústria moveleira de Arapongas.

O parque industrial moveleiro de Arapongas nasceu em 1966, por meio da Prefeitura Municipal, que incentivou a implantação de novas indústrias e a ampliação das existentes. O objetivo dessa política pública era o de promover a atividade industrial e diversificar a economia do município.

Até meados dos anos 70 a economia do município estava baseada na agropecuária. A primeira indústria de móveis da região foi a Moval, empresa de João Martins Cava Filho. Após 1975 o Município de Arapongas sofreu uma reestruturação da atividade econômica local, passando a focar seus esforços na atividade moveleira.

Foi criado o Sindicato das Indústrias de Móveis de Arapongas (SIMA), que já demonstrava as potencialidades da atividade moveleira no município, bem como delineava o interesse dos empresários do setor em transformar a indústria moveleira local em um polo moveleiro nacional.

Destaque-se também nesta trajetória, a transferência em 2003 para Arapongas do SENAI/CETMAM (Centro Nacional de Tecnologia da Madeira e do Mobiliário), criado em 1993, em São José dos Pinhais e hoje denominado de SENAI Arapongas.

Segundo o site do SIMA, das 841 empresas moveleiras do país, 163 estão localizadas no município de Arapongas. Estas empresas são responsáveis por quase 70% da riqueza produzida no município e 9,88% do PIB nacional de moveis. A cada 100 móveis fabricados no país, 10 saem de Arapongas e a região é a maior consumidora de chapas de aglomerado do Brasil.

As empresas da região de maneira geral realizaram importantes investimentos em máquinas e equipamentos para a renovação do parque industrial e qualificação de seus funcionários. Contudo, a maioria dos empresários desconhece técnicas modernas de gestão, como, por exemplo,

## **Inovação e Tecnologia**

Kanban, redução do *set-up*, CEP, entre outras, e utilizam como metodologia de custos de métodos tradicionais. Leonello e Cario (2002) ressaltam que essa prática não permite a análise da rentabilidade individual de cada produto, dificultando as negociações de preço, por não se saber que preço mínimo pode ser praticado sem comprometer as margens de lucro.

Devido a essa falta de conhecimento das ferramentas de qualidade, os empresários deixam de aumentar seus lucros sem mexer na produtividade da empresa, apenas eliminando as “perdas” que não agregam valor ao longo do processo produtivo.

O objetivo deste artigo é demonstrar como o uso da automação pode ajudar a otimizar o processo produtivo na indústria moveleira. Melhorando o lead time de produção e a ergonomia no posto de trabalho dos operadores.

O presente artigo está dividido em cinco seções. Esta primeira que faz uma breve introdução do trabalho. A Seção dois, referente a fundamentação teórica dos temas Produção Enxuta e Ergonomia que seriam as justificativas deste trabalho, e Automação, que seria a ferramenta usada para atingir o objetivo. Seção três, o estudo de caso. Seção quatro apresenta o resultado do trabalho, e a seção cinco, as devidas conclusões.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 PRODUÇÃO ENXUTA**

O conceito de produção enxuta passou a fazer parte da maioria das empresas no mundo. A manufatura enxuta surgiu no Japão após a Segunda Guerra Mundial e tem como base o Sistema Toyota de Produção. Sistema este criado como uma alternativa ao sistema de produção em massa empregado pelas montadoras de carros norte americanas.

O Japão, que no pós-guerra, passava por uma profunda crise econômica não tinha como produzir de forma semelhante ao sistema americano. Porém os japoneses gostariam de atender as expectativas solicitadas pelos clientes. Com isso os engenheiros da Toyota desenvolveram um sistema de produção que visa à eliminação total de perdas, ou seja, tudo aquilo que não agrega valor e qualidade ao produto (SHINGO, 1996).

A Toyota identificou sete grandes tipos de perdas que não agregam valor no processo produtivo e há um oitavo tipo de perda, incluído por Liker (2004) (Tabela 1).

## Inovação e Tecnologia

Tabela 1- Grandes tipos de perdas que não agregam valor ao processo produtivo.

|  |   |
|--|---|
| Superprodução                                | Produção de itens para os quais não há demanda, o que gera perda com excesso de pessoal e de estoque e com custos de transporte devido ao estoque excessivo.  |
| Processamento incorreto                      | Processos desnecessários para produzir as peças. Geram-se perdas quando se oferecem produtos com qualidade superior à que é necessária.   |
| Movimento desnecessário                      | Qualquer movimento inútil que os funcionários têm de fazer durante o trabalho, tais como procurar, pegar ou empilhar peças, ferramentas, etc.   |
| Transporte ou movimentação desnecessários    | Movimento de estoque em processo por longas distâncias, criação de transporte ineficiente ou movimentação de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos. |
| Excesso de estoque                           | Excesso de matéria-prima, de estoque em processo ou de produtos acabados, causando lead-times mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos de transporte e de armazenagem e atrasos.      |
| Defeitos                                     | Produção de peças defeituosas ou correção. Consertar ou retrabalhar, descartar ou substituir a produção e inspecionar significam perdas de manuseio, tempo e esforço.                                 |
| Espera (tempo sem trabalho)                  | Funcionários que servem apenas para vigiar uma máquina automática ou que ficam esperando pelo próximo passo no processamento.   |
| Desperdício da criatividade dos funcionários | Perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários.   |

Quadro 1: Os oito tipos de perdas segundo Liker (2004).

No mercado globalizado atual é o cliente que define o valor que está disposto a pagar por um produto. Praticamente não há mais lugar para sistemas de produção em massa, nem é mais possível administrar tanto os

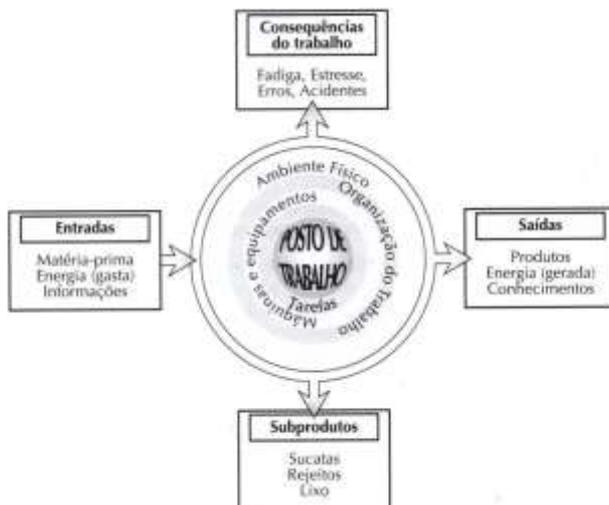
## Inovação e Tecnologia

preços, pois os mesmos são estabelecidos pela lei da oferta e da procura onde a condição “*Lucro = Preço – Custos substituiu Preço = Custo + Lucro*” (TUBINO, 1999). Assim fica claro que quem determina o preço final é o mercado e não mais o fabricante. Com isto, resta àqueles que querem aumentar o lucro somente reduzir os custos com melhorias contínuas que visam eliminar os desperdícios.

## 2.2 ERGONOMIA

A ergonomia estuda diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo e procura reduzir as suas consequências nocivas sobre o trabalhador (Figura 1). Assim, ela procura reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores, durante o seu relacionamento com esse sistema produtivo (IIDA, 2005).

Figura 1: Diversos fatores que influenciam no sistema produtivo.



Fonte: adaptado de IIDA, 2005.

Condição de trabalho é tudo o que caracteriza uma situação de trabalho e permite ou impede a atividade dos trabalhadores e que permitem que os processos sejam mais eficientes ou não. Há diversos relatos de

## Inovação e Tecnologia

resultados econômicos de aplicações da ergonomia, um simples trabalho de conscientização dos trabalhadores contribui para aumentar a produtividade em 10%.

A ergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais. Isso pode ser feito basicamente por três vias: aperfeiçoamento do sistema homem máquina ambiente, organização do trabalho e melhoria das condições de trabalho (IIDA, 2005).

O aperfeiçoamento do sistema homem máquina ambiente pode ocorrer tanto na fase de projeto de máquinas, equipamentos e postos de trabalho, como na introdução de modificações em sistemas já existentes, adaptando-os às capacidades e limitações do organismo humano (IIDA, 2005). Este trabalho tem justamente como um dos objetivos realizar melhorias ergonômicas no sistema já existente.

Uma segunda categoria de atuação da ergonomia está relacionada com os aspectos organizacionais do trabalho, procurando reduzir a fadiga e a monotonia, principalmente pela eliminação do trabalho altamente repetitivo, dos ritmos mecânicos impostos ao trabalhador, e a falta de motivação provocada pela pouca participação do mesmo nas decisões sobre o seu próprio trabalho. Em terceiro lugar, a melhoria é feita pela análise das condições ambientais de trabalho, com temperatura, ruído, vibrações, gases tóxicos e iluminação (IIDA, 2005).

### 2.3 AUTOMAÇÃO

Automação é a técnica de tornar um processo ou sistema automático e refere-se tanto a serviços executados como a produtos fabricados automaticamente e às tarefas de intercâmbio de informações (BLACK 1998).

O desejo de controlar os processos industriais acompanha o homem desde a criação das primeiras máquinas. Até a década de 1940, as máquinas eram operadas manualmente por um grande número de operadores com alguns poucos instrumentos mecânicos elementares que realizavam controle. A palavra automação surgiu por volta de 1946 com Del Harder em referência a alguns dispositivos automáticos que a *Ford Motor Company* havia desenvolvido para produção (GROOVER, 2001 apud LUZ, 2006).

Atualmente, cada vez mais observamos a combinação de diversas formas de automação dos processos de fabricação industrial. Será abordada basicamente

## Inovação e Tecnologia

a combinação da energia pneumática com a energia elétrica, a automação eletropneumática, e destacados alguns componentes utilizados no estudo de caso.

Os atuadores pneumáticos são elementos mecânicos que por meio de movimentos lineares ou rotativos transformam a energia cinética gerada pelo ar ou óleo pressurizado e em expansão, em energia mecânica, produzindo trabalho (FIALHO, 2011) (Figura 2).

Figura 2: Exemplo de atuador (FIALHO, 2011).



Fonte: (FIALHO, 2011).

As válvulas de comando são dispositivos que, ao receberem um impulso pneumático, hidráulico, mecânico ou elétrico, permitem que haja fluxo de ar pressurizados para alimentar determinado(s) elemento(s) do automatismo (Figura 3). Também são válvulas de comando, as que permitem controlar o fluxo do ar para os diversos elementos do sistema, mediante ajuste mecânico ou elétrico, as que permitem o fluxo de apenas um sentido, os elementos lógicos, as controladoras de pressão e as temporizadas (FIALHO, 2011).

Figura 3: Exemplos de válvulas.

## Inovação e Tecnologia



Fonte:(Fialho,2011).

Os sensores são componentes que captam as informações necessárias no decorrer do processo e enviam ao circuito elétrico de controle. Sensor de contato com acionamento mecânico, proximidade, fotoelétrico, pressão, temperatura, são alguns exemplos (BONACORSO, 1997).

Os dispositivos elétricos são componentes do sistema eletropneumático que recebem os comandos do circuito elétrico de controle e acionam as máquinas. Eles possuem a função de proteção, sinalização ou regulação (BONACORSO, 1997).

Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), do inglês *Programmable Logic Controller*, são pequenos dispositivos eletrônicos que controlam máquinas e processos (Figura 4). Utilizam uma memória programável para armazenar instruções e executar funções específicas que incluem controle de energização / desenergização, temporização, contagem, sequenciamento, operações matemáticas e manipulação de dados. Os CLPs permitiram reduzir os custos de materiais, mão-de-obra, instalação e localização de falhas ao reduzir a necessidade de fiação e os erros associados (FIALHO, 2011).

Figura 4: Exemplo de CLP.

## Inovação e Tecnologia



Fonte: (FIALHO, 2011).

### 3 ESTUDO DE CASO

A indústria moveleira de Arapongas, de maneira geral, apresenta máquinas com desenvolvimento tecnológico bem elevado. Contudo, a movimentação das peças de uma máquina para outra é realizada manualmente colocando as mesmas em cima de pistas de roletes e empurrando-as (Figura 5).

Figura 5: Pistas de roletes



Fonte: Do autor.

Estas pistas de roletes possuem movimento unidirecional. Para realizar a movimentação transversal das peças utilizam-se os “transfers”, que são pistas de roletes que se movimentam em cima de trilhos, conforme podemos observar em vermelho na Figura 6.

## Inovação e Tecnologia

Figura 6: Pistas de roletes e transfers.



Fonte: Do Autor.

Ao lado da máquina fica uma pista de rolete para entrada de peças e outra para saída de peças (Figura 7). Após a máquina fica um “transfer” para realizar a movimentação transversal para uma das pistas de roletes do pulmão. Pulmão são várias pistas de roletes onde as peças esperam para ser processadas na etapa seguinte. Após o pulmão fica outro “transfer” para fazer a ligação com a próxima máquina, seguindo o processo de fabricação até a etapa final de embalagem.

## Inovação e Tecnologia

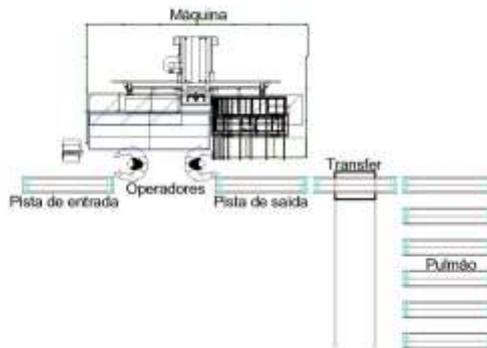
Figura 7: Pistas de roletas para entrada e saída na máquina.



Fonte: Do Autor.

A representação simplificada do conjunto de uma máquina do processo produtivo está demonstrada no layout na Figura 8.

Figura 8: Layout simplificado do processo de fabricação.



Fonte: Do Autor.

A movimentação das peças pelas pistas e transfers é realizada pelo próprio operador. Assim como a movimentação das peças da pista para máquina e da máquina para pista é realizada pelo operador também (Figura

## Inovação e Tecnologia

9). Como a altura da pista de roletes é fixa (apesar de já existir alguns mecanismos com regulagem de altura), o operador começa retirando as peças para colocar na máquina de uma altura mais elevada, que vai diminuindo até chegar à altura da pista. Da mesma forma que para devolver as peças da máquina para pista, começa na altura da pista até uma altura mais elevada.

Figura 9: Operador movimentando as peças da pista de roletes para máquina.



Fonte: Do Autor.

Com isso, o objetivo deste trabalho é melhorar a ergonomia do operador para colocar as peças depois de processadas novamente na pista de rolete e

## **Inovação e Tecnologia**

diminuir as perdas em relação a movimentação de uma máquina para outra, que não agregam valor ao processo produtivo.

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

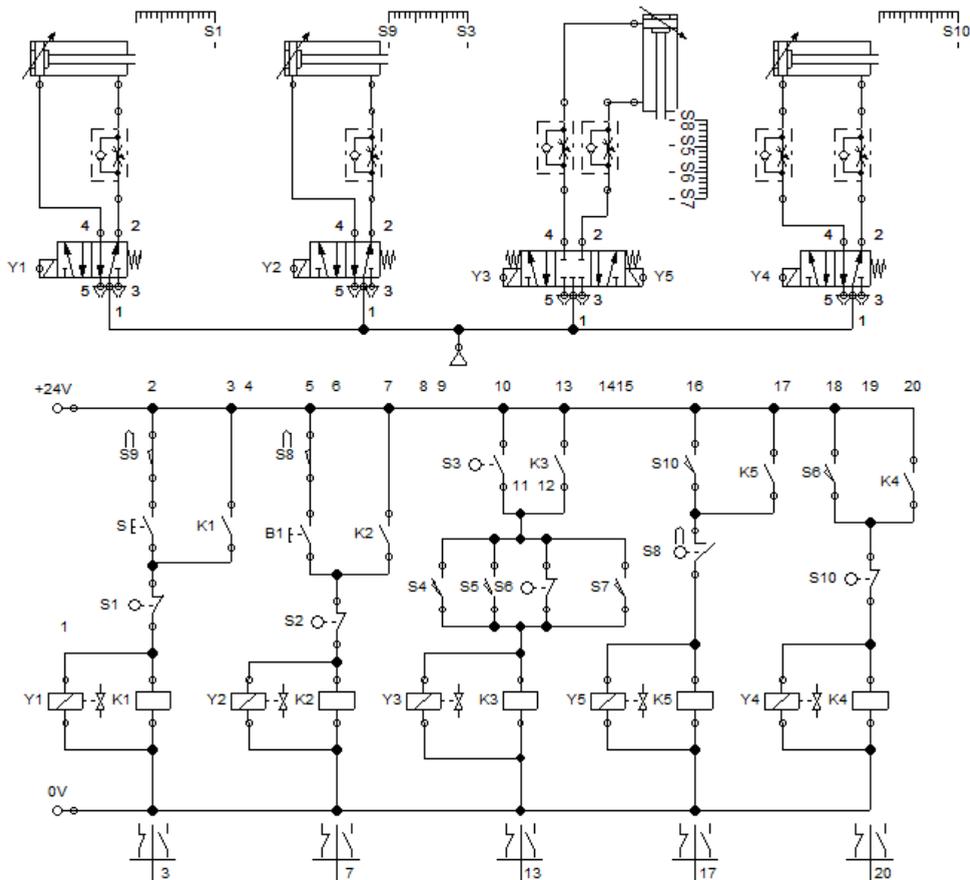
O projeto de automação desenvolvido primeiro irá realizar a movimentação vertical da pista de rolete da saída da máquina. O mecanismo faz com que cada vez que o operador retirar uma peça da máquina e colocar na pista, esta se mova verticalmente um pouco para baixo, sempre permanecendo com uma altura fixa e uma posição confortável para operar.

Com a pista chegando a sua posição inferior máxima, o operador aciona um botão que movimenta as peças para o transfer e eleva novamente a pista para colocar novas peças. O transfer por sua vez se movimenta ao longo do pulmão até encontrar uma pista vazia. Ao encontrar esta pista vazia o transfer para e movimenta as peças para o pulmão. Ao fim do processo ele retorna para a posição inicial e aguarda novas peças.

Todo este projeto foi desenvolvido no software Fluidsim e está representado na Figura 10.

Figura 10: Simulação do projeto de automação.

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Do Autor.

Na simulação o Botão S representa o sensor de presença na pista de saída da máquina. Sempre que acionado o sensor S, este movimentava verticalmente a pista para baixo até o sensor S ser liberado novamente. Com isso, o operador estaria trabalhando sempre em uma posição confortável e fixa até a pista chegar no fim do curso.

Com a pista completa de peças o operador aciona o botão B1 que faz com que as peças se movimentem da pista para o transfer. O Sensor S9 é uma segurança para que o sensor S não se acione enquanto está ocorrendo este movimento. Ao final deste movimento o sensor S3 é acionado. Este faz

## **Inovação e Tecnologia**

com que a pista retorne a sua posição vertical inicial e o transfer inicie o movimento transversal.

Os sensores S4, S5, S6 e S7 representariam os sensores de presença em cada um das pistas do pulmão. Na simulação S4, S5 e S7 estariam com peças e o S6 estaria livre. O transfer se movimenta até o sensor S6 e para. O sensor S6 acionaria o movimento das peças do transfer para o pulmão.

Com as peças localizadas no pulmão, o sensor S10 seria acionado retornando o transfer para a posição inicial para aguardar novas peças. O sensor S8 serve de segura para que o botão B1 não seja acionado enquanto o processo está sendo realizado.

O projeto de automação não levou em consideração aspectos relacionados a custos, dispositivos mecânicos e de movimentação, entre outros. O trabalho focou na elaboração do circuito elétrico e na representação através da ligação de atuadores, sensores, válvulas controlados eletro pneumaticamente. Uma entre outras várias opções seria a utilização do CLP, onde se pode programar e armazenar todos os comandos em um único dispositivo.

## **5 CONCLUSÕES**

Toda indústria, atualmente, tem alguma forma de automação, de um sistema simples aos mais elaborados, especialmente na indústria nacional, na qual a automação é uma necessidade quando se busca maior competitividade. Por mais moderno que seja um sistema, este sempre pode ser melhorado. A automação é uma excelente ferramenta de otimização de processos, maximizando a produção com menor consumo de energia, menor emissão de resíduos e melhores condições de segurança.

O trabalho apresentou um dos caminhos para melhorar a ergonomia no posto de trabalho e diminuir as perdas em relação a movimentação de peças na indústria moveleira. Como perspectivas para trabalhos futuros sugere-se desenvolver um programa para alimentação das máquinas. Um sistema ligado ao planejamento e controle da produção para realizar a seleção de quais peças do pulmão se movimentaria automaticamente até a entrada da máquina, integrando todo processo produtivo.

## **Inovação e Tecnologia**

### **REFERÊNCIAS**

BONACORSO, N. G.; NOLL, V. **Automação Eletropneumática**. São Paulo: Érica, 1997.

BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

FIALHO, A. B. **Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. São Paulo: Érica, 2011.

GROOVER, M. P. **Automation Production Systems and Computer - Integrated Manufacturing**. New Jersey. Prentice – Hall, 2001.

LEONELLO, J. C.; CARIO, S. A. F. **Análise das condições competitivas do cluster industrial de móveis de Arapongas no Paraná**. In: CARIO, S. A. F.; PEREIRA, L. B.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Blucher, 2005.

LIKER, K. J. **O Modelo Toyota**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005.

LUZ, G. B.; Kuiawinski, D. L. **Mecanização, Automação e Automação – Uma Revisão Conceitual e Crítica**. In. XIII SIMPEP Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção – Do ponto de vista da engenharia de produção**. Ed. Bookman: Porto Alegre, 1996.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS MOVELEIRAS DE ARAPONGAS (SIMA). Dados do setor. Disponível em: <http://www.sima.org.br/index.html>. Acesso em: 01 de Fev. de 2013.

TUBINO, D. F. **Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo VII – Maximização De Lucros No Segmento De Tratores Linha Pesada

EDUARDO COSTA ESTANBASSE<sup>19</sup>

RÔMULO JOSÉ NICOLAU<sup>20</sup>

**Resumo:** A busca pela eliminação das perdas decorrentes dos desgastes, os quais levam a um aumento dos custos operacionais e perdas de desempenho, precisam ser acompanhadas e trabalhadas para que sejam evitadas ao máximo possível. A proposta deste trabalho é comparar componentes hidráulicos, contribuindo para o aumento do rendimento dos equipamentos analisados os quais utilizam o sistema hidráulico Móbil para tratores linha pesada a ser estudado neste trabalho através da utilização de bancadas de testes. A metodologia utilizada foi uma pesquisa exploratória comparativa. Percebeu-se que os testes de equipamentos e compostos são essenciais para que se possa adequar melhor o trabalho ao sistema operacional, objetivando-se extrair o máximo de eficiência operacional possível. Verificou-se que a escolha do fluido é a parte essencial do trabalho. Outro fator importante está na situação da filtração. As partículas que podem ser deixadas no sistema por uma má filtração irão comprometer muito o funcionamento das engrenagens e promover desgastes maiores.

**Palavras-chave:** Manutenção. Hidráulica. Tratores.

---

<sup>19</sup> Mestrando Universidade estadual de São Paulo (UNESP/FEB) Campus Bauru – Engenharia Mecânica – Processos de Fabricação; Especialista, Faculdade de Tecnologia SENAI/SC, MBA Gestão Industrial – Ênfase em Sistemas de Produção, Tecnólogo Mecânico, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

<sup>20</sup> Especialista, Faculdade de Tecnologia SENAI/SC, Automação Industrial, Tecnólogo Mecânico, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

## **Inovação e Tecnologia**

### **1 INTRODUÇÃO**

O ambiente econômico atual tem cada vez mais exigido desafios na projeção e também na utilização de equipamentos. Quando estes são prioritários a um determinado setor da economia, tais desafios levam os responsáveis a um gasto de tempo na pesquisa e aprimoramento de tais componentes técnicos. Para a agricultura, um setor de extrema importância na economia mundial e, portanto onde o foco na utilização de máquinas e equipamentos é alto, se faz necessário a maximização da utilização dos componentes específicos de cada máquina, bem como a verificação do seu estado de conservação.

A busca pela eliminação das perdas decorrentes dos desgastes, os quais levam a um aumento dos custos operacionais e perdas de desempenho, precisam ser acompanhadas e trabalhadas para que sejam evitadas ao máximo possível.

A proposta deste trabalho visa a explanação dos benefícios alcançados com o monitoramento de peças e funções hidráulicas dos tratores linha pesada. Neste sentido, pretende-se mostrar a oportunidade de lucro contínuo que é possível obter com a troca de peças no tempo correto de sua vida útil, utilizando-se estes a um nível máximo de desempenho mesmo após um prazo de utilização próximo ao considerado exíguo.

Embora o indicativo seja sempre a busca por eliminar paradas por quebra, este estudo mostrará situações em que se pode ter a conservação continuada do equipamento como um todo, não deixando que componentes hidráulicos comprometam o consumo bem como o desempenho da máquina, afetando o seu potencial global e tendo uma produtividade considerável mesmo sem a sua completa substituição.

## **Inovação e Tecnologia**

### **1.1 Objetivos**

#### **1.1.1 Objetivo geral**

Comparar componentes hidráulicos por meio da bancada de teste, analisando o possível aumento de rendimento dos equipamentos que utilizam o sistema hidráulico Móbil para tratores linha pesada.

#### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Listar todos os componente hidráulicos dos tratores linha pesada;
- Medir resultados dos componentes em condições ideais de trabalho;
- Identificar as possíveis perdas e os inúmeros ganhos dos tratores linha pesada com a troca dos componentes no tempo ideal.
- Apresentar resultados coletados na bancada de teste.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

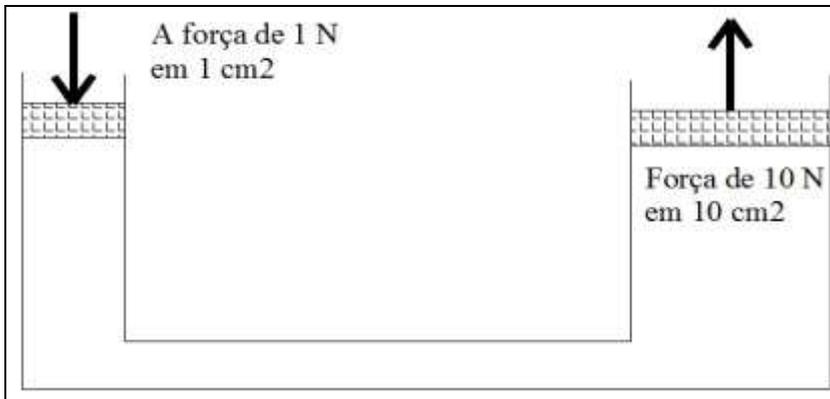
### **2.1 Hidráulica**

Área do conhecimento da física, responsável por grande importância no meio operacional da sociedade, a hidráulica ganhou enorme destaque ao longo dos anos. De acordo com (Larras, 1970), é a parte da física que trata do equilíbrio e do movimento dos líquidos. O termo originou-se da raiz grega Hidro (água), em virtude disto, Hidráulica são todas as leis e comportamentos relativos à água ou outro fluido. O autor ainda acrescenta que só no século XVII, com Pascal e Newton, a Hidráulica saiu do empirismo mais elementar, apesar de ilustres predecessores como Arquimedes. O termo Hidráulica só apareceu como substantivo na lingua francesa em 1960.

## Inovação e Tecnologia

Desde a sua criação, o sistema de geração de energia ainda se baseia no mesmo princípio quando descoberto por Pascal, em 1650. Evoluindo na implementação deste sistema, Daniel Bernoulli, em sua obra Hidrodinâmica de 1738, descreveu a lei de conservação de energia em tubulações. A partir destes estudos iniciais, descobriu-se um Sistema De Desenvolvimento De Energia, conforme a figura 01:

**Figura 01** - Sistema de desenvolvimento de energia,



Fonte: Larras (1979)

Pelo esquema apresentado na figura 01, o processo de geração de força resultante se dá conseguindo-se à partir de uma aplicação de intensidade de carga 10x menor. Percebe-se que, acionando-se em uma ponta do sistema hidráulico, a força de 1N (NEWTON) numa tubulação de área 1cm<sup>2</sup>, o fluido vai impor a uma superfície de 10cm<sup>2</sup>, uma força de 10N.

Atualmente a Hidráulica se divide em: **Hidráulica Estacionária:** ou Industrial que cuida de máquinas e sistemas hidráulicos utilizados na indústria, tais como máquinas injetoras, prensas, retificadoras, fresadoras, tornos, entre outros; **Hidráulica Mobil:** cuida de mecanismos hidráulicos

## Inovação e Tecnologia

existentes nos sistemas de transportes e cargas como caminhões, automóveis, locomotivas, tratores, navios, aviões, motoniveladoras, basculantes, entre outros.

### 2.2 Sistema hidráulico

Um sistema hidráulico é um conjunto de componentes interligados que tem como função transmitir potência de forma controlada através de um líquido (fluido Hidráulico) sob pressão. Dentre os principais componentes hidráulicos que necessitam de acordo com (Stewart,2008) citam-se:

**Bombas:** Utilizada nos circuitos hidráulicos para converter energia mecânica em energia hidráulica, sendo a responsável em criar fluxo de fluido para o sistema. Este tipo de bomba não gera pressão. A pressão só é criada se houver alguma restrição à passagem de fluxo. As bombas são feitas em vários tamanhos e formas, mecânicas e manuais com diversos mecanismos de bombeamento e para diversas aplicações.

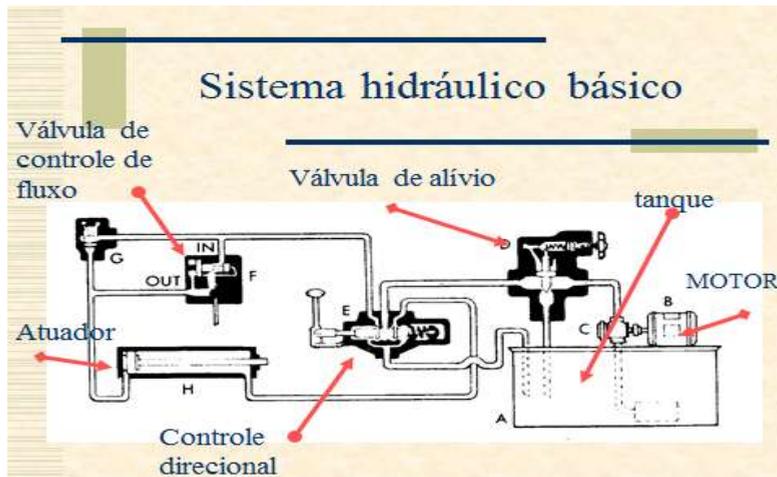
**Atuadores:** Que possuem a função de aplicar ou fazer atuar energia mecânica sobre uma máquina, levando-a a realizar um determinado trabalho. Num circuito típico, o atuador é mecanicamente ligado à carga de trabalho e é atuado pelo fluido da bomba; assim sendo, força ou torque é transformado em trabalho.

**As válvulas direcionais:** São responsáveis pelo direcionamento do fluido dentro do sistema, possibilitando extensão ou a retração de atuadores lineares, acionamento ou inversão de atuadores rotativos. Esses tipos de válvulas podem ser de múltiplas vias que, com o movimento rápido de um só elemento, controla a direção ou sentido de um ou mais fluxos diversos de fluido que vão ter à válvula.

## Inovação e Tecnologia

Como exemplo de Sistema Hidráulico, tem-se a título de exemplo a figura 02:

**Figura 02** - Sistema hidráulico



Fonte: Linsingen (2008)

### 2.3 Geração de potencia de motores dos tratores – Sistema Hidráulico Móbil

A aplicabilidade dos sistemas móveis com o uso da tecnologia hidráulica está sendo de enorme importância para a sociedade, sendo aplicados em várias atividades e equipamentos. A necessidade de geração de trabalhos cada vez mais complexos exigem sistemas cada vez mais eficientes e potentes. Com a revolução industrial e o desenvolvimento dos sistemas hidráulicos modernos, a proposta de utilização requer do sistema a utilização de fluidos que possibilitem dar mais eficiência ao processo.

Os acionamentos nos equipamentos hidráulicos, segundo Linsingen (2008) operam a tipos de pressões mais elevadas e cada vez com maior precisão. Ainda que capazes de fazer mais trabalho, serem mais sensíveis ao operador, possuírem comandos automáticos, estes sistemas também são mais

## Inovação e Tecnologia

vulneráveis ao desgaste e depositar níveis de formação de minerais causadas pelas temperaturas de funcionamento mais elevadas e pressões.

### 2.4 Função do óleo hidráulico/fluido hidráulico

A principal função do óleo hidráulico é a transmissão de força no sistema hidráulico (RIOS 1974). Portanto, é essencial proporcionar a lubrificação eficiente das peças internas do sistema que proporcione a maior durabilidade e que se possa evitar o desgaste prematuro. De acordo com Palmiere (1981) os principais requisitos do fluído/óleo são: ser resistente a contaminação por água (emulsificação); ser resistente à oxidação; ter boa performance contra desgaste; bom comportamento anti-espumante; índice de viscosidade  $\nu$  : mínimo 100; não pode atacar vedações do sistema hidráulico, e boa aditivação anticorrosivo;

### 2.5 Tipos de óleos hidráulicos

De acordo com Linsigen (2008) os tipos óleos hidráulicos são:

**Óleos minerais:** refinado de solventes parafínicos, sendo utilizados para melhorar o desempenho adiciona-se melhoradores de índice de viscosidade, aditivos anti-corrosivos, anti-oxidantes, aditivos EP (extrema pressão), inibidores de espuma e demulgadores.

**Óleos minerais tratados:** fabricados através de um processo especial de hidro craqueamento, possui alta resistência à oxidação e a envelhecimento, sendo livres de hidrocarbonetos não saturados. Em virtude disto, não absorvem o oxigênio do ar.

**Óleos sintéticos:** geralmente são óleos a base de Polialfaoleofina (PAO), não tóxicos, altamente resistentes á altas temperaturas, cargas extremas e corrosão devido ao alto índice de viscodade e de seu pacote de aditivos especiais, duram até cinco vezes mais que os óleos convencionais e são 100% biodegradáveis podendo ser usados em sistemas hidráulicos que solicitam baixa fluidez e alto ponto de fulgor. A vida útil longa reduz o consumo e o

## Inovação e Tecnologia

custo de manutenção.

### 2.6 Importância do controle da viscosidade do óleo

A viscosidade para os equipamentos hidráulicos é fundamental para qualquer máquina hidráulica, sendo desejável alta viscosidade para manter a vedação entre superfícies justapostas. No entanto, uma viscosidade muito alta aumenta o atrito, poderia resultar em: alta resistência ao fluxo; aumento do consumo de energia devido a perdas por atrito; aumento da temperatura causada pelo atrito; maior queda de pressão devido à resistência (aumento da perda de carga); possibilidade de operação vagarosa (velocidade reduzida); dificuldade da separação do ar do óleo (SENAI, 1987).

Porém se a viscosidade for baixa demais pode acontecer: vazamentos internos aumentados; gasto excessivo ou talvez engripamento, sob carga pesada, devido à decomposição película de óleo entre as peças móveis; redução do rendimento da bomba, com uma operação mais lenta do atuador; aumento de temperatura devido a perdas por vazamento.

### 2.7 Alguns indicadores de viscosidade

**Viscosidade relativa S.U. S:** pode ser determinada cronometrando-se o escoamento de uma dada quantidade de fluido, através de um orifício calibrado, a uma determinada temperatura. Há vários métodos em uso, no entanto, o mais aceito é o do *Viscosímetro de Saybolt* que mede o tempo em que determinada quantidade de líquido escoar através de um orifício. É igual ao tempo gasto (em segundos) para este escoamento. Geralmente, os testes são feitos a 100°F (37,5°C) e 212°F (100°C). Para as aplicações industriais a viscosidade de óleo hidráulico geralmente está na vizinhança de 150 SUS a 100°F (37,5°C). É uma regra geral que a viscosidade dos fluidos hidráulicos nunca deve estar abaixo de 45 SUS ou acima de 4.000 SUS, independentemente da temperatura (SENAI, 2004).

**Número SAE:** foram estabelecidos pela Sociedade Americana dos Engenheiros Automotivos para especificar as faixas de viscosidade SUS do óleo às temperaturas de testes SAE. Os números de inverno (5W, 10W,

## **Inovação e Tecnologia**

20W) são determinados pelos testes a 0°F (-17°C). Os números para óleo de verão (20, 30, 40, 50, etc.) designam a faixa SUS a 212°F (100°C) (SENAI, 2004).

**Viscosidade ISO VG:** O sistema ISO estabelece o número médio para uma determinada faixa de viscosidade cinemática (cSt) a temperatura de 40°C. Outra unidade de viscosidade usada em alguns países é o grau Engler (°E) (SENAI, 2004).

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Quanto aos objetivos este estudo foi uma pesquisa descritiva, pois segundo Gil (2002) possibilita a descrição das características de determinada população ou fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis.

Portanto, descreveu as características do sistema hidráulico Móbil para tratores linha pesada, através da comparação de componentes hidráulicos por meio da bancada de teste, analisando o possível aumento de rendimento dos equipamentos que utilizam o sistema hidráulico Móbil para tratores linha pesada.

O método utilizado foi o comparativo que permitiu investigar o sistema hidráulico mobil para tratores linha pesada segundo suas semelhanças e suas diferenças. Segundo Marconi e Lakatos (2005) o método comparativo baseia-se na explicação dos fenômenos, o método comparativo permite analisar o dado concreto, deduzindo dos mesmos os elementos constantes abstratos e gerais.

### **4 RESULTADO E DISCUSSÃO**

Ao observar as condições operacionais a que estão sujeitos o funcionamento do Sistema Hidráulico Móbil, para a linha analisada, percebe-se a ação de agentes agressores a este sistema. Neste sentido, lançar mão de procedimentos básicos de manutenção, prevenção e escolhas dos melhores

## Inovação e Tecnologia

equipamentos, bem como avaliar ocorrências a serem evitadas, garantem melhores resultados financeiros principalmente.

Para exemplificar melhor as condições operacionais e avaliar a ação dos agentes agressores como: alta temperatura, carga de trabalho, contaminadores (excesso de poluição, sujeiras por resíduos diversos, etc), bem como a maneira de uso do sistema, apresenta-se a figura 03.

Figura 03 – Condições operacionais dos sistemas hidráulicos móbil



Fonte: o autor 2012

Devido às condições de trabalho impostas ao sistema hidráulico, o seu funcionamento pode ser afetado. Ao mesmo tempo, é fator essencial o bom funcionamento adequado a estas condições, pois fora projetado para o trabalho pesado a ser executado.

Portanto, diante da necessidade de extrair o máximo de desempenho do sistema, oferecendo mais produtividade com um custo menor de manutenção, por exemplo, os testes de simulações irão promover análises que permitam projetar equipamentos e composições mais adequadas a serem utilizadas no projeto de trabalho específico.

Simulando-se, através de bancada de testes hidráulicos, as principais condições a que estarão sujeitos os Sistemas Hidráulicos Móbil, possibilitam-se conclusões a respeito de ações preventivas e propriedades dos equipamentos avaliados. Neste trabalho, buscaram-se avaliações desenvolvidas nos seguintes itens: o fluido, o sistema de filtragem e o funcionamento da bomba.

## Inovação e Tecnologia

A figura 04 apresenta um exemplo de bancada de testes hidráulicos.

Figura 04 – Exemplo de bancada de testes hidráulicos



Fonte: o autor 2012

Através de exemplos de avaliações extraídas de autores sobre o assunto, será conduzida uma linha de pensamento essencial aos principais cuidados na projeção de um sistema hidráulico móbil mais adequado perante as condições de tralho avaliadas.

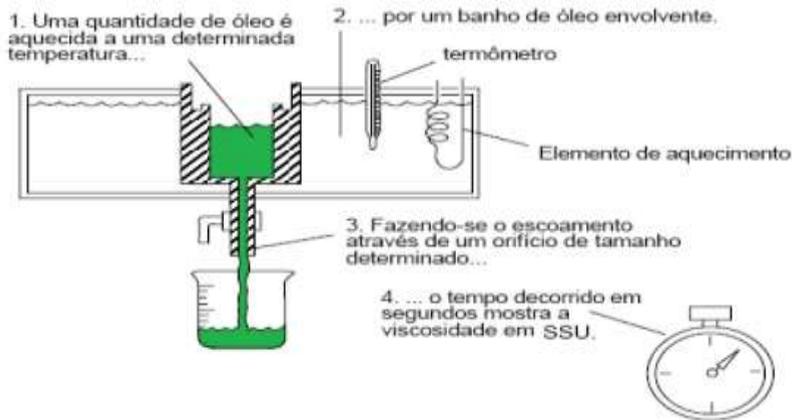
### 4.1 Fluidos hidráulicos

Item essencial no diagrama de geração de potência do sistema, o fluido hidráulico da linha móbil precisa ser bem avaliado. Avaliar principalmente a sua viscosidade estará determinando o seu preparo para as condições de alta temperatura do ambiente. Sob este efeito a capacidade de manter o sistema, sem o risco de corrosão principalmente, vai sendo diminuída.

Submetendo-se o óleo ao teste de viscosidade pelo método Saybolt (SSU), pode-se determinar o tipo mais adequado a ser utilizado. A figura 05 apresenta o procedimento do teste de viscosidade Saybolt que traz a melhor conclusão sobre o tipo de óleo em elevadas temperaturas.

**Figura 05** – Procedimento de teste de viscosidade de Saybolt.

## Inovação e Tecnologia



Fonte: REXROTH (1987)

Portanto, quanto menor for o tempo de escoamento, melhor a viscosidade do óleo e com isto, melhor o seu desempenho sob altas temperaturas, mantendo o sistema protegido. Os óleos sintéticos ou os minerais de viscosidade SSU 40 ou 50 (20W40, 20W50) são os mais recomendados para os equipamentos diante desta situação de análises.

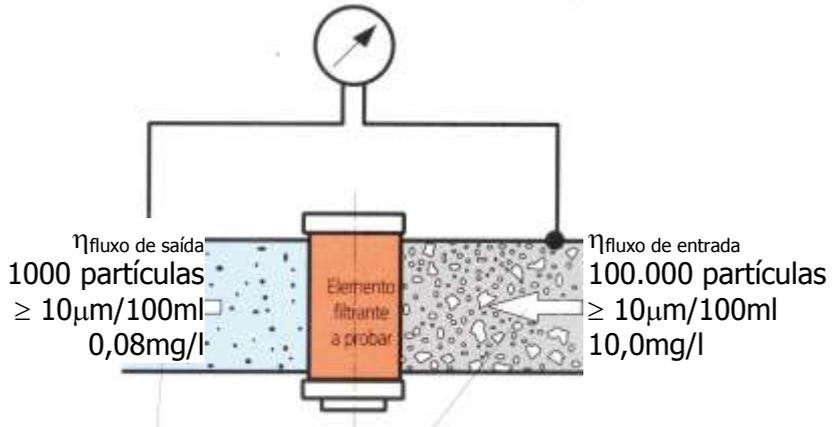
### 4.2 Filtros

Como previamente observado, as condições de trabalho a que se sujeita o Sistema Móbil, o risco da incidência de sujeiras é altíssimo. Qualquer descuido pode comprometer o funcionamento do trabalho hidráulico. Neste sentido, a avaliação das condições de filtragem será fundamental.

A figura 06 apresenta a importância de um sistema de filtragem eficiente dentro do funcionamento do sistema hidráulico. A capacidade de medição das partículas é medida em microns ( $\mu$ ), que representa um milionésimo de um metro.

## Inovação e Tecnologia

**Figura 06** – Sistema de filtragem



Fonte: Rexroth (1987)

Segundo Rexroth (1987), a capacidade de filtragem é determinada pelo chamado fator  $\beta_x$ . Este é o fator que mede a capacidade da retenção de sujeira de um elemento filtrante. Geralmente, este fator é representado por  $\beta_x$ , onde  $x$  é o diâmetro mínimo das partículas que serão filtradas. Para a figura acima, a representação do cálculo deste fator, ou seja, a capacidade de filtragem seria analisada seguindo o cálculo:

$$\text{Pela fórmula (REXROTH 1987), } \beta_x = \frac{\eta_{\text{fluxo de entrada}} \geq X\mu\text{m}}{\eta_{\text{fluxo de saída}} \geq X\mu\text{m}}$$

$$\text{Tomando o exemplo acima, } \beta_{10} = \frac{100.000}{1000} = 100$$

$$\text{Em termos percentuais, o grau de separação é, } \% = \frac{\beta_x - 1}{\beta_x} * 100$$

Ainda usando-se um quadro apresentado pela Palmiere (1981), temos um

## Inovação e Tecnologia

padrão a seguir:

**Quadro 01 – Padrão a seguir**

| $\square_x$ | Grau de separação |
|-------------|-------------------|
| 2           | 50%               |
| 20          | 95%               |
| 75          | 98,6%             |
| 100         | 99%               |

Fonte: Palmiere (1981)

Ainda segundo o manual de hidráulica da Palmiere (1981), pode-se obter o tipo de filtro mais adequado para cada sistema hidráulico. Segundo o quadro 02, a indicação do filtro mais adequado para o sistema móbil, nas condições de pressão indicada, seria o orgânico.

**Quadro 02 – Indicação do Filtro mais adequado**

| Pode alcançar mediante filtro |                                    |   | Sistema Hidráulico   |          |
|-------------------------------|------------------------------------|---|--|----------|
| $\square_x=75$                | Material                           | Disposição  |  |          |
| 3                             | Inorgânico,<br>ex.: fibra de vidro | Filtro de pressão                                   | Servoválvulas  |          |
| 5                             |                                    |   | Válvulas Reguladoras   |          |
| 10                            |                                    | Filtro de retorno<br>ou filtro de<br>pressão        | V. Proporcionais   | P>160bar |
| 20                            | Bombas e válvulas<br>em geral      |   | P<160bar   |          |
| 25                            | Orgânico,<br>ex.: papel            | Filtro de retorno,<br>aspiração ou<br>vazão parcial | Sistema de baixa pressão.<br>Hidráulica Móbil e industrial<br>pesada |          |
| 25...40                       |                                    |   |  |          |

Fonte: Palmiere (1981)

## Inovação e Tecnologia

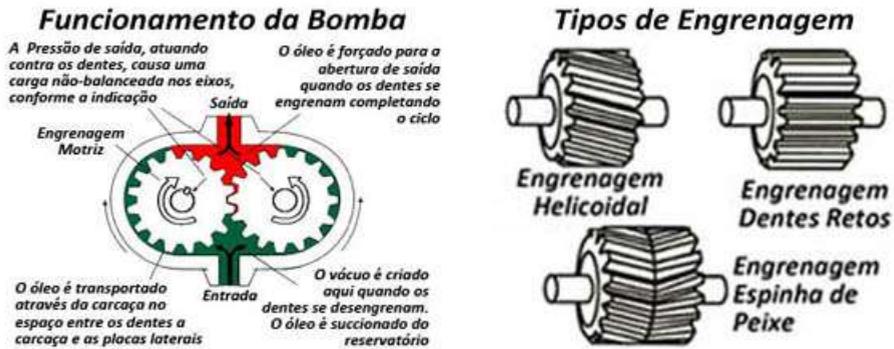
### 4.3 Bombas hidráulicas

Uma etapa importante na avaliação deste trabalho é apresentar as condições que interferem no funcionamento da bomba hidráulica. Segundo SENAI (1987) nos circuitos hidráulicos a bomba hidráulica funciona como coração do mesmo. Sua função é transformar energia mecânica, proveniente de um motor de acionamento em energia hidráulica. Esta bomba fica responsável em um fluxo que transmite pressão e geralmente é classificada por sua capacidade de pressão máxima de operação e pelo deslocamento em litros por minuto com determinada rotação.

É essencial que se conheça os detalhes de vazão, pressão e outros parâmetros que dimensionam e promovem o funcionamento do circuito, determinando o desgaste ou problemas cruciais na bomba.

Na figura 07 apresentam-se as condições de funcionamento da bomba.

Figura 07 – Condições de funcionamento da bomba



Fonte: REXROTH (1987)

Como se pode perceber há um contexto de engrenagens importantes no equipamento. São essas engrenagens que estão diretamente em contato com o óleo e uma má interação destas interações pode provocar os problemas mais comuns.

## Inovação e Tecnologia

Há uma distribuição de problemas mais frequentes em sistemas hidráulicos, segundo informa NEVES (1974). Apresenta-se abaixo o quadro 03 onde este autor demonstra como se divide a frequência de defeitos mais comuns em equipamentos dos sistemas hidráulicos.

Quadro 03 - Distribuição de defeitos

| <b>Equipamento</b>       | <b>Percentual</b> |
|--------------------------|-------------------|
| Bomba                    | 35%               |
| Atuadores                | 15%               |
| Controladoras de pressão | 15%               |
| Válvulas direcionais     | 10%               |
| Tubulações               | 10%               |
| Outros                   | 5%                |

Fonte: Neves (1974)

Como se percebe, a bomba hidráulica possui uma incidência de problemas em percentual maior que os demais itens do sistema. No quadro 04 Neves (1974) demonstra como se distribuem as causas das falhas nos equipamentos mostrados acima.

Quadro 04 - Distribuição das causas de falhas em equipamentos hidráulicos

| <b>Equipamento</b> | <b>Percentual</b> |
|--------------------|-------------------|
| Fluido hidráulico  | 80%               |
| Fatores mecânicos  | 10%               |
| Outros             | 5%                |
| Desconhecidos      | 5%                |

Fonte: Neves 1974

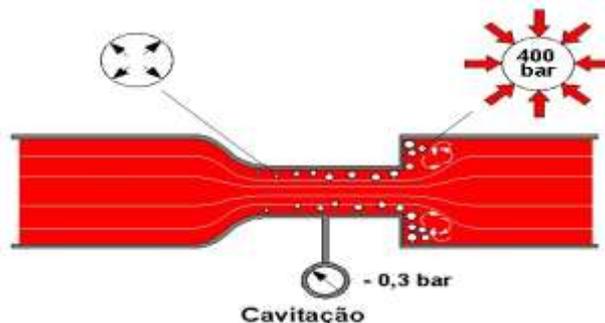
Portanto, verifica-se uma grande parcela de culpa dos problemas relativos ao fluido hidráulico nas ações de problemas do sistema. Concentrar esforços no cuidado com este composto, bem como os elementos filtrantes, orientam quais os procedimentos necessários para aumentar a vida útil dos

## Inovação e Tecnologia

sistemas hidráulicos, minimizar manutenções corretivas e aumentar a disponibilidade desses sistemas.

Dentre os problemas graves que podem ser evitados com relação à bombas hidráulicas estão a cavitação. Segundo Rexroth (1987), este fenômeno se dá quando, por algum motivo, gera-se uma zona de depressão, ou pressão negativa na passagem do fluido pelos compostos. Assim, o fluido tende a vaporizar formando bolhas de ar. Ao passar da zona de depressão, o fluido volta a ficar submetido à pressão de trabalho e, as bolhas de ar implodem provocando ondas de choque, que provocam desgaste, corrosão e até mesmo destroem pedaços dos rotores, carcaças e tubulações. A figura 08 representa a imagem do processo de cavitação.

Figura 08 – Processo de cavitação



Fonte: Rexroth (1987)

Este problema geralmente é causado, geralmente por : Filtro da linha de sucção saturado, Respiro do reservatório fechado ou entupido, muitas curvas na linha de sucção (perdas de cargas), estrangulamento na linha de sucção ou linha de sucção congelada.

Um dos efeitos deste problema pode ser visualizado pela figura 09:

Figura 09 – Cavitação

## Inovação e Tecnologia



Fonte: o autor

Em um sistema de funcionamento nas condições de trabalho consideradas, evitar a cavitação nas bombas hidráulicas requer um plano de trabalho adequado, onde se priorize a gestão de um planejamento de manutenção nas partes envolvidas com o problema, a fim de se evitar prejuízos maiores.

## 5 CONCLUSÃO

É possível se perceber neste trabalho, o nível de detalhes a serem estudados no que se refere ao desenvolvimento da Hidráulica Móbil. Especificamente para trabalhos pesados como neste caso, é essencial para que o bom funcionamento exista sob condições de extrema sujeira ou alta temperatura, um plano operacional que envolva peças adequadas e uma manutenção preventiva.

O que se percebe com os estudos apresentados, é que os testes de equipamentos e compostos são essenciais para que se possa adequar melhor o trabalho ao sistema operacional, objetivando-se extrair o máximo de eficiência operacional possível. Verificou-se que a escolha do fluido é a parte essencial do trabalho. Outro fator importante está na situação da filtragem. As partículas que podem ser deixadas no sistema por uma má filtragem irão comprometer muito o funcionamento das engrenagens e promover desgastes maiores.

Os custos em ter o equipamento parado, ou seja, dinheiro que se

## **Inovação e Tecnologia**

deixa de faturar, podem ser bem maiores que o valor dispensado em reparos corretivos. Os que estarão responsáveis em operar o equipamento precisam atentar para as seguintes situações: utilizar o óleo adequado ao sistema, de preferência o sintético; acompanhar o período de troca do óleo para se evitar os problemas de desempenho principalmente; utilizar os filtros mais adequados e promover sua troca em tempo adequado, e implementar a manutenção preventiva nos compostos para prever e evitar problemas maiores com desgastes e sujeiras.

Todo planejamento requer organização para o seu cumprimento de maneira eficiente e cumprir seus objetivos propostos. Este plano deve ser parte do trabalho operacional da máquina, disponibilizando no manual de quem irá trabalhar nela e implementar diariamente estas diretrizes. Desta forma, pode-se conduzir a maneira de se obter a melhor lucratividade possível no uso das máquinas operadoras de sistema hidráulico móbil.

## **REFERÊNCIAS**

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas. 2002.

LINSINGEN, Irlan Von. **Fundamentos dos sistemas hidráulicos** 3ª edição, - São Paulo, UFSC, 2008

LARRAS, Jean. . **A hidráulica**. Biblioteca Universitária, 1979.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.V. **Fundamentos de metodologia científica**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

NEVES, Eurico Trindade. **Curso de Hidráulica**. Ed Globo. Porto Alegre, 1974.

PALMIERE, Antonio Carlos. **Manual de hidráulica básica**. 3. ed. Porto Alegre, 1981.

## **Inovação e Tecnologia**

REXROTH. Treinamento hidráulico THR: **curso básico de óleo-hidráulica industrial para engenheiros e técnicos**. São Paulo, 1987. 132 p.

RIOS, Jorge L. Paes. **Curso de Hidráulica Aplicada**. Univ. Católica de Petrópolis - Petrópolis, 1974.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Comandos hidráulicos: informações tecnológicas**. São Paulo, 1987.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Hidráulica e técnicas de comando**. Florianópolis: Senai/Sc. 2004.

STEWART, Harry L. **Pneumática e Hidráulica**. São Paulo: Hemus. 3 ed. 2008.

## Inovação e Tecnologia

### Capítulo VIII – Controle De Temperatura Em Dessolventizadores Tostadores

#### CONTROL OF TEMPERATURE IN DESSOLVENTIZERS TOASTERS

<LUCAS TIAGO MONARI MEZA><sup>21</sup>

<VICENTE DE LIMA GONGORA><sup>22</sup>

**Resumo:** O presente artigo apresenta um breve comentário sobre o processo industrial da soja no país, o processo de dessolventização e tostagem do farelo de soja e o controle de processo. Trata os tipos de controladores ressaltando a sua importância para obter um produto final livre de qualquer impureza, sem desperdícios financeiros, cuidando do meio ambiente e satisfazendo a necessidade do consumidor final. Tem como objetivo abordar o conhecimento de um sistema de controle de temperatura em um dessolventizador e tostador de farelo em plantas extratoras de óleo, e propondo uma complementação de forma simples ao controle existente considerando algumas variações do processo. Este controle tem muito valor nestas plantas uma vez que através dele garante sua qualidade nutricional e serve de parâmetro de segurança entre os setores de extração e peletização nestas plantas.

**Palavras-chave:** Farelo de soja. Dessolventização e tostagem. Controle de processo.

---

<sup>21</sup> <Engenheiro Eletricista>, <Fundação Educacional Inaciana >, <lucas.meza@yahoo.com>

<sup>22</sup> <Engenharia Elétrica MSc.>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <vicente.gongora@pr.senai.br>

## Inovação e Tecnologia

**Abstract:** This article presents a brief commentary on the manufacturing process of soybean in the country, the process of dessolventization and toasting of soybean meal and process control. These types of controllers highlighting their importance to obtain a final product free from any impurity, without financial waste, taking care of the environment and meeting the needs of the consumer. Aims to address the knowledge of a system of temperature control in a dessolventizer and toaster and meal of oil extraction plants, and proposes a simple way to complement the existing control considering some changes in the process. This control is very valuable in these plants because through it ensures the nutritional quality and serves as a safety parameter between the sectors of mining and pelletizing plants in these.

**Key-words:** Soybean meal. Dessolventizer and toaster. Process control.

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a soja movimenta um valor considerável gerando muitos empregos desde o plantio até o produto final, farelo de soja e óleo comestível também utilizado na fabricação de biodiesel.

De acordo Paulo Roberto Paraíso (2011) a industrialização de plantas extratoras de óleo é um dos mais importantes ramos do sistema agroindustrial e por essa razão os investimentos são inúmeros em busca de um produto final de alta qualidade.

Os produtos gerados pela industrialização da soja abastecem o mercado interno e externo e a competitividade entre as empresas do ramo requer controle no sistema de produção para que ao final se tenha um produto com custo atrativo e lucrativo, evitando desperdícios, e acima de tudo o cuidado com o meio ambiente e a segurança interna e do consumidor final,

## **Inovação e Tecnologia**

uma vez que o solvente hexano utilizado para a extração do óleo é tóxico e explosivo.

Entre os produtos decorrentes da produtividade da soja está o farelo de soja que representa cerca de 70% da semente da soja. Quando o farelo é separado do óleo de soja no extrator passa por um processo com vapor direto e indireto, em um equipamento chamado dessolventizador-tostador (DT).

A dessolventização é uma operação que elimina os resíduos do solvente hexano que ficou no farelo de soja através de um vapor direto. O tostador, por sua vez, aquece o farelo ainda úmido com um vapor indireto inibindo a ação de enzimas que possam dificultar a digestão.

A dessolventização e tostagem necessitam de um controlador e o controle de processo que é formado pelo controle de temperatura, controle de vazão e controle de nível.

A temperatura é importante no processo industrial, sendo indispensáveis sua medição e controle para a qualidade do produto e a segurança dos maquinários e dos operadores desses.

Todo esse processo é desenvolvido com um controle de sistema que possui como variáveis da malha de controle a variável controlada, variável medida e variável manipulada.

O sistema de controle tem como principais instrumentos o sensor, o transmissor, o transdutor i/p, o controlador e válvula de controle. Cada instrumento desses tem sua função e se interagem entre eles para que ao final do processo tenha-se um processo seguro e eficaz.

O controlador mais completo é o controlador proporcional mais integral mais derivativo (PID) que tem o objetivo de garantir a segurança do sistema, permitir a estabilidade do processo e realizar a medição igual ao ponto de ajuste de forma rápida.

O sistema descrito a seguir tem como principal objetivo o conhecimento de um sistema de controle de temperatura em um dessolventizador e tostador de farelo em plantas extratoras de óleo. Este controle tem muito valor nestas plantas uma vez que através deste controle se garante sua qualidade nutricional e serve de parâmetro de segurança entre os setores de extração e peletização nestas plantas.

## **2. PROCESSO INDUSTRIAL PARA A OBTENÇÃO DO ÓLEO DE SOJA NO BRASIL**

## Inovação e Tecnologia

A produção da soja no Brasil evoluiu significativamente na década de 70, decorrente da demanda internacional por soja em grãos e seus derivados e do pelos subsídios oferecidos pelo governo. Esse mesmo entendimento é do doutrinador Paulo Roberto Paraíso, em sua obra Modelagem e análise do processo de obtenção do óleo de soja.

Segundo Edison Luis Otto (2009), a soja é cultivada em vários países, sendo os principais produtores o Brasil, a Argentina, a China e os Estados Unidos. No Brasil a soja é utilizada principalmente no processamento do grão em óleo e proteína. A maior produção brasileira está concentrada nas regiões Centro-Oeste e Sul.

As empresas brasileiras de processamento de soja tiveram que se adaptar para atender a demanda crescente por produtos com maior valor agregado, melhorar os rendimentos e reduzir o consumo de energia a fim de reduzir os custos.

Para a redução dos custos, a proteção do meio ambiente, com a redução do consumo de energia, e do consumidor as indústrias utilizam processos contínuos de extração por solvente, utilizando o solvente hexano, apesar de ser inflamável. As operações utilizadas são: a extração do óleo de soja por solvente, a destilação da miscela e a dessolventização-tostagem do farelo, por consumirem muita energia, sendo a manipulação por meio do hexano bastante intensa.

Na indústria de óleo de soja comestível e do farelo de soja o processo de obtenção do óleo de soja e do farelo, é importante e este óleo e farelo é constituído por etapas: preparação das sementes na forma de flocos, extração do solvente e a recuperação do solvente.

A preparação das sementes decorre de um conjunto de operações próprias que permitem que os flocos de sementes sejam formados para que a extração possa ser realizada da melhor forma possível. Em seguida esses flocos são colocados no extrator juntamente com o solvente, que normalmente é o hexano, com o fim de que ocorra a extração do óleo com solvente.

A extração do óleo com solvente é realizada num extrator de forma contínua, do qual é extraída a miscela, mistura líquida composta de óleo de soja e hexano, com teor de óleo na faixa de 24 a 30% em massa, e, também, a torta, que é uma mistura de farelo de soja, solvente, água e um pouco de óleo

## **Inovação e Tecnologia**

residual. Esse solvente necessita ser recuperado para que o óleo e o farelo de soja possam ser consumidos, assim como ser possível sua reutilização na extração. O hexano é recuperado em duas etapas: a destilação da miscela e a dessolventização-tostagem.

A separação do hexano do óleo bruto de soja é realizada pelo processo de destilação da miscela. As principais operações realizadas pela destilação da miscela são a evaporação e a deserção com vapor d'água direto e supraquecido.

Por sua vez, a dessolventização-tostagem, separa o hexano do farelo de soja utilizando vapor direto e indireto para a realização dessa separação. O equipamento utilizado para esse processo é denominado dessolventizador-tostador.

### **3. DESSOLVENTIZAÇÃO E TOSTAGEM DO FARELO**

Na linguagem industrial 'dessolventizar' quer dizer retirar o solvente e 'tostar' significa, além de retirar o solvente residual, ao farelo de soja é adicionado um tratamento de calor úmido com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional do mesmo.

A dessolventização e tostagem do farelo era realizada em secadores de roscas horizontais. Atualmente, o equipamento mais utilizado para a operação de dessolventização-tostagem é denominado de dessolventizador-tostador (DT), um equipamento vertical que associa a evaporação do solvente com uma cocção úmida. A dessolventização e tostagem é uma operação realizada em estágios onde a torta, em contato direto com o vapor d'água separa o hexano, aumentado a umidade e a tostagem do farelo.

O DT é o maior usuário de vapor vivo numa planta de obtenção de óleo bruto de soja, cujo valor normalmente está na faixa de 35 a 55% do consumo de toda a planta. O vapor exigido pelo DT depende principalmente de três fatores:

1. do teor de hexano na torta que sai do extrator;
2. da temperatura do vapor no topo do DT; e

## Inovação e Tecnologia

3. em menor grau, da temperatura da torta que entra no DT.

A quantidade de vapor vivo injetado é diretamente proporcional ao teor de hexano e nem todo vapor vivo condensa na torta. A corrente de vapor que sai do DT contém vapor d'água em equilíbrio, numa concentração, tal que a pressão parcial da água é igual à pressão de vapor da água pura na temperatura dos vapores do DT. Assim, quando a temperatura do vapor aumenta, a corrente de vapor do topo conterá uma quantidade mais elevada de água. (PARAÍSO, 2001, P. 161).

A dessolventização, primeiro estágio realizado pelo DT, objetiva separar a maior quantidade de hexano retido na torta durante o processo de extração. Para essa operação, normalmente, o material sai do extrator com um teor de hexano numa faixa entre 25 a 35% em massa, com uma temperatura de aproximadamente 50 °C, em seguida, entra na parte superior do DT fluindo de cima para baixo em compartimentos chamados de pisos ou estágios. O DT possui de 5 a 8 estágios e a dessolventização ocorre nos dois primeiros estágios. Para cada estágio há uma lâmina que movimenta o material permitindo seu fluxo no equipamento. Para que os estágios recebam constantemente materiais a passagem contínua desse material é controlada por meio de indicadores de nível. Na etapa de dessolventização o solvente é separado do material através do arraste ocorrido pelo vapor superaquecido.

O controle de calor está baseado geralmente na medição de temperatura e não existe nenhum operador humano que consiga sentir a temperatura com a precisão e a sensibilidade do termopar ou da resistência (RIBEIRO, 2003, P. 2).

A dessolventização e tostagem são operações realizadas por um controle de processo, como o controle de temperatura. Sendo a variável medida ou manipulada a maioria das malhas de controle utiliza o circuito eletrônico padrão. A variável de processo é convertida em um sinal mecânico

## Inovação e Tecnologia

de baixo nível ou eletrônico por meio de um sensor. Este sinal, por sua vez é direcionado para um transmissor que condiciona e o converte em 4 a 20 mA cc.

Entenda-se como processo uma ou mais variáveis unidas a ele indispensáveis para que seus valores sejam conhecidos e controlados por ele. Assim processo é qualquer operação que se objetiva um resultado final. A transformação da matéria prima em um novo produto após um determinado período de tempo é realizada por meio de um processo. A dessolventização e tostagem separa o hexano do farelo de soja, assim entenda-se que o quando o farelo de soja entra nessa operação este é a matéria prima, uma vez que ao final ter-se-á um produto diferente do que entrou.

A separação do hexano do farelo de soja consiste num processo contínuo, onde a matéria prima, farelo de soja com um teor de hexano, entra por um lado do sistema e o produto final sai do outro lado após um determinado período de tempo.

A dessolventização e tostagem é um processo que depende de um controlador ou através de um controle automático para manter a variável de temperatura desejada para não só retirar o solvente residual do farelo de soja como também dar um tratamento de calor úmido a fim de melhorar a qualidade nutricional desse farelo. Para isso o processo contínuo é a temperatura adequada.

Para que a operação de dessolventização-tostagem no DT tenha o máximo desempenho as seguintes condições devem ocorrer:

- operação contra-corrente completa, com o fluxo de vapor direto distribuído uniformemente;
- fornecimento de vapor superaquecido a 177 °C e uma pressão aproximada de 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>;
- a temperatura de descarga adequada após a tostagem deve ser igual ou superior a 104 °C; e
- o tempo de residência adequado deve ser igual ou superior a 20 minutos (PARAÍSO, 2001, P. 60).

## **Inovação e Tecnologia**

O controle de processo é formado pela junção de controles sendo eles: o controle de temperatura que permite que o produto se mantenha aquecido; a válvula que controla a vazão de vapor, que permite manter um equilíbrio na temperatura para que o farelo não seja resfriado ou causando um superaquecimento e queima deste farelo ou até mesmo que o equipamento seja cheio demais; colaborando com o controle de vazão o controle de nível permite a manipulação na saída do produto, mantendo o equipamento em um nível e tempo de residência adequado, facilitando assim o controle de temperatura.

A variável temperatura é uma das mais importantes no processo industrial, sendo indispensáveis sua medição e controle para obter a qualidade do produto e a segurança dos maquinários e dos operadores desses.

A temperatura direciona o processo de transferência de calor para um sistema ou de um sistema. Está relacionada a quantidade de energia térmica de um sistema. Interfere qualquer tipo de processo, seja ditando o ritmo na operação, mudando a qualidade do produto, aumentando ou diminuindo a segurança dos equipamentos ou dos operadores e de ambos, aumentando ou diminuindo o gasto de energia e também do custo de produção.

O bulbo de resistência é um dos métodos elementares para medir a temperatura. Esse método é bastante utilizado nos processos industriais pela alta estabilidade e repetibilidade, pouca contaminação, alta precisão e menor influência de sons. Pode ser denominado de termoresistências, termômetro de resistência ou RDT.

## **4. O SISTEMA DE CONTROLE**

Sabe-se que na natureza está em constantemente variação. Da mesma forma a variável do processo pode ser alterada com o tempo. Variável do processo é toda e qualquer quantidade física com valor sujeito à alteração com o espaço e com o decorrer do tempo. Quando se fala em controlar a variável, quer se dizer manter constante aquilo que está sujeito à variação. Esse controle é realizado por meio de medições respeitando a natureza de cada variável.

## Inovação e Tecnologia

Na malha de controle temos algumas variáveis, entre elas: variável controlada, variável medida e variável manipulada.

Uma variável é controlada quando se deseja manter essa variável numa constante mesmo quando outras variáveis tendem alterar o valor daquela. Como exemplo, pode citar o controle de temperatura como uma variável controlada utilizada na DT.

A variável controlada é aquela que se quer manter constante, mesmo que haja influência de outras variáveis que tenderiam modificar o seu valor. Na malha de controle à realimentação negativa, a variável controlada é sempre medida, geralmente na saída. A variável controlada determina o tipo e o tag da malha de controle. Quando se fala de malha de temperatura, a temperatura é a variável controlada (RIBEIRO, 2003, P. 23).

Variável medida é a variável que se deseja medir alguma grandeza física e atribuir o valor da variável a que se deseja a medição. Desta forma é possível medir a temperatura desejada para a DT.

A variável medida é que determina o tipo do elemento sensor. Em princípio, qualquer variável de processo que possa produzir um movimento, uma força mecânica, uma força eletromotriz ou a variação de uma grandeza elétrica passiva, pode ser medida, por sensores mecânicos e eletrônicos (RIBEIRO, 2003, P. 23).

Manipulada é a variável acompanhada pelo controlador para alcançar o valor da variável controlada. A temperatura pode ser controlada por meio da quantidade de vazão de vapor, assim o vapor é o meio controlador. Tem aqui duas variáveis, controlada e manipulada.

## Inovação e Tecnologia

As variáveis manipuladas incluem a posição da válvula, a posição do damper, a velocidade do motor. Uma malha de controle é muitas vezes manipulada para controlar outra variável em esquemas de controle mais complexos.

(...) Deve-se notar que o meio de controle pode conter outras variáveis, além da que

está sendo manipulada, que também influem na variável controlada. Por exemplo, a qualidade do vapor superaquecido depende da temperatura e da pressão. A capacidade de aquecimento do vapor é função de sua quantidade e de sua qualidade. A vazão é relacionada com a quantidade de vapor. Para a mesma quantidade de vapor, a capacidade de aquecimento pode se alterar pelas variações da pressão e da temperatura do vapor. O vapor com menor pressão é menos eficiente para o aquecimento que o de maior pressão (RIBEIRO, 2003, P. 23).

A função da malha de controle é realizar o controle automático dos processos mais complexos. É possível ter uma malha de controle com apenas uma variável em um sistema de controle que possui diversas variáveis independentes dividindo sucessivamente essas diversas variáveis.

Malha é a junção de vários instrumentos que gera o resultado final desejado com pouco ou nenhum acompanhamento humano. Segundo Marco Antonio Ribeiro (2003, P. 35) “A principal característica de uma planta de processo bem projetada, sob o ponto de vista de controle, é a grande produção com poucos operadores de processo”, Um processo pode ser instrumentado por diversas formas diferentes, como, por exemplo, utilizando a instrumentação pneumática ou a eletrônica. No entanto, o processo foca as caixas pretas que exercem funções diretas independente da natureza dos circuitos interiores e o local da montagem.

A malha de controle pode ser formada por apenas um controlador associado diretamente à válvula de controle atuante no processo, porém na

## Inovação e Tecnologia

prática a malha de controle possui outros instrumentos para a execução de funções auxiliares. Os principais instrumentos são o transmissor, o transdutor i/p, o controlador e válvula de controle. Quanto menos instrumento for utilizado melhor será o sistema de controle.

A malha fechada é formada pelos instrumentos e pelo processo. Um controle de processo com variações frequentes de carga é obtido por meio da malha fechada com realimentação negativa. A malha fechada controla a saída real equiparando com o valor desejado e recolocando o atuador para eliminar os possíveis erros. Todos os controles automáticos têm como elementos básicos a medição a comparação e a atuação.

O sistema de controle em malha fechada depende de alguma forma da saída. Esta possui um efeito direto na ação de controle, pois sempre é medida e comparada com a entrada, buscando diminuir o erro e manter-se com um valor desejado.

O sistema que possui um controle de medição de uma variável na entrada e saída é um sistema que possui realimentação. A realimentação negativa ajusta o processo e diminui seu ganho, ou seja, a realimentação é negativa quando a realimentação busca eliminar o erro entre o valor desejado e o valor do processo.

O controle da saída é medida por um sensor, condicionada e enviada para o controlador, que altera a saída de forma calculada a fim de igualar ou aproximar a saída real do valor desejado. Por sua vez o sinal de saída do controlador é enviado ao atuador da válvula que controla a aplicação da energia para o processo.

Para se realizar o controle de uma variável é indispensável à medição do seu valor. Essa medição é efetuada pelo componente denominado sensor. O sensor é um instrumento que pode integrar o transmissor e o controlador. Esses elementos são indispensáveis para transformar o tamanho da variável do processo em um sinal capaz de ser encaminhado ao controlador.

O período de tempo entre a alteração da variável e o momento em que o sensor capta essa alteração é denominado de tempo morto.

O tempo morto invariavelmente acontece quando se tem a transferência ou transporte de energia, massa ou qualquer outra informação entre dois pontos do sistema. O atraso é decorrente da distância entre os pontos e da velocidade em que a transferência ou transporte é realizado.

## Inovação e Tecnologia

Quanto menor a distância menor o atraso de tempo e quanto mais a velocidade menor o atraso também.

O tempo morto é o tempo transcorrido entre o aparecimento do distúrbio e o início da resposta do sistema de controle. Durante o tempo morto o controlador não responde aos distúrbios do processo, porque ainda não tomou conhecimento destes distúrbios (RIBEIRO, 2003, P. 27).

A variável medida é que estabelece o tipo de elemento sensor a ser utilizado, podendo ser de natureza eletrônica ou mecânica.

O sensor mecânico sente a variável do processo e gera na saída uma força ou um movimento mecânico. O sensor eletrônico ativo sente a variável e gera na saída uma tensão elétrica e não necessita de alimentação; o sensor eletrônico passivo requer uma tensão de alimentação e varia uma grandeza elétrica passiva, como resistência, capacitância ou indutância. (RIBEIRO, 2003, P. 36).

O sensor é responsável pela conversão da variável de um processo por meio de um sinal eletrônico ou mecânico e este sinal é transmitido a um transmissor.

O transmissor é um instrumento opcional da malha de controle. Este instrumento percebe a variável de processo emitindo na saída sinal padrão do valor da variável. Atualmente é possível encontrar transmissores inteligentes que incorporam o circuito eletrônico do microprocessador.

Os sinais padrão são: pneumático, de 3 a 15 psig e eletrônico, de 4 a 20 mA cc. São pouco usados: 0 a 20 mA cc (não é faixa detectora de erro), 10 a 50 mA cc (nível elevado e perigoso), 1 a 5 V cc (tensão não é

## Inovação e Tecnologia

conveniente para a transmissão) (RIBEIRO, 2003, P. 36).

Em uma mesma malha é possível utilização de instrumentos pneumáticos e eletrônicos através do transdutor i/p. É um instrumento condicionador de sinal utilizado entre o controlador eletrônico e a válvula de controle com atuador pneumático. “O transdutor converte o sinal padrão eletrônico de 4 a 20 mA no padrão pneumático de 20 a 100 kPa (3 a 15 psi).” (RIBEIRO, 2003, P. 36)

O controlador exerce a função de captar o sinal da medição da variável do processo, compara esse sinal com o valor base e atua no processo com o objetivo de que a medição da variável alcance o valor exato ou próximo ao valor de base. É o principal instrumento da malha. Geralmente recebe sinal do transmissor e emite esse sinal para o elemento final de controle. Recebe os sinais da medição da variável e o ponto de ajuste, após compará-los o controlador gera automaticamente o sinal de saída que atuará na válvula de forma a diminuir ou extinguir a diferença entre a medição e o ponto de ajuste.

O controlador em série calcula o modo derivativo em série com os outros dois modos, controlador proporcional e integral.

O controlador proporcional (P) tem como característica precipitar a resposta da variável do processo depois de uma série de variações da própria variável ou alterações do *set-point*. O controlador proporcional em malha fechada não elimina por inteiro o erro. É utilizado nos controles análogos e o responsável pela estabilidade do processo, exercendo uma realimentação negativa no centro do controlador, permitindo a estabilidade.

Basicamente todo controlador do tipo proporcional apresenta as seguintes características:

- a) Correção proporcional ao desvio
- b) Existência de uma realimentação negativa
- c) Deixa erro de off-set após uma variação de carga (OLIVEIRA, 1999, P. 25).

## Inovação e Tecnologia

O controlador proporcional somente pode ser empregado em processo em que grandes variações sejam improváveis, onde permite pouca incidência de erros de *off-set* ou em processos com pouco tempo. Serve para ajustar o ganho do sistema.

O controlador integral resolve os problemas que o controlador proporcional sozinho não resolve, ou seja, o controlador integral elimina o erro *off-set* deixado pelo controlador proporcional.

O controlador integral atua no processo enquanto houver diferença entre o valor desejado e o valor medido.

As principais características do controle integral são:

- a) Correção depende não só do erro mas também do tempo em que ele perdurar.
- b) Ausência do erro de *off-set*.
- c) Quanto maior o erro maior será velocidade de correção.
- d) No controle integral, o movimento da válvula não muda de sentido enquanto o sinal de desvio não se inverter (OLIVEIRA, 1999, P. 32).

Este tipo de controlador dá estabilidade ao processo e igualdade ao ponto de ajuste, porém é menos estável que o controlador proporcional e o controlador proporcional mais integral mais derivativo.

É muito raro o um controlador com apenas a ação integral. O controlador proporcional mais integral (PI) é composto por ações autônomas e com objetivos diversos e que se completam e por essa razão é utilizado na maioria das malhas de controle do processo.

Após a ação proporcional e enquanto restar qualquer diferença entre a medição e o ponto de ajuste a ação integral atuará para que a medição fique novamente idêntica ao ponto de ajuste para que se mantenha o equilíbrio entre a medição e o ponto de ajuste.

Assim a combinação da ação proporcional mais a ação integral permite a correção dos erros instantâneos (proporcional) e extingue no decorrer do tempo os erros que permaneceram (integral).

## Inovação e Tecnologia

O controlador integral desempenha uma realimentação positiva, contrária ao controlador proporcional, atrasando a realimentação negativa acelerando a correção do erro.

No caso de mudanças rápidas apresentadas no controle do processo o uso da ação integral e proporcional pode provocar instabilidade no sistema e já que a ação proporcional atua no desvio e a ação integral corrige o desvio com o tempo o uso do controlador derivativo acelera a correção da variação do erro, ou seja, a correção é realizada no momento em que o erro está prestes a ocorrer prevenindo o sistema de possíveis aumentos do erro e também diminuindo o tempo de correção.

As principais características do controle derivativo são:

- a) A correção é proporcional à velocidade de desvio.
- b) Não atua caso o desvio for constante.
- c) Quanto mais rápida a razão de mudança do desvio, maior será a correção. (OLIVEIRA, 1999, P. 38).

Este tipo de controlador rapidamente estabiliza o processo, no entanto a variável somente é controlada semelhante ao ponto de ajuste em um ponto único, enquanto que todos os demais pontos do processo são estabilizados fora do ponto de ajuste, ocasionando erro constante.

Diante do exposto é possível dizer que o controlador proporcional mais integral mais derivativo (PID) é o controle mais eficaz e completo, pois a junção de seus objetivos garante a segurança do sistema, permite a estabilidade do processo e faz a medição igual ao ponto de ajuste de forma rápida.

1. a ação proporcional estabiliza o processo, provocando uma correção proporcional ao valor do erro, instantaneamente,
2. a integral é uma ação auxiliar que elimina o desvio permanente, produzindo uma correção proporcional à duração do erro, depois da ação proporcional,
3. a derivativa é uma ação adicional que apressa a correção, gerando uma ação proporcional à

## Inovação e Tecnologia

velocidade da variação do erro, antes da ação proporcional (RIBEIRO, 2003, P. 61)

Atualmente o controle PID é utilizado em mais da metade dos controladores industriais, devido a sua aplicabilidade geral à grande parte dos sistemas de controle. Quando o modelo matemático da planta é desconhecido impedindo a utilização dos métodos de projeto analítico, controles PID se apresentam mais úteis.

Válvula de controle serve para manipular a vazão de material ou para exercer uma baixa de pressão ajustável. Normalmente a válvula de controle é tida como elemento final de controle por atuar diretamente no agente de controle manipulando uma variável de processo com influência significativa na controlada. Em geral faz uso de algum tipo de dispositivo mecânico que move o cabeçote da válvula em seu eixo fazendo com que essa se abra e fecha. O elemento final mais utilizado é a válvula com controle pneumático que move uma haste contra a força inversa do sinal enviado.

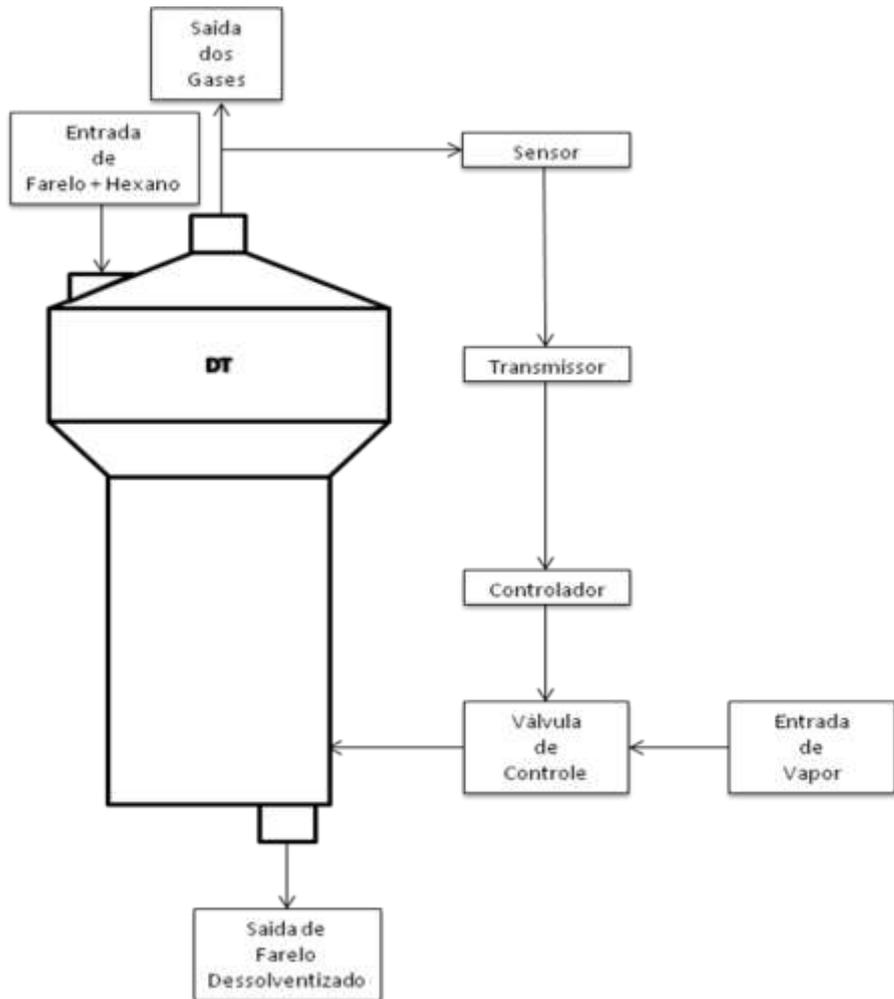
[...] A válvula de controle recebe o sinal do controlador e através do atuador, o converte em força e movimento, variando a abertura para a passagem do fluido. A válvula deve possuir uma mola, que leva a posição para uma situação extrema, totalmente aberta ou fechada, quando não há sinal de atuação. A força de atuação deve vencer as forças exercidas pela mola e pelo processo.

A válvula é o equipamento projetado para produzir uma dissipação de energia de modo a controlar a vazão ou também, para produzir uma queda de pressão ajustável. A válvula de controle possui vários parâmetros: conexões, número de sedes, formato do obturador, tipos de operação, características inerentes entre a vazão e a abertura, materiais (RIBEIRO, 2003, P. 37).

Para melhor entendimento do sistema de controle de processo segue um diagrama de blocos representando a malha de controle.

## Inovação e Tecnologia

Figura 1 – Diagrama de blocos do controle de temperatura



Fonte: Do autor

## **Inovação e Tecnologia**

### **5. CONCLUSÃO**

Este artigo mostrou ao leitor que o grão de soja é matéria prima de muitos produtos, como o farelo de soja, o óleo de soja, o biodiesel e também responsável pelo emprego de muitas pessoas e pela geração de renda considerável.

O controle no processo de produção é indispensável para a lucratividade, para o meio ambiente, para a segurança interna e principalmente do consumidor final.

Para a obtenção do farelo de soja puro é necessário a utilização de um equipamento denominado de dessolventizador-tostador (DT) que no processo de dessolventização e tostagem. A dessolventização elimina, por meio de vapor direto, os resíduos do solvente hexano presente no farelo de soja e a tostagem, com o vapor indireto aquece o farelo úmido para uma boa digestão.

Foi abordado que o controle de processo é formado pelo controle de temperatura, controle de vazão e controle de nível, sendo a temperatura um controlador importante no processo industrial, que não dispensa sua medição e controla a qualidade do produto, segurança dos maquinários e dos operadores desses.

Os principais instrumentos de um sistema de controle são: sensor, transmissor, transdutor i/p, controlador e válvula de controle.

O sistema descrito abordou a dessolventização e tostagem com o controle de processo controlado pelo controlador PID, controlador mais completo, com uma malha fechada e com a realimentação negativa.

De acordo com o objetivo do trabalho e devido a complexidade do processo é possível abordar de forma geral o sistema de controle de processo a fim de permitir ao leitor uma visão global do que é e como funciona o controle, sendo necessário maior investigação no campo prático, para se obter resultados mais precisos.

Conclui-se que o controle de processo é um instrumento poderoso e fundamental na sociedade atual, devido a sua abrangência nos mais variados processos industriais. Seu estudo é importante para que os alunos da área de indústria possam aplicar suas atividades com segurança e conhecimento quando estiverem atuando nas indústrias.

## **Inovação e Tecnologia**

### **REFERÊNCIAS**

OLIVEIRA, Adalberto Luiz de Lima. **Instrumentação. Fundamentos de controle de processo.** Bento Ferreira: SENAI/CST, 1999.

OTTO, Edison Luiz. **Estudo da viabilidade de uma proposta experimental para a dessolventização do farelo de soja.** 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PARAÍSO, Paulo Roberto. **Modelagem e análise do processo de obtenção do óleo de soja.** 2001. 212 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001

RIBEIRO, Marco Antônio. **Controle de processo. Teoria e aplicações.** Salvador: Tek Treinamento & Consultoria, 2003.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo IX - A Utilização de EPI'S Em Uma Empresa De Manutenção De Equipamentos Agrícola

## USE OF EPI'S IN A COMPANY OF AGRICULTURAL EQUIPMENT MAINTENANCE.

**HELIOTÉRICO DE MORAIS<sup>23</sup>**

**HELIO KIUJI KAYAMORI<sup>24</sup>**

**BRUNO ARMELIN GNANN<sup>25</sup>**

**Resumo:** O trabalho é focado na utilização de EPI's na manutenção em equipamentos agrícolas, pois a preocupação das empresas com seus colaboradores no quesito saúde vem ganhando espaço e observam que o investimento direto com treinamentos, compra de equipamento de proteção individual, indiretamente trás ganho de produtividade de mão de obra dentro das empresas. Neste sentido, todo trabalho visa melhorar a proteção dos técnicos e auxiliares mecânicos contra os agentes biológicos, químicos, físicos e ergonômicos dentro de uma série de estudos com profissionais da área. De acordo com as legislações do ministério do trabalho e normas vigentes no Brasil, foi levantado todos os dados referente aos riscos que pode ficar exposto o colaborador durante sua jornada de trabalho e diante destas análises foi elaborado uma planilha de EPI's para a proteção de cada um e elaborou-se um plano de treinamentos e controle dos registros das entregas dos EPI's

**Palavras-chave:** Manutenção. EPI's. Riscos. Prevenção. Acidentes

---

<sup>23</sup> Tecnólogo em Mecânica CEFET pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – PR.

Administrador de empresa UENP pela Universidade Estadual do norte do Paraná - PR

<sup>24</sup> Eng. Eletricista, Especialista em Sistemas de Aplicações e Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

<sup>25</sup> <Especialista em Segurança do trabalho> <SENAI LONDRINA>, <bruno.gnann@pr.senai.br>

## Inovação e Tecnologia

**Abstract:** The study focused on the use of EPI'S maintenance in agricultural equipment, since the business concern with its employees health in the issue is gaining momentum, noting that direct investment in training, and the purchase of personal protective equipment, indirectly behind productivity gains of labor within firms. In this sense, all work aims to improve the protection of technical and mechanical auxiliaries against biological, chemical, physical and ergonomic in a series of studies with professionals .. According to the ministry of labor laws and regulations in Brazil, was raised all data related to risks that may expose the employee during their work shift and before these analyzes was prepared a spreadsheet of EPI'S for protection each and drew up a plan for training and control of the records of supplies of EPI's.

### 1 INTRODUÇÃO

Segundo FUNDACENTRO (2001) a segurança do trabalho pode ser entendida como os conjuntos de medidas que são adotadas visando minimizar os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade e a capacidade de trabalho do trabalhador.

A segurança do trabalho é definida por normas e leis. No Brasil, a Legislação de Segurança do Trabalho compõe-se de Normas Regulamentadoras, leis complementares, como portarias , decretos e também as convenções Internacionais da Organização Internacional do Trabalho, ratificadas pelo Brasil. Segurança do Trabalho faz com que a empresa se organize, aumentando a produtividade e a qualidade dos produtos, melhorando as relações humanas no trabalho.

Acidente de trabalho é aquele que acontece no exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional podendo causar morte, perda, redução permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

Equiparam-se aos acidentes de trabalho:

## **Inovação e Tecnologia**

- O acidente que acontece quando você está prestando serviços por ordem da empresa.
- O acidente que acontece quando você estiver em viagem a serviço da empresa
- O acidente que ocorre no trajeto entre a casa e o trabalho ou do trabalho para casa.
- Doença profissional (as doenças provocadas pelo tipo de trabalho).
- Doença do trabalho (as doenças causadas pelas condições do trabalho).

O acidente de trabalho deve-se principalmente a duas causas.

### **1.1. Ato inseguro**

É o ato praticado pelo homem, em geral consciente do que está fazendo, que está contra as normas de segurança. São exemplos de atos inseguros: subir em telhado sem cinto de segurança contra quedas, ligar tomadas de aparelhos elétricos com as mãos molhadas e dirigir a altas velocidades.

### **1.2. Condição insegura**

É a condição do ambiente de trabalho que oferece perigo e ou risco ao trabalhador. São exemplos de condições inseguras: instalação elétrica com fios desencapados, máquinas em estado precário de manutenção, andaime de obras de construção civil feitos com materiais inadequados..A ideia de “prevenção” é bastante ampla e aos poucos vai fazendo parte do dia-a-dia da sociedade brasileira. Nos países industrializados, a preocupação com os esses aspectos já está fortemente assimilada. Seja no ambiente de trabalho, na escola, em casa, no trânsito ou em atividades de lazer, práticas de comportamento seguro, prevenção a saúde e meio ambiente são comuns, até mesmo por parte das crianças (OLIVEIRA,2009).

## **Inovação e Tecnologia**

### **2. OBJETIVOS**

#### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o ambiente de trabalho nas empresas de manutenção agrícola com o papel de neutralizar a insalubridade e erradicar a periculosidade.

#### **2.2 Objetivos específicos**

Discorrer sobre as condições do ambiente de trabalho;

Listar os dados obtidos sobre os riscos ;

Apresentar as medidas necessários para proteção individual;

Desenvolver um laudo sobre a condição ideal do ambiente de trabalho;

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

A condução adequada do processo de pesquisa proposto por este artigo, foi desenvolvida à partir de informações que possibilitaram contextualizar o ambiente a ser trabalhado.

Organizar informações que situem as condições do ambiente de trabalho em empresas de manutenção do ramo agrícola onde se apresenta abaixo .Segundo Souza (2002) as más condições do ambiente de trabalho, das condições de maquinas e equipamentos e ausência de proteção adequada, falta de treinamentos específicos e insuficientes investimentos na área de saúde do trabalhador são os principais fatores responsáveis pela ocorrência dos acidentes de trabalho.

A qualidade de vida no trabalho, segundo MONTEIRO (2007) definida em termos das percepções dos empregados e deve envolver pelo menos os seguintes fatores: um trabalho que valha a pena fazer; condições de trabalho seguras, remuneração e benefícios adequados; estabilidade no emprego; supervisão competente; “feedback” quanto ao desempenho no trabalho; oportunidades para aprender e crescer no emprego; uma possibilidade de promoção com base no mérito, clima social positivo e justiça.

## Inovação e Tecnologia

Para (MONTEIRO, 2007), a necessidade de redução dos acidentes de trabalho é um dos grandes desafios e tem se tornado uma realidade crescente no Brasil.

### 3.1 Insalubridade

O conceito de insalubridade e a disciplina legal das perícias constam da Consolidação das Leis trabalhistas e Normas Regulamentares do Ministério do Trabalho. Há insalubridade quando o empregado está exposto a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados pelo MTb.

Os critérios para identificação da insalubridade podem ser: quantitativo, ou seja, em razão da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos e qualitativo, em função do agente biológico ou químico que é tido como agressivo pelo Ministério do Trabalho. O trabalhador sujeito ao risco de insalubridade e de periculosidade, conjuntamente, terá que optar por um deles (art. 193, parágrafo 2o., CLT), sendo que, se forem mais de um os fatores determinantes da insalubridade, será considerado apenas aquele gerador do adicional mais elevado. As mesmas normas se aplicam ao trabalhador rural.

Enquanto não houver sido eliminada, a insalubridade afeta a todo momento a saúde do trabalhador, que morre aos poucos. Pouco importa, portanto, que o trabalho executado em ambiente insalubre seja intermitente. Mas o adicional não se incorpora definitivamente ao salário do obreiro. É, pois, salário condição. O deferimento do percentual não faz coisa julgada, podendo variar de tempos em tempos, em face da diminuição ou aumento das condições nocivas de trabalho. O que se tem em mira é a eliminação das causas que ensejam o pagamento do adicional, em prol do trabalhador. O simples fornecimento do Equipamento de proteção Individual (EPI) não exime o pagamento do adicional, cabendo ao empregador tomar as medidas que conduzam à diminuição ou eliminação da nocividade. Salienta-se que constitui ato faltoso do empregado a recusa injustificada ao uso do EPI. A perícia é obrigatória, sempre a cargo de engenheiro de segurança ou médico do trabalho devidamente registrado no Ministério do Trabalho (art.

## Inovação e Tecnologia

195/CLT). A insalubridade pode ser classificada nos graus mínimo, médio e máximo e, conforme o caso, receberá o trabalhador o adicional de 10%, 20% ou 40%. Pela redação do artigo 192/CLT, esse percentual é calculado sobre o salário mínimo.

- **Atividades e Operações Insalubres**

### 3.2.1 Ruído Contínuo ou Intermitente

Entende-se por Ruído Contínuo ou Intermitente, para os fins de aplicação de Limites de Tolerância, o ruído que não seja ruído de impacto. Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando o circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (SLOW). As leituras forma feitas próximo ao ouvido.

A Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento técnico – Avaliação das Exposições ao Ruído a FUNDACENTRO de 2001 preconiza que o valor a ser encontrado é o Nível de Exposição Normaliza (NEM). O NEM refere-se ao nível de exposição, convertido para uma jornada de trabalho padrão de oito horas diárias, para fins de comparação com o limite de exposição.

- **Ruído de Impacto**

Entende-se por Ruído de Impacto aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1(um) segundo, a intervalos a superiores a 1(um) segundo. O critério adotado para leitura do Ruído de Impacto é o que utiliza o circuito de resposta rápida (FAST) e circuito de compensação conclui MONTEIRO (2007).

- **Calor**

Os limites de exposição ao calor devem ser avaliados através do “Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo” (IBUTG).

Para obtermos o IBUTG utilizamos as equações a baixo:

$IBUTG = 0,7 \times t_{bn} + 0,3 \times t_g$  (Ambientes internos ou externos sem carga solar)

## Inovação e Tecnologia

$IBUTG = 0,7 \times t_{bn} + 0,1 \times t_{bs} + 0,2 \times t_g$  (Ambientes externos com carga solar)

Onde:

$T_{bn}$  = temperatura de bulbo úmido natural

$T_g$  = temperatura de globo

$T_{bs}$  = temperatura de bulbo seco

- Vibrações

As atividades e operações que exponham os trabalhadores, sem a proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro, serão caracterizadas ou de corpo inteiro, serão consideradas insalubres, através de perícia realizada no local de trabalho.

A perícia, visando à comprovação não da exposição, deve tomar por base os limites de tolerância definidos pela Organização Internacional para a Normalização.

- Frio

As atividades ou operações executadas no interior de câmaras frigoríficas, ou em locais que apresentem condições similares, que exponham os trabalhadores ao frio, sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho segundo SOUZA (2002).

### 3.2.6 Umidade

As atividades ou operações executadas em locais alagados ou encharcados, com umidade excessiva, capazes de produzir danos a saúde dos trabalhadores são consideradas insalubres em decorrência de laudo de inspeção realizado no local segundo SOUZA (2002).

### 3.2.7 Limites de Tolerância para Poeiras Minerais

## **Inovação e Tecnologia**

Refere-se a Poeiras Minerais Abestos, Manganês e seus compostos e Sílica. A caracterização de insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância.

- Agentes Químicos

Este anexo refere-se à relação das atividades e operações, que envolvem agentes químicos, considerados insalubres em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho que não conte nos ANEXOS 11 e 12 da NR 15.

- Agentes Biológicos

Relação das atividades que envolvem Agentes Biológicos, cuja insalubridade é caracterizada pela avaliação qualitativa concluí segundo SOUZA (2002)

- **Equipamento de Proteção individual**

O item 15.4 da NR 15 relata que a eliminação ou neutralização da insalubridade ocorrerá com adoção de medidas que conservem o ambiente de trabalho Dentro dos Limites de Tolerância ou com Equipamentos de Proteção Individual.

Antes de qualquer outra colocação, cumpre esclarecer que os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) foram concebidos única e exclusivamente para serem adotados apenas em situações bem específicas e legalmente previstas. Erroneamente, muitas empresas acreditam que o simples ato de fornecimento dos EPI's está isentando total e irrestritamente as responsabilidades advindas do acidente de trabalho ou doença profissional. Aliás, em caso de acidente de trabalho, onde a empresa negligenciou ou não forneceu o EPI, esta, através de seu representantes, responde civil e criminalmente pela omissão.

Nos dias de hoje, deparamos com empresas e mais empresas que sequer fornecem os EPI's adequados, e ainda assim, acreditam estar protegendo os

## Inovação e Tecnologia

trabalhadores. A NR-6 elenca as condições para que um EPI possa ser considerado instrumento neutralizador da insalubridade e o primeiro destes é exatamente o fator adequabilidade ao risco; o equipamento deve ser especificado por profissional competente, não se permitindo que o mero "achismo" faça a escolha; pode-se deparar com trabalhadores expostos a vapores orgânicos usando máscaras para poeira, da mesma forma que trabalhadores usam protetores auriculares cuja atenuação não é suficiente para fazer com que a exposição fique abaixo da dose; ou ainda, o uso de luvas de raspa para o manuseio de solventes.

Também não é recomendável o superdimensionamento, especialmente no caso dos protetores auriculares; temos notícia de processos nos Estados Unidos envolvendo vultosas indenizações, porque o trabalhador foi vítima de acidente que poderia ter sido evitado por aviso sonoro - se o protetor que estivesse usando não interferisse na comunicação - evitando que o acidentado ouvisse o sinal. O EPI, quando mal dimensionado ou inadequado ao risco, passa a ter caráter inverso do que foi inicialmente proposto, facilitando, em muitos casos, a ocorrência de acidentes.

Ainda, só concebemos o uso do EPI para neutralização dos agentes insalubres, pois ao contrário do que parece, os mesmos raramente exercem quaisquer efeitos sobre as hipóteses de periculosidade, especialmente por eletricidade, inflamáveis e explosivos.

O EPI não é suficiente para neutralizar o risco advindo do contato com eletricidade ou de eventual explosão provocada por explosivos ou inflamáveis. A aquisição do EPI tem de ser feita de forma criteriosa; a empresa vendedora tem por obrigação a apresentação do - Certificado de Aprovação ( C.A) - que consiste em documento emitido pelo Departamento de Segurança e saúde do Trabalhador (DNSST) - o qual atesta que o equipamento reúne condições de servir ao fim a que se presta. Além do C.A., o fabricante deverá apresentar o . - Certificado de Registro de Fabricante, (C.R.F.) o - Certificado de Registro de Importador (C.R.I), ambos também emitidos pelo DNSST. Detalhe importe é que, legalmente, o EPI tem de ser fornecido gratuitamente, a exemplo de botinas e uniformes, etc. Dispensável alertar as empresas que os EPI's devem ser fornecidos mediante recibo firmado pelo trabalhador, constituindo-se em única prova a ser produzida em juízo da entrega de tais equipamentos; todos os equipamentos têm de estar relacionados analiticamente na ficha de entrega

## Inovação e Tecnologia

de EPI's, mesmo aqueles cujo fornecimento seja constante, a exemplo de luvas de látex e protetores descartáveis; no entanto, para facilitar a operacionalidade do registro, os lançamentos podem ser feitos semanal ou quinzenalmente, ou, ainda, por lote. Sob a responsabilidade do empregador estão também a manutenção e higienização do EPI; cabe ao empregador promover a limpeza dos mesmos, a exemplo das máscaras não descartáveis, óculos e protetores tipo plug (estes devem ser lavados para se evitar infecção do canal auditivo). Alternativamente, o próprio empregado pode ser treinado para higienizar seu EPI, como por exemplo, os protetores tipo plug, que carecem de limpeza diária. Alguns EPI's são passíveis de conserto e de terem suas partes substituídas, prolongando sua vida útil - como por exemplo, o protetor tipo concha, que possui peças de reposição no mercado. Para o protetor tipo concha existe uma máxima que diz: o conforto é inversamente proporcional à proteção; assim, a partir do momento em que o protetor tipo concha estiver confortável, é exatamente por que não está exercendo a pressão adequada, permitindo vazamento, não cumprindo sua função de atenuar ruídos.

Uma vez que o EPI foi extraviado ou encontra-se sem condições de uso, cabe à empresa promover imediatamente a sua substituição; legalmente, o empregado está sujeito a responsabilizar-se por sua guarda, e se assim não agir, sujeitar-se-á a indenizar a empresa o valor do EPI perdido, e, ainda, tem por obrigação comunicar ao empregador quando seu EPI não tiver mais condições de uso. Algumas empresas, com a finalidade de promover uma política mais arrojada quanto ao uso dos EPI's, permite que o trabalhador leve o equipamento e o use fora do local de trabalho, por exemplo, permitindo que o usuário utilize sua máscara quando este for executar atividades de pintura em sua residência. Finalmente, de nada adianta o cumprimento de todos os requisitos anteriores, se não for cumprida a principal exigência que é a obrigatoriedade do uso do EPI; a empresa tem, legalmente, que obrigar o uso do equipamento, inclusive recorrendo-se da rescisão do contrato de trabalho por justa causa pelo empregado (art. 482 da C.L.T.) nos casos de comprovada resistência ao uso. Constitui ato faltoso pelo empregado a recusa injustificada do uso do EPI. A adoção de comportamento paternalista, deixando o empregado à vontade no uso do EPI, traz sérias consequências à empresa, inclusive descaracterizando o

## Inovação e Tecnologia

fornecimento por força do Enunciado 289; Por outro lado, temos noção de que o EPI interfere no rendimento do trabalho e no conforto do trabalhador; a empresa deve tentar a substituição do EPI quando o usuário se queixa de que o mesmo é incômodo conclui SASAKI (2007).

### 3.4 Treinamentos

Outro detalhe a qual as empresas não estão atentas é que de nada adianta fornecer o EPI cercado de todos os cuidados, se o trabalhador não recebeu treinamento para usá-lo; a eficiência do equipamento, particularmente os protetores auriculares e máscaras, depende essencialmente do modo como são usados, sob risco de não promoverem a atenuação especificada. Assim, é igualmente importante que a empresa treine o trabalhador com recursos próprios, ou por meio dos fabricantes de EPI's que já fazem este trabalho gratuitamente, através de palestras ou mini cursos. Mais uma vez, deve a empresa documentar que treinou o trabalhador ao uso do EPI, seja por meio de termo na própria ficha de entrega, seja por meio de emissão de certificado. Assim, deve a empresa iniciar um trabalho de conscientização de todos os trabalhadores, através de palestras, cursos e vídeos, além da semana interna de prevenção de acidentes do trabalho SIPAT para o uso do equipamento, ao invés de criar um clima policaiesco, em que o departamento de segurança gasta grande parte de seu tempo monitorando o uso do equipamento pelos trabalhadores.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em vistoria aos locais de trabalho, foram efetuados os levantamentos dos riscos ocupacionais, de acordo com a NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES da Portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, para concessão ou não do adicional da insalubridade, referentes aos riscos físicos, químicos e biológicos.

### 4.1 Perfil e característica da empresa.

Empresa: **HORIZON COMERCIAL AGRICOLA LTDA**  
Departamento de serviço

## Inovação e Tecnologia

Número de funcionários: 35

### 4.2 Ambiente de trabalho

Ambiente com cobertura metálica, piso em cimento alisado, paredes em alvenaria, iluminação natural e artificial e ventilação natural.

### 4.3 Função e Descrição das Atividades

Segue abaixo as descrições das funções por cargos.

- Mecânico
- Realizar manutenção em máquinas pesadas e implementos agrícolas;
- Preparar peças para montagem de equipamento;
- Realizar manutenções;
- Inspeccionar e testar o funcionamento de máquinas e equipamentos, realizar a manutenção do ar condicionado das cabines;
- Planejar as atividades de manutenção e registrar informações técnicas;
- Desenvolver as atividades em conformidade com as normas técnicas, de segurança, qualidade e de preservação do meio ambiente;
- Executar serviços que for atribuído pelo chefe de serviços, manter a organização e limpeza da oficina;
- Executar serviços de solda elétrica e oxiacetileno;
- Manutenção nas pulverizadoras no campo;
  
- Auxiliar Mecânico
- Auxiliar os mecânicos na manutenção de máquinas;
- Auxiliar na limpeza e manutenção da oficina;
- Executar serviços de solda elétrica e oxiacetileno;
- Realizar retoques com spray de tintas.
  
- Auxiliar de Pátio
  
- Manobrar veículos;
- Preencher registros burocráticos com informações técnicas e operacionais das atividades realizadas;

## Inovação e Tecnologia

- Trabalhar seguindo normas de segurança, higiene, qualidade e preservação ambiental.
- Chefe de Oficina
- Coordenar as saídas dos técnicos, atualização de treinamentos de novos produtos, visitas a clientes, executar alguns serviços complexos, executar treinamentos, fazer as negociações dos serviços executados.
- **Equipamentos Utilizados**
- Dosímetro Pessoal de Ruído Modelo DOS-500 marca INSTRUTHERM.
  - 1) Escala de Ruído de Dose: 0,01 a 9999% DOSE
  - 2) Nível de Critério: Seccionável entre 80, 84, 85 e 90dB
  - 3) Nível Limiar: Seleccionável entre 70 ~140dB
  - 4) Taxa de Troca (fator duplicativo): Seleccionável entre 3, 4, 5, 6 dB
  - 5) Detecção de Nível Alto: 115dB(A)
  - 6) Precisão: +- 1,5 dB
  - 7) Padrões aplicativos: ANSI S1.25 – 1991 Ponderação A.
- O fator duplicativo selecionado para realização da Perícia foi de 5dB.
- Medidor de stress Térmico Digital Portátil marca INSTRUTHERM, modelo TGD – 200.
  - Taxa de Amostragem: 3 leituras/ seg.
  - Resolução: 0,1°C
  - Precisão: +- 0,1°C (+- último dígito)
  - Faixa de Mediação: -10 a + 150°C
  - Temperatura de Operação: 0 a 75°
- Medidor de Monóxido Carbono Mod. CO – 1000 marca INSTRUTHERM.

## Inovação e Tecnologia

- Display de cristal líquido (LCD) de 3 ½ dígitos com iluminação
- Escala: 0 a 1000 ppm
- Resolução: 1ppm
- Precisão: +- 5 % ou 10 ppm
- Sensor eletroquímico de gás específico (CO)
- Tempo de resposta: < 2 segundos
- Rápida detecção de mudanças no nível de gás
- Função de desligamento automático
- Função DATA – HOLD e MAX – HOLD
- Temperatura de operação: 0 a 50°C
- Alimentação: Bateria de 9V

### 5. Resultado e discussão

Diante dos dados coletados foi constituída a seguinte tabela:

Tabela 1 - Reconhecimento e avaliação dos riscos quantitativos.

| Função           | Risco  | Agente | Avaliação Quantitativa |        |               | Fonte Geradora                  | Exposição |
|------------------|--------|--------|------------------------|--------|---------------|---------------------------------|-----------|
|                  |        |        | Avaliação dB (A)       | Dose % | Nível de ação |                                 |           |
| Mecânico         | Físico | Ruído  | 81,7                   | 0,63   | Sim           | Ruído de maquina e equipamen to | Contínua  |
| Aux. Mecânico    |        |        |                        |        |               |                                 |           |
| Aux. De Pátio    |        |        |                        |        |               |                                 |           |
| Téc. Mecânico    |        |        |                        |        |               |                                 |           |
| Chefe de Oficina |        |        |                        |        |               |                                 |           |

## Inovação e Tecnologia

Segundo análise dos riscos estudados na empresa as Medidas de controle individual são:

### **Mecânico:**

- Protetor auditivo;
- Creme de proteção para as mãos;
- Sapatos de segurança;
- Óculos de segurança;
- Respirador PFF2 para fumos metálicos (solda);
- Respirador PFF2 para vapores orgânicos (tinta e defensivos agrícolas)
- Avental de raspa (solda);
- Luva de raspa (solda);
- Mangote de raspa (solda);
- viseira de proteção com lentes escuras (solda);
- Calça e jaleco para defensivos agrícolas (defensivos agrícolas);
- Botas de borracha (defensivos agrícolas);
- viseira (defensivos agrícolas);
- Boné árabe (defensivos agrícolas);
- Luvas de Neoprene/ látex (defensivos agrícolas).

### **Auxiliar mecânico:**

- Protetor auditivo;

## **Inovação e Tecnologia**

- Creme de proteção para as mãos;
- Sapatos de segurança;
- Óculos de segurança;
- Respirador PFF2 para vapores orgânicos (tinta);
- Luvas de Neoprene/ látex (defensivos agrícolas).

### **Auxiliar de pátio:**

- Protetor auditivo;
- Creme de proteção para as mãos;
- Sapatos de segurança;
- Óculos de segurança;
- Botas de borracha (umidade);
- Avental impermeável (umidade);
- Luvas de neoprene/látex (umidade).

### **Técnico de manutenção especializado:**

- Protetor auditivo;
- Creme de proteção para as mãos;
- Sapatos de segurança;
- Óculos de segurança;
- Respirador PFF2 para vapores orgânicos (tinta);

## Inovação e Tecnologia

- Luvas de Neoprene/ látex.

### Treinamento.

Visando que todos os envolvidos no departamento de serviços contribuísse com o programa da segurança no trabalho foi elaborado um cronograma de treinamento trimestrais onde são abordados os itens de utilização de EPI's, direção defensiva e primeiros socorros.

Fig. 1- Mostra o treinamento realizado na Horizon.



Fonte: Do Autor

## 6 CONCLUSÃO

De acordo com as considerações realizadas no presente trabalho de utilização de EPI's sobre o impacto da Insalubridade e Periculosidade, nos termos da fundamentação legal, as funções de Técnicos Mecânico, auxiliares mecânicos, auxiliar de pátio e Técnico de manutenção especializado temos as seguintes conclusões:

### 6.1 Insalubridade

## Inovação e Tecnologia

Exerce atividades e operações enquadradas como insalubre pela manipulação de hidrocarbonetos e compostos de carbono, caracterizando com insalubre de Grau Máximo (40%), nos termos da norma regulamentadora nº 15 – Atividades e operações insalubres da Portaria 3.214/78 do Ministério do trabalho e Emprego.

Com o uso dos Equipamentos de proteção individual indicados na lista de utilização de EPI's, a insalubridade encontrada estará eliminada/neutralizada de acordo com a norma regulamentadora nº 15 – Atividades e operações insalubres da Portaria 3.214/78 do Ministério do trabalho e Emprego.

Embora para os riscos Fumos Metálicos, Radiação não Ionizante, Álcalis Cautico, Xileno, Tolueno, Álcool Etílico, Metil Etil Cetona, Acetato de Etila e os Agentes Químicos dos defensivos agrícolas não se caracterizem insalubridade por sua eventualidade, faz-se necessário o uso de Equipamentos de Proteção Individual adequado para cada um dos riscos.

### 6.2 Periculosidade

Não exerce atividades e operações enquadradas como periculosidade nos termos da norma regulamentadora nº 16- atividades e operações Perigosas da Portaria 3.214/78 e decreto 93.412 do ministério do trabalho e do emprego.

### Referências Bibliográficas

SOUZA, V.; BLANK, V.LG.; e CALVO, M.C. – **Cenários típicos de trabalho na indústria**. Revista de Saúde Pública , São Paulo , v.n.6, p. 702 – 708, dez.2002

<http://www.protecao.com.br>. Acesso em 12 dezembro 2013 12:10.

MENDES, R. & DIAS, E.C. **Da medicina do trabalho à saúde do trabalhador**. Revista Saúde pública.S.Paulo, 25: 341-9, 1991.

## **Inovação e Tecnologia**

SASAKI, Luis Hiromitsu. **Educação para segurança do trabalho**. São Paulo: Corpus, 2007

MONTEIRO, Antonio Lopes. **Acidentes do trabalho e doenças ocupacionais**. São Paulo: Saraiva, 2007

OLIVEIRA, Claudio Antonio Dias de. **Manual prático de saúde e segurança do trabalho**/São Caetano do Sul, SP: Yendis Editora, 2009.

NR 15 – **ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES** da Portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego.

Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento Técnico – Avaliação das Exposições Ocupacionais ao Ruído – FUNDACENTRO, 2001.

Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento Técnico – Avaliação das Exposições Ocupacionais ao Calor – FUNDACENTRO, 2002.

NR 6 – **EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL** da Portaria 3.214/78 e nº 2/79 do Ministério do Trabalho e Emprego.

NR 16 - **ATIVIDADES E OPERAÇÕES PERIGOSAS E ANEXOS** da Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego.

NR 10 – **SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE** da Portaria nº 598, de 7 de dezembro de 2004 do Ministério do Trabalho e Emprego.

R 20 – **Líquidos Combustíveis e Inflamáveis** da Portaria nº 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo X – Proposta De Automação De Uma Linha De Produção De Alto Falantes

## A PROPOSAL FOR LOUDSPEAKER PRODUCTION LINE AUTOMATION

<RENAN EDUARDO LENHARO><sup>26</sup>

<HÉLIO KAYAMORI><sup>27</sup>

### Resumo:

É inegável a necessidade das empresas de buscar soluções para redução de custos e aumento da qualidade de seus produtos. Estas visões dão a motivação necessária para a criação e implementação de sistemas automáticos de produção. Neste trabalho serão apresentados os aspectos básicos da construção de dispositivos alto falantes, que são transdutores responsáveis pela conversão de energia elétrica em energia mecânica percebida pelo sistema auditivo humano como pressão sonora. Também serão introduzidos conceitos de produção em dois formatos: por processos e por produtos. Serão apresentados alguns dos processos produtivos existentes em uma fábrica de alto falantes, uma proposta de layout em formato de linha (por produtos) e o esboço de uma máquina que viabiliza a mudança do arranjo produtivo aumentando a repetibilidade dos processos e o volume de produção, em relação aos processos puramente executados manualmente, e o Grafcet comportamental para implementação do seu controle via CLP.

**Palavras-chave:** Alto falantes. Linha de produção. Grafcet.

---

<sup>26</sup> Bacharel, Universidade Estadual de Londrina, E-mail: renanlenharo@hotmail.com

<sup>27</sup> Especialista, Universidade Estadual de Londrina, E-mail: helio.kayamori@pr.senai.br

## Inovação e Tecnologia

### Abstract:

It's undeniable the corporations' need of finding solutions for cost reducing and improvement of their products quality. These visions bring the necessary motivation for the creation and implementation of automatic production systems. In this work, the basic aspects of loudspeaker devices are presented; these are transducers responsible for the conversion of electrical energy into mechanical energy perceived by the human auditory system as sound pressure. Also will be introduced production concepts in two formats: by processes and by products. Will be presented some of the existing productive processes in a loudspeaker factory, a proposal for a line formatted (by products) layout, and the draft of a machine that enables the change of the productive layout increasing the repeatability of the processes and the production volume, in relation with the processes executed purely manually, and the behavior Grafcet for its control by a PLC.

**Key-words:** Loudspeakers. Production line. Grafcet.

## 1 INTRODUÇÃO

Para se fazer som, você deve mover o ar (GANDER, 1981). O alto falante de diafragma é um dispositivo eletromecânico capaz de transformar energia elétrica em pressão sonora ao empurrar o ar e causar variações de pressão proporcionais ao sinal elétrico aplicado em seus terminais. Essas variações de pressão chegam aos tímpanos dos ouvidos, causando a sensação de audição (SMALL apud BOMBARDA, 2004).

Dickanson (2006, p.8) classifica três grupos principais na construção de um alto falante: sistema motor, diafragma e sistema de suspensão. Os três grupos e seus componentes, conforme conhecidos na indústria, são apresentados neste trabalho. Os principais processos necessários para a construção desses dispositivos são citados, sendo que estes são realizados, na empresa analisada neste estudo, em um formato de produção por *processos*.

## **Inovação e Tecnologia**

Segundo Rocha (2011), neste tipo de layout, todos os processos e equipamentos do mesmo tipo e função são colocados juntos, constituindo um arranjo típico de especialização onde as máquinas que realizam um mesmo tipo de operação ficam agrupadas (próximas). Quando ao layout em linha, ou por *produtos*, Carravilla (1998) cita que linhas de produção são obtidas juntando as pessoas e o equipamento de acordo com uma sequência pré-definida de operações a realizar num produto.

A partir da necessidade de aumentar a repetibilidade e a qualidade dos produtos, sem comprometer o volume de produção, devem ser empregadas máquinas que realizem as operações que normalmente seriam desempenhadas por operadores que dificilmente têm controle sobre aspectos importantes do processo, como quantidade de cola depositada e centralização perfeita de peças. Um esboço de uma máquina capaz de controlar estes dois fatores na linha de produção e sua sequência lógica de operações é apresentada.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 O Alto falante**

O dispositivo tema deste trabalho é definido por Small (1971) apud Bombarda (2004) como um transdutor que transforma energia elétrica em energia acústica. Ao circular a corrente alternada pela bobina, gera-se uma força dinâmica, provocando deslocamento do conjunto móvel, bobina e cone, que originam pressões e depressões no ar. Essas variações de pressão chegam aos tímpanos dos ouvidos, causando a sensação de audição.

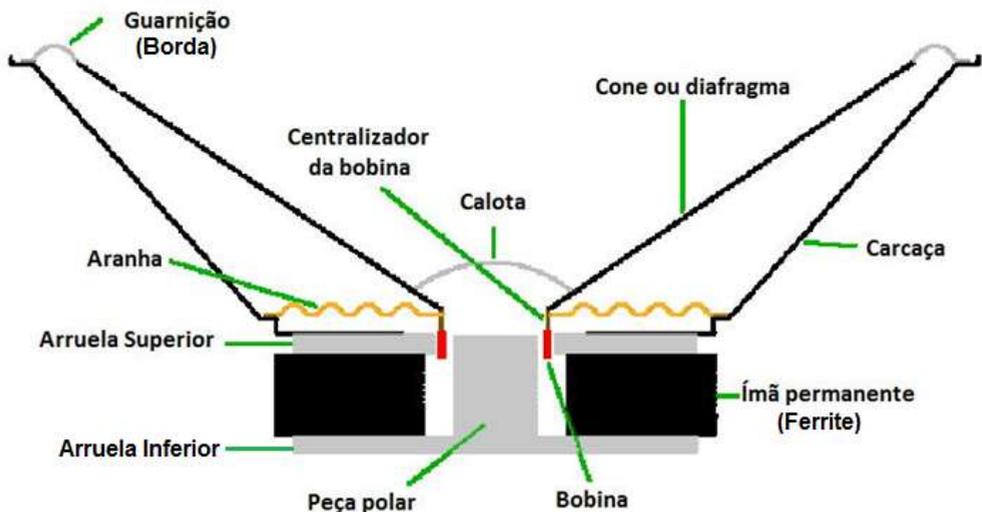
O mecanismo de funcionamento é também brevemente descrito por Dickanson (2006, p.3). Conforme uma corrente elétrica é aplicada sobre a bobina, um campo eletromagnético é produzido em ângulos retos ao fluxo da corrente e ao campo magnético permanente. A força mecânica resultante causa o diafragma de cone ou cúpula se mover em um deslocamento

## Inovação e Tecnologia

perpendicular ao campo do entreferro e conseqüentemente ativar o ar em ambos os lados do diafragma. Em outras palavras, para se fazer som, você deve mover o ar (GANDER, 1981).

A figura 1 exibe um exemplo de alto falante de diafragma em corte, com suas partes constituintes respectivamente endereçadas.

Figura 1. O Alto falante de diafragma em corte e suas partes constituintes.



Fonte: Adaptado de [http://www.nordicestforum.org/files/slides09/NTF09\\_s6.3.pdf](http://www.nordicestforum.org/files/slides09/NTF09_s6.3.pdf)

Podemos ainda classificar o alto falante em três subsistemas, nominados por Dickanson (2006, p.3) como:

1. Sistema Motor: Composto pelo ímã permanente, peça polar, arruelas superior e inferior, entreferro (ou gap) e bobina;
2. Diafragma: Usualmente um cone e calota ou cúpula de uma única peça;
3. Sistema de Suspensão: Composto pela aranha e pela guarnição.

Segue-se uma sucinta descrição de cada um dos três sistemas.

### 2.1.1. O Sistema Motor

## **Inovação e Tecnologia**

Segundo Dickanson (2006, p.3), as arruelas superior e inferior e a peça polar são feitas de um material altamente permeável, como o ferro, que providencia um caminho para o campo magnético do ímã. O ímã é usualmente feito de material cerâmico/ ferrite e em formato de anel. O circuito magnético se completa no entreferro (ou gap), o que causa a existência de um campo magnético intenso no espaço de ar entre a peça polar e a arruela superior.

Bombarda (2004) ressalta que as peças do circuito magnético geralmente são coladas, e quando o ímã permanente é magnetizado a magnetização orienta-se no sentido paralelo ao eixo de simetria do ímã permanente. Porém, como o ímã permanente está dentro do circuito magnético, as linhas de campo tendem a segui-lo.

Dickanson (2006, p.3) completa que, se uma corrente AC é aplicada à bobina na forma de uma onda senoidal a alguma dada frequência, como 60 Hz, o fluxo de corrente em uma direção no semiciclo positivo irá produzir movimento da bobina em uma direção. Quando o fluxo de corrente se reverte na metade negativa do ciclo, a polaridade do campo da bobina se reverte, e o movimento da bobina muda de direção como consequência da atração e repulsão alternada entre os dois campos.

### **2.1.2. O Diafragma**

O diafragma, ou cone, de acordo com Bombarda (2004), é escolhido em forma cônica pelo fato de se obter maior rigidez, sem deformação e com a menor massa, o que permite uma maior eficiência no alto falante.

Sobre a sua composição, Bombarda (2004) cita que os cones mais utilizados são os compostos de massa celulósica. A massa é composta de fibras de celulose de vários tipos, como: kraft, sulfite, algodão, linho, etc.

Bombarda (2004) também detalha que, para aumentar a resposta em altas frequências, utilizam-se resinas impregnantes no cone.

## **Inovação e Tecnologia**

Já a respeito da calota, Dickanson (2006, p.8) ressalta que, como a bobina é colada no cone, a área entre a peça polar e a bobina é comumente calçada para precisamente alinhar-se à montagem. Este procedimento deixa o entreferro entre a bobina e a peça polar exposto a partículas externas. Sendo assim, é possível que pequenas partículas fiquem alojadas entre as duas áreas e criar problemas óbvios. A solução tradicional é fixar um selamento, conhecido como calota, sobre esta área.

### **2.1.3. O sistema de suspensão**

Segundo Dickanson (2006, p. 10), o sistema de suspensão em qualquer alto falante é composto de dois elementos: a guarnição (ou borda) e a aranha. A borda, normalmente feita de borracha, espuma, ou linho tratado, realiza várias tarefas. A borda ajuda a manter o cone centrado e fornece uma porção da força restauradora que mantém a bobina no entreferro. A borda também fornece uma terminação amortecida para o cone.

Sobre a aranha, Gander (1981, p. 13) revela que estas são normalmente feitas a partir de tecido tratado em formato de um disco plano ou cúpula, com corrugações que fornecem uma maior compliância nominal e linearidade, sendo as características exatas determinadas pelo formato das corrugações, a espessura do material, e o grau de tratamento.

## **2.2. Arranjos produtivos**

Segundo Rocha (2011), há diferentes maneiras de se arranjam os recursos produtivos de transformação. Os recursos individuais de transformação são muito diferentes, por isso a variedade de arranjos parece ainda mais ampla do que realmente é (SLACK; CHAMBERS; JOHNSON, 2002) apud Rocha (2011).

Rocha (2011) ainda afirma que a escolha do tipo de arranjo físico depende em grande parte da escolha do processo, e são classificadas em:

- I. Arranjo físico por processo ou funcional;
- II. Arranjo físico em linha ou por produto;

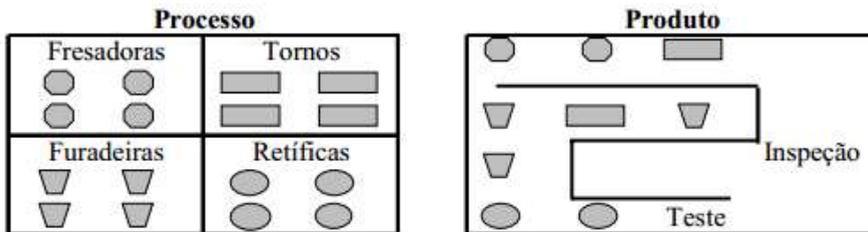
## Inovação e Tecnologia

- III. Arranjo físico posicional ou por posição fixa;
- IV. Arranjo físico celular;
- V. Arranjo físico híbrido, combinado ou misto.

De forma complementar, Skinner (1969; 1974) apud Maciel; Pacheco (2001) relata que as organizações possuem forças e fraquezas, devido aos rumos da sua estratégia de produção, onde estas diferentes abordagens de estratégia geram padrões de comportamentos distintos na manufatura. Skinner (1969; 1974) apud Maciel, Pacheco (2001) ainda sugere que a empresa deve tomar decisões sobre como gerir a manufatura, orientando a organização para a direção onde a estratégia de produção adotada ou desejada está indicando.

Pelo fato de um dos objetivos deste trabalho ser propôr um arranjo produtivo em formato de linha que substitua um arranjo em formato funcional, estes dois tipos de arranjo produtivo serão brevemente discutidos. A figura 2 traz um exemplo de como são organizados cada um desses dois layouts.

Figura 2. Um exemplo esquemático de cada um dos arranjos produtivos discutidos.



Fonte: Adaptado de Askin e Goldberg (2002) apud Dalmas (2004).

### 2.2.1. O Arranjo físico funcional ou por Processo

Segundo Dalmas (2004), trata-se do layout mais comumente encontrado nas indústrias. Black (1998) apud Dalmas (2004) referencia que sua característica principal é a produção de grande variedade de produtos, que resulta em pequenos lotes de produção, muitas vezes de qualidade menor que a esperada.

## Inovação e Tecnologia

De acordo com Rocha (2011), no arranjo físico funcional, todos os processos e equipamentos do mesmo tipo e função são colocados juntos, constituindo um arranjo típico de especialização por processo, onde as máquinas que realizam um mesmo tipo de operação ficam agrupadas (próximas). Este arranjo também pode agrupar em uma mesma área operações ou montagens semelhantes. É um tipo de arranjo flexível, que atende as mudanças de mercado e produtos diversificados em diversas quantidades, apresentando um fluxo longo dentro da fábrica.

Rocha (2011) ainda cita as principais vantagens e desvantagens deste tipo de layout. Algumas delas:

### Vantagens:

- Grande flexibilidade para atender a mudanças de mercado: de uma maneira geral, desconsiderando problemas de balanceamento e eventuais gargalos, para alterar o processo de fabricação.
- Bom nível de motivação: geralmente este arranjo exige de mão de obra especializada e qualificada. Quando os produtos são únicos, não existe produção repetitiva contribuindo para a redução da monotonia e, conseqüentemente, do tédio no trabalho;
- Atende a produtos diversificados em quantidades variáveis ao mesmo tempo: este tipo de arranjo permite que mais de um tipo e modelo de produto possa ser fabricado simultaneamente. Enquanto um produto está passando por um processo em determinado local, é possível que outro produto diferente esteja recebendo outro processamento, na mesma planta fabril;

### Desvantagens:

- Apresenta um fluxo longo dentro da fábrica: Como o produto “procura” seus processos onde quer que eles se encontrem dentro da planta, há necessidade de deslocamento por distâncias maiores, pois os processos necessários normalmente não estão posicionados na melhor seqüência para a fabricação de determinado produto.

## **Inovação e Tecnologia**

- Diluição menor de custo fixo em função de menor expectativa de produção: como raramente se tem conhecimento com antecedência do que se vai produzir, a empresa precisa dispor de uma série de recursos, que devem estar disponíveis em função da necessidade de uma operação específica que pode ou não acontecer.
- Dificuldade de balanceamento: devido à constante alteração do produto, a dificuldade em programar e balancear o trabalho é maior.

### **2.2.2. O arranjo físico em linha ou por Produto**

Carravilla (1998) define que os layouts de linhas de produção são obtidos juntando as pessoas e o equipamento de acordo com uma sequência pré-definida de operações a realizar num produto. Ao layout em linha costuma-se chamar linha de produção ou linha de montagem, porque normalmente são utilizados transportadores automáticos (com a forma de uma linha reta) que minimizam o transporte de material pelas pessoas.

Algumas vantagens e desvantagens do layout em linha são citadas por Carravilla (1998):

Vantagens:

- Resultados muito eficientes;
- Menores custos de manipulação do material;
- Operações muito simplificadas, que permitem a utilização de mão de obra pouco qualificada (barata);
- Pequenos estoques intermediários;
- Simplificação do controle da produção.

Desvantagens:

- Pouca flexibilidade;
- Efeitos colaterais graves em termos de aborrecimento dos operários e de absentismo (tendência para mudança de emprego);
- Elevada dependência entre as diversas operações (uma máquina que deixa de funcionar pode comprometer a produção);

## Inovação e Tecnologia

- É muito importante que a linha esteja bem balanceada.

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo deste trabalho é apresentar uma solução para migrar um sistema de manufatura do tipo funcional, ou por processo, para um sistema em linha, ou por produto. Por simplicidade, assume-se que apenas um modelo de produto é criado no processo, sendo assim não previstos mecanismos para ajuste e troca dos *setups* para produção de diferentes modelos.

Basicamente, é necessário realizar as seguintes etapas:

1. Classificar e apresentar os processos produtivos;
2. Esquematizar o layout existente na planta;
3. Apresentar um novo layout de produção;
4. Esboçar ferramentas e maquinário necessários para que seja viabilizada a produção em formato de linha.

### 3.1 Tipologia de pesquisa

Neste artigo são identificadas e classificadas as configurações da produção de alto falantes em uma empresa, visando propor um novo layout produtivo arranjado em linha. Por isto, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa descritiva, pois, segundo (CERVO, BERVIAN, 1983), as pesquisas descritivas caracterizam-se frequentemente como estudos que procuram determinar status, opiniões ou projeções futuras nas respostas obtidas.

As informações apresentadas são baseadas na observação das atividades praticadas na empresa. (CERVO, BERVIAN, 1983) ainda comenta a justificativa de tal pesquisa: a sua valorização está baseada na

## **Inovação e Tecnologia**

premissa que os problemas podem ser resolvidos e as práticas podem ser melhoradas através de descrição e análise de observações objetivas e diretas.

### **3.2 Unidade de análise (ou universo e amostra)**

As informações presentes neste trabalho foram coletadas em uma empresa que produz alto falantes para sistemas de som profissional na região de Apucarana, Paraná. Foram coletadas informações sobre os processos produtivos, essas provenientes dos setores de Produção e Engenharia.

### **3.3 Instrumentos de coleta de dados**

Os dados foram obtidos através: da observação dos processos produtivos, de entrevistas com os operadores e supervisores do setor de produção em questão, e por coleta documental de informações provenientes do setor de Engenharia da empresa, sendo que o autor deste artigo também é colaborador da mesma.

### **3.4 Forma de análise dos dados**

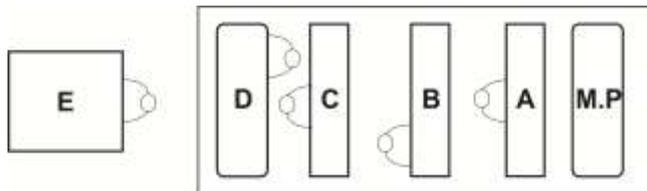
As informações foram tratadas qualitativamente, objetivando sintetizar as informações deixando transparecer apenas o que é de interesse para os objetivos do trabalho. Alguns detalhes a respeito dos processos produtivos também foram ocultados, de forma a manter sigilo quanto a informações proprietárias da empresa.

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

O layout do setor produtivo analisado é exemplificado pela figura 3.

Figura 3 – O layout do arranjo produtivo por processos. Os operadores se movimentam ao redor das bancadas e dos materiais.

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Dos Autores

As matérias primas estão alocadas principalmente em uma bancada representada na ilustração pela sigla “M.P”. Os operadores são representados pelos bonecos ao redor das bancadas, as quais foram classificadas de acordo com o grupo de processos realizado em cada uma delas. A ordem cronológica da execução dos processos também segue a ordem alfabética das letras indicativas, de acordo com a tabela 1 abaixo:

Tabela 2- Conjunto dos processos em relação às etapas de realização de cada um.

| Bancada               | A                                | B                            | C        | D           | E                  |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|----------|-------------|--------------------|
| Conjunto de processos | Preparação do conjunto magnético | Preparação do conjunto móvel | Montagem | Finalização | Testes e embalagem |
| Operações             | A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6     | B.1, B.2, B.3, B.4, B.5      | C.1, C.2 | D.1         | E.1                |

Fonte: Arquivos proprietários da empresa analisada.

Resumidamente, os processos são enumerados na tabela 2:

Tabela 3 - Resumo dos processos de produção de um alto falante.

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• A.1: Colar peça polar na arruela inferior;</li> <li>• A.2: Colar tela de proteção na peça polar;</li> <li>• A.3: Colar o ímã (ferrite) na arruela inferior;</li> <li>• A.4: Fixar e colar a arruela superior na carcaça;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• B.1: Preparar o cone;</li> <li>• B.2: Preparar a bobina;</li> <li>• B.3: Colar a aranha na bobina;</li> <li>• B.4: Encaixar o cone na aranha;</li> <li>• B.5: Soldar a cordoalha;</li> </ul> |
|--|---|

## Inovação e Tecnologia

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• A.5: Fixar os bornes de ligação elétrica;</li> <li>• A.6: Colar a arruela superior no ferrite;</li> </ul>            |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• C.1: Colar cone preparado e borda de E.V.A na carcaça;</li> <li>• C.2: Soldar cordoalha e colar a calota;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• D.1: Imantar o alto falante;</li> <li>• E.1: Testes e embalagem.</li> </ul> |

Fonte: Arquivos proprietários da empresa analisada.

Neste layout são os operadores que se movem ao redor das bancadas de trabalho realizando as operações necessárias, seguindo a ordem correta das atividades. A cada etapa concluída, as partes semi acabadas são transportadas manualmente de uma bancada a outra para dar continuidade ao processo produtivo.

Um layout que organiza o trabalho para o formato de linha é proposto na figura 4:

Figura 4 – O layout do arranjo produtivo por produtos, ou em linha. Os operadores estão trabalhando em uma posição fixa nas bancadas, e auxiliados por máquinas e/ou gabaritos.



Fonte: Dos Autores

Na figura 4 , A.1 a A.6 são os processos de fabricação da primeira etapa da produção. O fluxo de materiais é conduzido por uma esteira, cuja velocidade é controlável. O mesmo tipo de layout pode ser aplicado às demais etapas produtivas seguindo esta filosofia de montagem, onde cada etapa do processo é realizada em uma seção dedicada, por um único operador auxiliado por máquinas ou gabaritos.

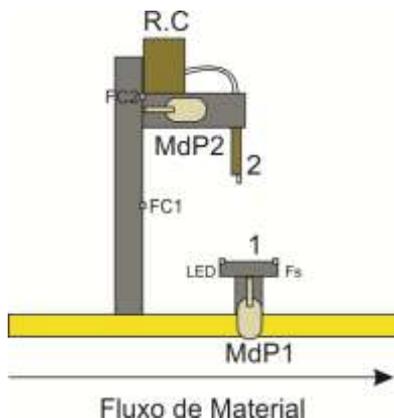
## Inovação e Tecnologia

As máquinas numeradas M.1 a M.6 são aplicadores de cola semi-automáticos. Estas estão centradas na bancada de trabalho, e possuem um cabeçote móvel com um bico aplicador de cola, de vazão constante e controlada, e um gabarito fixo na bancada centrado sobre motores controlados via CLP. O operador posiciona a peça semi-acabada proveniente do processo anterior em seu gabarito, onde ficará perfeitamente centralizada e alinhada. Com o acionamento de um pedal, o aplicador de cola se deslocará até a peça e iniciará o processo de colagem. Neste momento, o motor da bancada será acionado, fazendo com que a peça centrada no gabarito gire e a cola proveniente do bico aplicador descreva um círculo ao redor da peça. Assim, uma aplicação constante de cola é garantida em todas as etapas do processo.

Um esboço da máquina necessária para a aplicação de cola é dado pela figura 5. Nesta figura, Um reservatório contendo a cola de aplicação em alto falantes é representado pela sigla R.C, dois motores de passo são representados pela sigla MdP. MdP2 é responsável pela movimentação do cabeçote de aplicação de cola guiado por uma correia, e MdP1 é acoplado ao eixo central do gabarito de posicionamento das peças semi-acabadas, indicado pelo algarismo “1”. O bico de aplicação de cola é indicado pelo algarismo “2”. FC1 e FC2 são sensores de fim de curso necessários para o mecanismo de ativação dos motores de passo.

Figura 5 – Esboço da máquina proposta como solução para o processo de colagem das diferentes partes constituintes do alto falante.

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Dos Autores

No final da cadeia de produção da primeira etapa é adicionada uma estufa para secagem da cola utilizada nos processos anteriores, para acelerar a produção e a quantidade de peças disponíveis para as etapas seguintes.

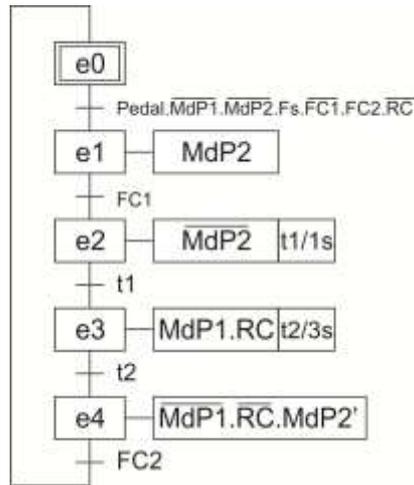
O funcionamento da máquina da figura 5 inicia-se no estado descrito pela figura. Ao receber o comando de um pedal por um operador, o sistema verifica se há uma peça posicionada no gabarito 1 através da indicação do estado do fotosensor Fs. Em caso afirmativo, envia um comando para iniciar o *driver* do motor de passo MdP2. Quando o cabeçote atingir a altura da peça, o sensor de fim de curso FC1 será acionado, e este enviará um comando para cessar o movimento de MdP2. Após a contagem de 1 segundo, que garante a parada de MdP2, e FC1 acionado, MdP1 iniciará seu movimento, bem como o mecanismo do aplicador de cola em RC. Ambos estes dispositivos serão desativados via temporização, correspondente à aplicação da cola à peça sendo produzida, neste exemplo são utilizados três segundos. Quando estiverem desativados, retorna-se a máquina ao estado inicial movendo MdP2 até encontrar o sensor de final de curso FC1.

O mecanismo de funcionamento da máquina é também descrito em formato Grafset Comportamental pela figura 6. A partir deste, é possível

## Inovação e Tecnologia

obter o diagrama *ladder* para implementação em CLP seguindo a metodologia descrita por Xavier (s.n.t).

Figura 6 – Grafcet comportamental que implementa a operação e o controle da máquina proposta.



Fonte: Dos Autores

## 5 CONCLUSÕES

Uma solução para a automação de um processo de produção de alto falantes é apresentada. Um layout adequado aos processos de produção é proposto, fazendo uso de um mecanismo automático para a execução de um dos processos produtivos mais frequentes na linha de montagem.

Pode-se observar que uma consequência direta da automação desta linha de produção é o aumento do número de colaboradores necessários para o funcionamento da linha, ao levar em consideração que cada colaborador terá que executar uma etapa bem delimitada, de forma menos flexível que no

## Inovação e Tecnologia

arranjo por processos. Em contrapartida, pode-se garantir um aumento da repetibilidade e da qualidade do produto final, bem como do volume da produção.

Para trabalhos futuros, pode ser feita uma análise pormenorizada das características da máquina esboçada neste artigo, envolvendo desenhos mecânicos, esquemas elétricos e lógicos, bem como a escolha de um CLP adequado para atender toda a linha de produção. Também é de interesse analisar o fluxo da produção do layout proposto, buscando balancear a linha de acordo com os tempos de produção estimados para cada etapa.

## REFERÊNCIAS

DICKANSON, Vance. **The Loudspeaker Design Cookbook**. Peterborough, NH: Audio Amateur Press, 2006.

BOMBARDA, J. L. **Melhoria de processos de fabricação de anéis de centragem de alto-falantes**. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MACIEL, A. G; PACHECO, D. A. de J. VIII Simposio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **O Layout como Ferramenta da Estratégia de Produção: um Estudo de Caso em uma Empresa Make-to-order**, UNISINOS, 2011.

GANDER, M. Audio Engineering Society, Inc. **Moving-Coil Loudspeaker Topology as an Indicator of Linear Excursion Capability**, Northridge, CA, USA, v. 29, n 1/2, Jan. /Feb. , 1981.

ROCHA, H. M.; **Arranjo físico Industrial**. Rio de Janeiro, 2011, 84p. Apostila da disciplina: Arranjo Físico Industrial – Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

## **Inovação e Tecnologia**

DALMAS, V. **Avaliação de um layout celular implementado: um estudo de caso em uma indústria de autopeças.** 2004. 133f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

CARRAVILLA, M. A.; **Layouts e Balanceamento de Linhas.** FEUP, 1998.

CERVO, Amado L. e BERVIAN, Pedro A.; **Metodologia Científica: Para uso dos estudantes universitários.** 3.ed. São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1983.

XAVIER, J. **Instalação de Sistemas Industriais.** [S.n.t]. 97p. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAA6JUAL/apostila-eletronica>. Acesso em: 24 de abril de 2013

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo XI – Adaptação De Um Dispositivo De Segurança Em Uma Guilhotina Hidráulica

<ADRIANA GISELI LEITE CARVALHO><sup>28</sup>

<AGNALDO JOSÉ HESKO><sup>29</sup>

<BRUNO ARMELIN GNANN><sup>30</sup>

<BRUNO GARCIA BONFIM><sup>31</sup>

<JOÃO PAULO VENDAME><sup>32</sup>

<THIAGO AUGUSTO BRUZA ALVES><sup>33</sup>

**Resumo:** Com o constante avanço da tecnologia, principalmente no que se diz a respeito de máquinas operatrizes, nos deparamos com equipamentos modernos e capazes de realizar trabalhos incríveis e de qualidade, além de garantir a segurança de quem as opera. Porém esta tecnologia não é acessível a todos, sendo necessário investir, visto que ainda existem na indústria, máquinas operatrizes utilizadas e que não oferecem a segurança adequada e exigida pelas normas.

Diante da necessidade de se adequar, e eliminar um potencial de não conformidade devido a falta de segurança, este trabalho vem apresentar um estudo de caso que teve por objetivo encontrar uma alternativa de adaptação de segurança em uma guilhotina hidráulica, garantindo a confiabilidade na execução das atividades rotineiras, deixando-a em condições de trabalho conforme as recomendações das normas regulamentadoras.

**Palavras-chave:** máquinas, segurança e normas.

---

<sup>28</sup> <Especialista em Gestão da Produção>, <SENAI LONDRINA>, <adriana.carvalho@pr.senai.br>

<sup>29</sup> <Especialista em Administração Industrial>, <SENAI LONDRINA>, <agnaldo.hesko@pr.senai.br>

<sup>30</sup> <Especialista em Segurança do trabalho> <SENAI LONDRINA>, <bruno.gnann@pr.senai.br>

<sup>31</sup> <Bacharel em Física>, <SENAI LONDRINA>, <bruno.bonfim@pr.senai.br>

<sup>32</sup> <Especialista em Segurança do Trabalho>, <SENAI LONDRINA>, <joao.vendrame@pr.senai.br>

<sup>33</sup> <Especialista em Eng. de produção>, <SENAI LODNRINA>, <Thiago.alves@pr.senai.br>

## **Inovação e Tecnologia**

### **1 INTRODUÇÃO**

Diante do avanço tecnológico contínuo em materiais e equipamentos, cada vez mais as empresas estão se adaptando as necessárias mudanças na forma de atender a demanda dos seus clientes e manter-se competitiva no mercado globalizado.

Segundo COUTINHO (1993), com a existência de fortes pressões, as empresas obrigam-se a se aprimorar em busca de padrões de produtividade, qualidade e eficiência. Estes requisitos exigem uma estrutura definida, facilidade de comunicação entre os diversos setores, além da valorização dos recursos humanos. Ainda neste contexto o autor diz que muitas empresas já tiveram de passar por estas mudanças, algumas de maneira pacífica e outras de forma brutal, mas que conseguiram sobreviver.

A modernização gerou uma gama enorme de equipamentos e/ou máquinas usadas e obsoletas, e muitas empresas fazem o uso de máquinas que foram projetas sem os dispositivos mínimos de segurança ao operador, e continuam sendo colocadas em uso nessas condições.

O princípio básico para a política da segurança do trabalho deve ser a prevenção, ou seja, eliminar, evitar perigos antes que se manifestem [1]. Por essas razões, devem-se adotar medidas corretivas no sentido de eliminar riscos de acidentes, não só adaptando a máquina para ser mais segura, mas investindo em uma gestão efetiva.

Os riscos mecânicos normalmente ocorrem devido a movimentação de partes das máquinas ou de peças, podendo gerar risco ao trabalhador. É

## **Inovação e Tecnologia**

importante lembrar que existem várias formas de prevenção, como por exemplo, instalações de cercas isolando a área de trabalho, coberturas, obstáculos aos acessos de maiores riscos, comandos e sensores, entre outros.

Para a segurança em máquinas, é possível descrever risco de acidente como sendo a chance de um acidente particular ocorrer em determinado período de tempo, associado com o grau ou severidade da lesão resultante (RAAFAT, 1989).

A proteção insuficiente em máquinas é causa de inúmeros acidentes, bem como a utilização de máquinas antigas e obsoletas, vem sendo um dos fatores que torna mais vulneráveis trabalhadores fatigados, e com reflexos mais lentos, com diminuição da acuidade visual e da coordenação motora, podendo ser atingidos com maior facilidade por uma máquina em funcionamento (POSSAS, 1989).

Investigações sobre os acidentados graves de trabalho, que foram encaminhados à reabilitação profissional, junto ao CRP - Centro de Reabilitação Profissional da Previdência Social, observam que o ramo metalúrgico, responde por 25% dos casos graves, predominando os acidentes com máquinas, como prensas mecânicas e guilhotinas (COHN e COLS, 1985).

Com base em dados da Previdência Social, referentes ao período de 2004 a 2008 ocorreram no Brasil 2.884.798 acidentes de trabalho, dos quais estão sendo considerados todos os acidentes devidamente registrados.

## **Inovação e Tecnologia**

Estima-se que estes eventos possam custar mais de 4% do PIB – Produto Interno Bruto por ano (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2012).

## **2. JUSTIFICATIVA**

A principal justificativa para a realização deste trabalho está relacionada à necessidade e importância de garantir a segurança aos trabalhadores, eliminando as não conformidades, devido à falta de dispositivos de segurança em uma guilhotina hidráulica.

Apesar da grande discussão relacionada aos temas de Segurança e Saúde no Trabalho, muitas empresas ainda menosprezam as ocorrências de acidentes do trabalho que, embora não traduzam o custo humano, possibilitam estabelecer índices referentes aos custos financeiros, decorrentes destes acidentes sobre os empregados, às empresas e à sociedade.

## **3. OBJETIVOS**

Procura-se neste trabalho desenvolver em uma guilhotina hidráulica, um sistema de segurança que possa dar confiabilidade na execução das tarefas rotineiras, deixando a mesma em condições de trabalho conforme se recomendam as Normas Regulamentadoras (NR12).

Levando em consideração que a máquina é um artefato social e cultural, criado por seres humanos de acordo com suas necessidades e interesses, demonstrar que além de excelentes resultados que podem ser

## **Inovação e Tecnologia**

alcançados diante de uma adaptação, também enfatizar o papel relevante que as máquinas, equipamentos e ferramentas apresentam na geração de acidentes de trabalho em uma área industrial.

### **4. MÉTODO**

O trabalho será realizado através de um estudo de caso realizado em uma máquina Guilhotina Hidráulica em uma empresa de Metalurgia. Para atingir o objetivo deste trabalho, serão realizados estudos bibliográficos, visitas na empresa que é referência deste estudo, acompanhamento das atividades realizadas pelos colaboradores. Observar as condições atuais de funcionamento da máquina, além da segurança pessoal – EPI's.

Duas fases distintas podem ser destacadas: a identificação de riscos físicos da organização relacionada ao equipamento, bem como a proposta e implementação da melhoria.

### **5. GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO**

Atualmente, fala-se na gestão da SST – Segurança e Saúde no Trabalho, considerando as mudanças decorridas do processo de inovação industrial e tecnológica. A evolução das questões relacionadas à SST apresenta uma preocupação fundamental com a reparação de danos à saúde física do trabalhador.

## **Inovação e Tecnologia**

Segundo CICCO (1996), as ações, atitudes ou medidas de prevenção começaram em 1926, através dos estudos de H. W. Heinrich verificando os custos com as seguradoras para reparar os danos decorrentes de acidentes e doenças do trabalho.

No Brasil a saúde, condições de trabalho e acidentes são preocupações dos trabalhadores desde o início da industrialização.

Neste período, verificam-se as péssimas condições de trabalho, com jornadas prolongadas, baixos salários, emprego de crianças e alto índice de acidentes.

Para Fantazzin (1998), os motivos que alicerçam a implementação estratégica de um sistema de gestão da SST na empresa podem ser:

- Atendimento a clientes que exigem o conhecimento de como seu fornecedor gerencia a saúde e a segurança de seus funcionários;
- Indicadores de excelência que permitem negociar taxas de seguro e outros indicadores mais favoráveis que empresas “comuns” como operadoras de seguro;
- Melhorar o desempenho em saúde e segurança de forma eficiente, diminuindo-se ou eliminando-se falhas e acidentes no trabalho.

CICCO (1996) diz que as organizações de todos os tipos estão cada vez mais preocupadas em atingir e demonstrar o seu desempenho SST, controlando os riscos de acidentes e de doenças ocupacionais provenientes de suas atividades, e levando em consideração sua política e seus objetivos de proteção ao trabalhador.

## **Inovação e Tecnologia**

### **6. ANÁLISE DO EQUIPAMENTO**

Realizado uma análise completa das partes construtivas, funcionamento e modo de operação da máquina guilhotina hidráulica de modo a obter dados suficientes para promover todas as alterações necessárias para que o equipamento venha a oferecer segurança aos operadores.

#### **6.1 Definição:**

Máquina é todo dispositivo mecânico ou orgânico que executa ou ajuda no desempenho de tarefas, precisando para isto de uma fonte de energia [2]. A diferença entre ferramentas simples e máquina, esta relacionada com a fonte de energia e o fato de realizarem operações independentes.

Uma máquina precisa apresentar uma boa eficiência, porém quando isto não ocorre, podemos dizer que a máquina não esta executando o trabalho que poderia fazer sem limitações.

Um termo relacionado a este conceito é máquina ferramenta, também chamada de máquina operatriz. São utilizadas para a fabricação de peças de diversos tipos de materiais, com simetria de revolução por intermédio da movimentação mecânica.

#### **6.2 Guilhotina Hidráulica**

## Inovação e Tecnologia

Guilhotina hidráulica é uma máquina que executa um trabalho de corte de chapas de diversos tipos de materiais, dotada de um movimento vertical realizado por lâminas de corte na parte superior.

São provenientes de um sistema mecânico ou hidráulico/pneumático, em que o movimento rotativo é transformado em movimento linear por intermédio de bielas, manivelas ou fusos.

Figura 01 – Vista frontal da guilhotina hidráulica SORG



Fonte: Autor

Figura 02 – Vista Perspectiva da guilhotina hidráulica SORG

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Autor

### 6.3 Partes Construtivas

#### 6.3.1 Painel de Comando

Localizado na parte esquerda da guilhotina, onde localizam os os comandos de acionamentos, como o botão liga e desliga e os indicadores luminosos que indicam quando a máquina está em funcionamento. Dentro do painel encontram-se os equipamentos que controlam a máquina, contadores, disjuntores e relés.

Figura 03 – Painel de Comando

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Autor

### 6.3.2 Botão de Parada de Emergência

A maneira mais comum de apresentação deste acionamento é na forma de um botão cogumelo na cor vermelha com um fundo em amarelo. O operador pressiona este botão em caso de uma situação de emergência, por este motivo deve ser colocado estrategicamente, ao redor da máquina para certificar que haja sempre um ao alcance em ponto de perigo.

Figura 04 – Botão de parada de emergência



Fonte: Autor

## Inovação e Tecnologia

### 6.3.3 Pedal de Acionamento

O pedal é um dispositivo localizado na parte inferior da máquina, quando pressionado com os pés do operador da máquina, faz com que as facas executem o processo de corte.

Figura 05 – Pedal de acionamento



Fonte: Autor

### 6.3.4 Batente Traseiro

Localizado na parte traseira do equipamento, é controlado por um controlador lógico programável (CLP), localizado na parte superior do painel de comando que torna mais prático a regulagem do comprimento de corte.

Figura 06 – Batente traseiro

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Autor

### 6.3.5 Limitador Traseiro

É um dispositivo que tem como objetivo regular a folga existente entre as duas lâminas que executa o corte.

Figura 07 – Limitador traseiro



Fonte: Autor

### 6.3.6 Facas

São ferramentas submetidas a esforços aplicados em duas direções opostas para provocar o corte do material.

## Inovação e Tecnologia

Figura 08 – Faca para Guilhotina



Fonte: MUT-FAC

### 6.4 Instruções de Trabalho

Quanto se fala em segurança em máquinas, são necessários vários passos para que o mesmo ocorra, mas principalmente a participação e o envolvimento das pessoas no que se diz a respeito de seguir procedimentos e instruções para a realização de um trabalho.

Para o operador realizar algum tipo de corte, deverá seguir alguns procedimentos:

- Ao dar início aos trabalhos na guilhotina, o operador deverá certificar-se em primeiro lugar a espessura da chapa a ser cortada de acordo com o serviço a ser realizado, devendo regular o ângulo de corte da máquina de acordo com a espessura da chapa e se necessário ajustar a inclinação de corte da mesma;
- Depois de regulados as facas de corte e sua inclinação, o operador deverá regular a régua de encosto para dar início ao processo, ligando a chave geral da máquina e em seguida acionando o botão liga para colocar o motor em funcionamento;

## **Inovação e Tecnologia**

- Posteriormente deve-se ajustar a altura e o grau da dobra na manopla de regulagem situada na lateral da máquina, após este processo o operador com as mãos deve posicionar a chapa entre o punção e a matriz e pressionar o pedal, sempre verificando o limite de pressão para garantir a operação dentro da capacidade da máquina.
- Após a peça ser cortada, o operador deverá retirar o pé do pedal para o punção voltar para a posição inicial, para desligar a dobradeira deverá ser pressionado o botão desliga parando o motor.

### **6.5 Princípios de Funcionamento:**

O acionamento do corte é feito por dois cilindros oscilantes colocados em série com câmara diferenciais. Estes dois cilindros são comandados por uma unidade hidráulica localizada na parte superior da máquina e fixada na tampa do reservatório.

Um motor elétrico aciona a bomba de sucção o óleo do reservatório faz com que ele passe pelas eletroválvulas da unidade hidráulica. (vantagem, subida/descida, aumenta/diminui ângulo, aciona/desaciona prensa-chapas).

Quando se pisa no pedal da máquina, primeiramente energiza a válvula da vantagem, que libera o fluxo de óleo para o restante do circuito hidráulico. Estando esta válvula desenergizada, o óleo retorna direto para o tanque (percebe que para realizar qualquer um das operações de funcionamento da máquina, esta válvula deverá estar energizada).

## **Inovação e Tecnologia**

Depois de energizada a válvula da ventagem, energiza a válvula da prensa – chapas, que faz com que este prensa a peça a ser cortada. Estando a peça presa, entrará em ação a válvula que comanda a descida do cortador, fazendo com que o óleo atinja a câmara superior do cilindro esquerdo. Este óleo fará o cortador descer até atingir o sensor indutivo que indica o fim de curso de descida da máquina. Logo após, energiza – se a válvula de subida, que direciona o óleo para a linha de baixo do cilindro direito, fazendo com que o cortador suba até atingir o sensor de fim de curso superior, que finaliza o ciclo de trabalho da máquina e energiza a válvula que libera o prensa – chapas.

## **7. AVALIAÇÃO DE RISCO NA GUILHOTINA HIDRÁULICA**

Uma avaliação de risco é requisitada para determinar se as medidas de segurança existentes são satisfatórias ou se medidas adicionais serão necessárias para reduzir o risco.

Esta avaliação consiste na análise de todas as situações de trabalho envolvendo o operador para chegar aos pontos críticos, e que podem de alguma maneira podem trazer riscos para integridade física do mesmo.

A primeira situação levantada foi à falta de botões de emergência na máquina, o que é essencial na ocorrência de algum acidente ou descuido.

Durante o ajuste das facas e a retirada dos materiais cortado o operador entra na parte traseira da máquina, sendo que a mesma pode ser ligada por qualquer outra pessoa, colocando o operador em risco, ou seja,

## **Inovação e Tecnologia**

falta um bloqueio na máquina para que o operador realize esta tarefa em segurança.

Outra situação que coloca os operadores em risco ocorre na hora do corte das peças, pois como já citado acima os mesmos tem um grande contato físico com as peças cortadas, visto que ficam muito próximos.

Se considerarmos peças grandes a probabilidade de um acidente aumenta mais, pois qualquer descuido do operador com as pessoas próximas da máquina pode causar graves danos ao mesmo, visto que não existe nenhum tipo de proteção.

Outro fator agravante do sistema é que, caso ocorra uma situação de emergência, que haja necessidade de desligar a máquina e a faca esteja executando alguma tarefa ela só voltará ao seu lugar de repouso caso não esteja sendo pressionado o pedal de acionamento, pois, o mesmo uma vez pressionado só voltará para posição de repouso depois que liberar o pedal. Mesmo que a bomba de óleo seja desligada, ela ainda continuará tendo óleo hidráulico em suas tubulações fazendo com que o sistema ainda tenha pressão e mantendo a matriz em posição de corte. Um outro fator agravante, é a postura errada do operador e movimentos inadequados no manuseio das chapas após o corte.

## **Inovação e Tecnologia**

### **8. APRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO**

Serão apresentadas as características técnicas e funcionais do sistema de segurança desenvolvido no equipamento.

Inicialmente será implantado sistema de intertravamento da porta de proteção traseira e partes envolvidas no processo de corte, assim como uma bandeja móvel para a movimentação das peças cortada.

Neste local existe uma tela de proteção que evita o acesso até a parte inferior da máquina. Quando esta chave estiver aberta e a máquina estiver sendo operada, o motor que aciona a bomba hidráulica será desligado automaticamente, só retornando ao funcionamento quando for pressionado um botão de emergência instalado na parte inferior da máquina.

Na parte frontal, onde são realizadas as operações de corte, Serão instalados também 01 botão de emergência na parte frontal da máquina para qualquer eventualidade que venha a ocorrer.

Todos os sinais enviados da chave de segurança, botões de emergência, serão controlados por um relé de segurança, dimensionado para atender as necessidades do sistema.

#### **8.1. Sistema de Intertravamento das portas de Proteção Traseira**

Tendo em vista o problema já mencionado na avaliação de risco, foi elaborado um sistema de segurança, de acordo com as citações da norma ISO 14119 que fornece orientações para “instalações de equipamentos de

## **Inovação e Tecnologia**

intertravamento associados com proteções”, onde este dispositivo deverá operar confiavelmente até mesmo sob condições extremas e de tratamento severo.

O sistema é composto por uma chave de segurança com liberação por solenóide, que deverá ser instalada na parede perto da porta que dá acesso a parte inferior da máquina.

Esta chave conta com um atuador que deverá ser fixado junto à porta, sendo regulado para que quando a porta estiver fechada o atuador encaixe dentro da chave de segurança deixando a mesma em situação de “off”, ou seja, desligada. A chave conta com contatos auxiliares para que possa ser realizado o intertravamento com os demais equipamentos que farão parte do sistema, ela contém 02 contatos normalmente aberto, 02 contatos normalmente fechado e 02 contatos de acionamento.

Quando o operador necessitar entrar na parte inferior da máquina, o mesmo deverá desligá-la, pois a chave de segurança conta com uma válvula solenóide de travamento que trava o acionador fixado junto à porta, funcionando como uma fechadura elétrica, sendo liberado somente quando o motor estiver parado.

Quando o operador desligar a máquina a válvula solenóide será desenergizada, permitindo a entrada na parte inferior, assim que o mesmo abrir a porta o atuador sairá da chave de segurança fazendo a comutação de seus contatos.

Um contato normalmente aberto será ligado em série com o comando liga do motor impossibilitando que o mesmo seja ligado, o outro contato

## Inovação e Tecnologia

normalmente fechado mandará um sinal para o relé de segurança indicando que a porta foi aberta, ou seja, o motor não irá funcionar mesmo que a porta seja fechada, pois quando o relé de segurança receber o sinal ele irá abrir um contato ligado em paralelo com o comando liga do motor. Após o operador realizar os trabalhos na parte inferior da máquina o mesmo deverá acionar o botão de reset situado na parte traseira, que irá mandar um sinal para o relé de segurança indicando que após fechar a porta poderá colocar a máquina em funcionamento.

Figura 08 – Detalhe de fixação da chave de segurança



Fonte: Autor

### 8.2. Sistema de Parada de Emergência

Para todo sistema em que se deseja algum tipo de segurança, torna-se necessário um sistema de parada de emergência. Existem normas regulamentadoras que tratam de dispositivos de parada de emergência, entre

## **Inovação e Tecnologia**

elas a ISO13850 para desenvolver um sistema de parada de emergência seguro e eficaz.

Vários tipos de equipamentos podem ser usados em um sistema de parada de emergência, sendo que os mais utilizados e confiáveis são os botões de emergência tipo cogumelo vermelho em um fundo amarelo para ganhar destaque onde for instalado.

O sistema de segurança que será instalado na máquina deverá contar com mais 01 botão de segurança do tipo cogumelo instalados em sua parte frontal.

Estes botões contam com 02 contatos: um aberto e um fechado. O contato fechado é ligado em série com a alimentação do contator de acionamento do motor, quando pressionado abrirá o contato tirando a alimentação do contator e ao mesmo tempo fechando outro contato que será ligado junto ao relé de segurança.

Este sinal positivo bloqueará a válvula hidráulica que tem como função liberar o óleo hidráulico para colocar a faca de corte em movimento. Ao ser pressionado o botão de emergência bloqueará o funcionamento da máquina, devendo ser pressionado novamente para que a máquina volte a funcionar, retirando assim o sinal de bloqueio do relé de segurança.

## Inovação e Tecnologia

Figura 09 – Detalhe de fixação do botão de emergência



Fonte: Autor

### 8.3 Bandeja Móvel

Sabemos que todo trabalhador designado para o transporte manual de cargas, deve exercer esforço físico compatível com sua capacidade de força. Com objetivo a limitar ou facilitar o transporte manual de cargas, foi elaborado um meio de transporte que atenda a necessidade dos colaboradores, com o desenvolvimento de uma “bandeja móvel”.

## Inovação e Tecnologia

Figura 10 – Detalhe da bandeja móvel.



Fonte: Autor.

## 9. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

A seguir são relacionados os dispositivos e equipamentos empregados para promover as adequações de segurança no equipamento.

### 9.1 Relé de Segurança

Os relés de segurança são usados para aplicações específicas, estes sistemas utilizam módulo de controle incorporado que são desenvolvidos para fazer a interface com dispositivos de segurança comuns como, por exemplo, paradas de emergência, portas de segurança e etc.

## **Inovação e Tecnologia**

Alguns relés fornecem funções especiais, porém estes fornecem diagnósticos básicos na forma de LED's em seus painéis frontais e contatos auxiliares que podem ser conectados ao CLP ou a uma lâmpada indicadora. As arquiteturas de relés de segurança dedicados são usadas em aplicações de médio e alto risco.

### **9.2 Botão de Emergência CLE420**

Os botões de emergência que serão instalados na máquina são feitos de alumínio do tipo cogumelo totalmente fechado, impossibilitando a entrada de água ou poeira que poderiam danificar seus contatos. Conta com 02 (dois) contatos, sendo 01 (um) normalmente aberto e outro fechado, atendendo as normas de paradas de emergência.

## **10. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Apresentar soluções para um problema não é tarefa fácil, exigindo muito comprometimento com a empresa na busca da melhor solução.

Algumas vezes, como foi evidenciada neste trabalho, a concepção que melhor satisfaz as necessidades da empresa, é também, a que exige maior investimento inicial. Contudo, este investimento, comparado aos custos decorrentes da ocorrência de um acidente, são bem menores.

## **Inovação e Tecnologia**

Vale ressaltar também, que a melhoria das condições de trabalho, contribui para o aumento da produtividade da empresa, tendo em vista que, os trabalhadores sentir-se-ão mais seguros na realização de seus trabalhos e o farão de maneira mais eficaz.

## **11. CONCLUSÃO**

Com a realização deste estudo foi possível observar que muitas máquinas em operação na indústria não atendem as recomendações normativas no que diz respeito à segurança dos trabalhadores.

Com uma análise criteriosa foi possível promover adequações simples e de baixo custo satisfazendo as recomendações das normas, tornando o equipamento seguro e garantindo a integridade física dos operadores. Deve-se considerar também, que somente as empresas que investem em uma gestão efetiva da SST ou de programas de qualidade, preocupam-se em possuir máquinas e ambiente de trabalho seguro para seus colaboradores.

De maneira geral, conclui-se que os objetivos iniciais deste trabalho foram atingidos, pois a concepção escolhida para a solução da não conformidade contribuiu para a melhoria da segurança dos trabalhadores e garantindo a certificação da empresa.

## **12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **Inovação e Tecnologia**

BOLOGNESI, Aparecida Valdinéia Scaldelai; Cláudio Antônio Dias de Oliveira; Eduardo Milaneli; João Bosco de Castro Oliveira; Paulo Roberto et al. **Manual prático de saúde e segurança do trabalho**. São Caetano do Sul - São Paulo: Yendis Editora Ltda, 2011. 4ª reimpressão da 1ª edição.

CICCO, F. **Manual sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho**. Vol. II. São Paulo: Risk Tecnologia, 1996.

COHN, A.; KARSCH, U.S.; HIRANO, S.; SATO, A.K., “**Acidentes de Trabalho Uma Forma de Violência**”, CEDEC- Brasiliense, S. Paulo, 158 p. 1985

FANTAZZINI, Mário Luiz. **Protocolo DIAG**. São Paulo: Itsemap do Brasil, 1998.

FISCHER, Georg; KIECHNER, Arndt; KAUFMANN, Hans. **Gestão da Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009. Tradução da 2ª Edição Alemã ampliada.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Guia de Análise**: Acidentes de Trabalho. Brasília, 2010. Disponível em: 25/03/2013.

POSSAS, C. **Saúde e Trabalho**. A Crise da Previdência Social, Hucitec, 2ª Edição, S. Paulo, 324 p.1989.

RAAFAT, H.M.N. **Risk Assessment and Machinery Safety**, Journ. Of. Occup. Accident 11 (1989): 37-50.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo XII – Técnica De Modulação Delta Modificado Para Conversores Estáticos De Potência Conectados À Rede Elétrica De Distribuição

<VICENTE DE LIMA GONGORA><sup>34</sup>  
<AZAURI ALBANO DE OLIVEIRA JUNIOR><sup>35</sup>

**Resumo:** Considerando-se um cenário onde, a presença da geração de energia elétrica utilizando-se, fontes alternativas e renováveis do tipo Solar, Eólica, células a combustível dentre outras, é intensa e distribuída, tem-se como consequência a necessidade do controle do fluxo de energia, tanto local como regionalizado, proveniente desta fontes se caracterizando como prioridade e um grande desafio para os cientistas da área. Visando contribuir para facilitar a integração das fontes de energias renováveis e o controle adequado dos conversores estáticos e o seu fluxo de potência, é que este trabalho se propõe a aplicar a técnica de modulação Delta modificado no cumprimento dos propósitos de controlar o fluxo de potência de conversores estáticos, que dependendo das necessidades do sistema elétrico, pode significar controlar a potencia ativa, reativa, ou funcionar como fonte de tensão, atendendo aos requisitos de qualidade e confiabilidade exigida da energia gerada, para as cargas conectadas e para o próprio sistema elétrico considerado neste contexto. Este trabalho também apresenta os principais resultados, obtidos através de simulação da técnica Delta modificado, aplicado ao conversor estático funcionando em modo corrente.

**Palavras-chave:** Conversores Estáticos de Potência; Geração de Energia Distribuída; Modulação Senoidal.

---

<sup>34</sup> <MS.c>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina> <vicente.gongora@pr.senai.br>

<sup>35</sup> <Dr.>, <Universidade de São Paulo USP>, <azauri@eesc.usp.br>

## Inovação e Tecnologia

### 1 INTRODUÇÃO

O principal motivador para o avanço da geração distribuída (GD) tem sido a necessidade de gerar energia elétrica, através de fontes não poluentes, sem causar grandes impactos ambientais. Sabe-se que com o crescente aumento da demanda por energia elétrica em todo o mundo, juntamente com a também crescente consciência da necessidade de preservação ambiental, tem mudado de forma significativa a relação custo / benefício das energias renováveis, viabilizando a sua utilização (RN ANEEL, n°482/2012).

Destaca-se a atraente característica da GD, onde cada consumidor pode, no Brasil desde 17 de abril de 2012, suprir suas necessidades a partir de fontes renováveis e inclusive fornecer o excedente para a rede elétrica de distribuição, ou seja, ter energia estabilizada de qualidade. O que é já é permitido com a utilização dos modernos equipamentos de medição e proteção disponíveis no mercado. Desta forma a GD é uma possibilidade real e pode oferecer, entre outras, as seguintes vantagens específicas (LYNGBY, 2003).

- a) Contribuir com o aumento significativo da geração de energia;
- b) Gerar melhor qualidade da energia com estabilidade de tensão e frequência garantidas, reduzindo os custos por cortes e por fim aliviando os gargalos em pontos estratégicos de consumo;
- c) Maior imunidade a falhas por intempéries uma vez que os sistemas de geração estão divididos fica também dividida a responsabilidade de cada sistema de geração.
- d) O adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição;
- e) A redução no carregamento das redes;
- f) A minimização das perdas e;
- g) A diversificação da matriz energética.

Como consequência, as fontes alternativas e renováveis de energia elétrica vem de forma sistemática conquistando cada vez mais espaço, o mesmo acontecendo com a eletrônica de potência e suas várias técnicas de modulação e de controle (ABDI, 2012), que possibilitam extrair a máxima potência dessas fontes, além de permitirem as adequações elétricas

## Inovação e Tecnologia

necessárias para realizar a conexão com a rede elétrica de distribuição (red), impondo confiabilidade e segurança nestes sistemas conectados e o seu devido benefício.

Apresentam-se, neste trabalho a técnica de modulação Delta Modificado com o conversor em ponte completa funcionando com as principais fontes alternativas renováveis para aplicações na GD, a saber: energia fotovoltaica (*PV*), energia eólica e célula a combustível (*FC*).

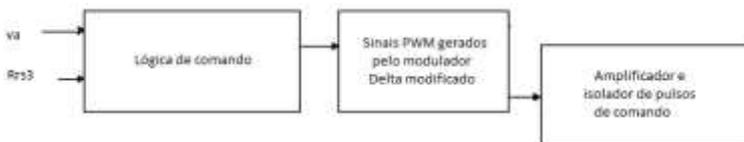
## 2 Técnica de Modulação Delta Modificado

A técnica de modulação Delta modificado, consiste em se obter dois limites de corrente, um superior e outro inferior, coletando uma amostra de tensão nos sensores de corrente, retificando e comparando, com a corrente de saída, também retificada, do conversor (Gongora, 2006).

Desta forma, são gerados os sinais de comando para as chaves de potência do conversor funcionando em modo corrente.

Neste caso se a amostra apresentar alguma deformação a corrente de saída tenderá a seguir esta deformação, sempre mantendo o fator de potência unitário, o que se pretende corrigir, quando digitalizada esta técnica. Ilustra-se a estratégia e geração da lógica de comando, a geração dos sinais moduladores e a adaptação destes sinais no amplificador de pulsos para comando das chaves de potência no conversor estático adotado, na Fig.1.

Figura 1. Diagrama de blocos do modulador Delta Modificado, mostrando o caminho dos sinais até serem amplificados para comandarem as chaves de potência do conversor estático.



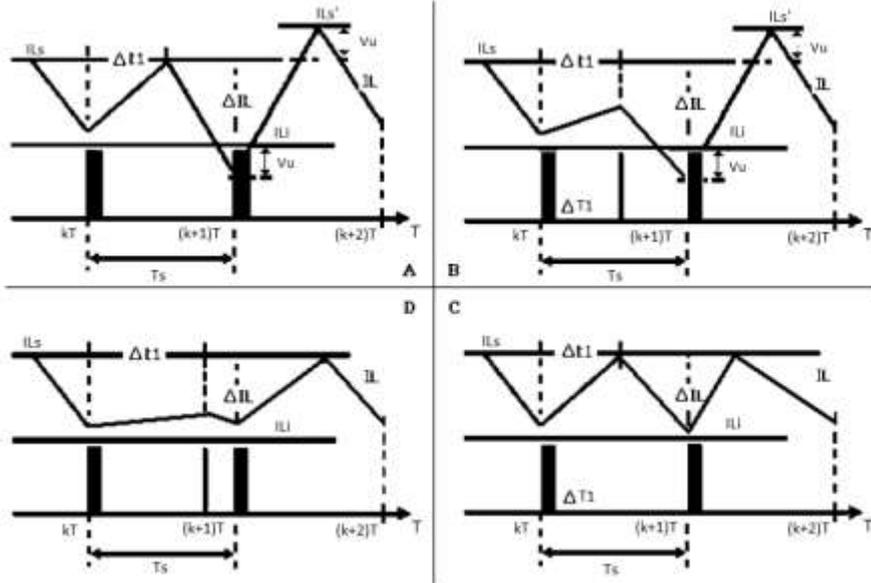
Fonte: dados do Autor.

Observando-se a Fig.1 a partir do sinal da tensão de entrada ( $v_a$ ) e da corrente amostrada em ( $R_{rs3}$ ), sendo esta a mesma do indutor de saída do conversor ponte completa utilizado, o bloco do circuito da lógica de comando forma os sinais necessários para obtenção dos pulsos de chaveamento, gerando uma senoidal sincronizada com a tensão de entrada e de amplitude

## Inovação e Tecnologia

proporcional ao valor estabelecido pelo limite superior de corrente. O bloco da lógica de comando corresponde ao circuito que faz com que a corrente de saída do conversor, coletada em (Rrs3), siga de perto a senoidal amostrada ( $v_a$ ), gerando pulsos de saída de acordo com a estratégia de modulação Delta modificado, cujos modos de funcionamento estão mostrados na Fig.3.4, que estabelece frequência fixa e mantém a corrente média constante, movendo apenas um dos limites, na sequência os pulsos de saída deste bloco são amplificados e isolados, com a finalidade de comandar as chaves do inversor, na configuração, ponte completa.

Fig.2 - Ilustra-se os Modos de funcionamento da estratégia de modulação Delta Modificado, proposta.



Fonte: Dados do Autor.

Fig.2-A: Quando a corrente atinge o limite superior e ultrapassa o limite inferior, no tempo  $(K + 1)T$ , o circuito armazena a tensão  $V_u$ , adicionando-a ao limite superior, no intervalo de tempo,  $(K + 1)T < \text{tempo} < (K + 2)T$ , fazendo com que o limite superior seja deslocado para o novo valor acrescido agora da tensão  $V_u$ , aguardando para que a nova corrente o atinja;

## Inovação e Tecnologia

Fig.2-B: Quando a corrente não atinge o limite superior e ultrapassa o inferior, o comando recebe o sinal para abertura das chaves de potência, estabelecido pelo controle de largura máxima do circuito de controle, instante este ocorrendo entre os tempos  $(KT)$  e  $(K + 1)T$ , permitindo dessa forma a operação em frequência constante, o processo de ultrapassagem do limite inferior é semelhante ao descrito para o item A;

Fig.2-C: Quando a corrente alcança o limite superior e não ocorre ultrapassagem do limite inferior, o controle recebe a ordem de bloqueio para as chaves de potência, fechando novamente com a chegada do novo pulso de disparo

realizado em frequência constante, voltando a receber o comando de abertura das chaves quando atingir o limite superior;

Fig.2-D: quando a corrente não chega no limite superior e não ultrapassa o limite inferior, o comando de abertura das chaves de potência é realizado pelo controle de máxima largura de pulso permitido, aguardando na sequência a ordem do controle para novo fechamento, que ocorrerá com a chegada do novo pulso de chaveamento, em  $(K+1)T$ .

Considera-se nesta análise que, o valor eficaz da tensão da concessionária não sofre variações e no caso de falha do fornecimento de energia CA o sistema de controle deixa de funcionar desconectando a rede elétrica do sistema, a fim de permitir a operação segura do mesmo. A estratégia de modulação adotada permitiu a injeção de corrente senoidal com baixo nível de distorção harmônica, simplificando o controle, e apresentando um reduzido número de componentes, conforme mostrado nos resultados de simulação.

Outra importante característica deste controle é a possibilidade de interligação de vários blocos de conversores em paralelo, característica esta importante para o aumento da potência utilizando-se o contexto da GD com fontes alternativas renováveis.

Assim, indica-se preferencialmente, esta técnica para ser utilizada em fontes alternativas no atendimento de cargas locais ou em localidades afastadas dos grandes centros, podendo-se multiplicar em potência através da adição de outros conversores em paralelo ou na microrrede específica, sem ser necessária intervenção manual ou a adição de blocos sincronizadores. Obtendo assim, grandes potências injetadas com forma de onda senoidal.

## Inovação e Tecnologia

### 2.1 Circuito de potência simulado

Com base nos estudos realizados, será mostrada a simulação do circuito em ponte completa funcionando com o modulador Delta modificado, mostrando-se também a forma como o limite superior, inferior e os sinais de lógicos das chaves de potência são gerados.

Serão descritas algumas das partes do circuito de potência e do circuito de comando que compõem a geração dos sinais moduladores empregados na simulação.

Para melhor compreensão, serão também mostradas as formas de onda mais importantes, do circuito, com destaque para a forma de onda da corrente injetada pelo conversor; comprovando assim a viabilidade do circuito a ser implementado.

A simulação mostra o circuito, da Fig.3 com a técnica de modulação, delta modificado para duas situações distintas:

- a) Injetando-se potência ativa na RED e,
- b) Fornecendo potência para cargas críticas quando do momento de falha da rede CA (ilhamento).

Utiliza-se, para tanto da chave S1, para simular a situação de falha da mesma e o seu restabelecimento. O circuito é composto de três módulos básicos; o primeiro a fonte de alimentação senoidal, proveniente da RED de 60Hz, o segundo a estrutura retificadora não controlada representando uma carga não linear e, o terceiro uma estrutura inversora para injeção de corrente, sendo esta a parte principal do sistema.

A fonte de alimentação CA, é considerada como sendo uma tensão senoidal constante e, com capacidade de fornecer uma corrente suficiente para suprir a carga, as perdas e os transitórios nos conversores estáticos, nesta simulação foi desconsiderada a indutância da mesma. Os resultados simulados mostra o sistema injetando potência ativa, visando facilitar o entendimento do modulador.

A estrutura retificadora é composta de uma ponte monofásica de onda completa, não controlada, alimentando uma carga resistiva  $R_L$  em série com o indutor de filtro  $L_1$ . O indutor  $L_1$ , colocado do lado da carga tem como

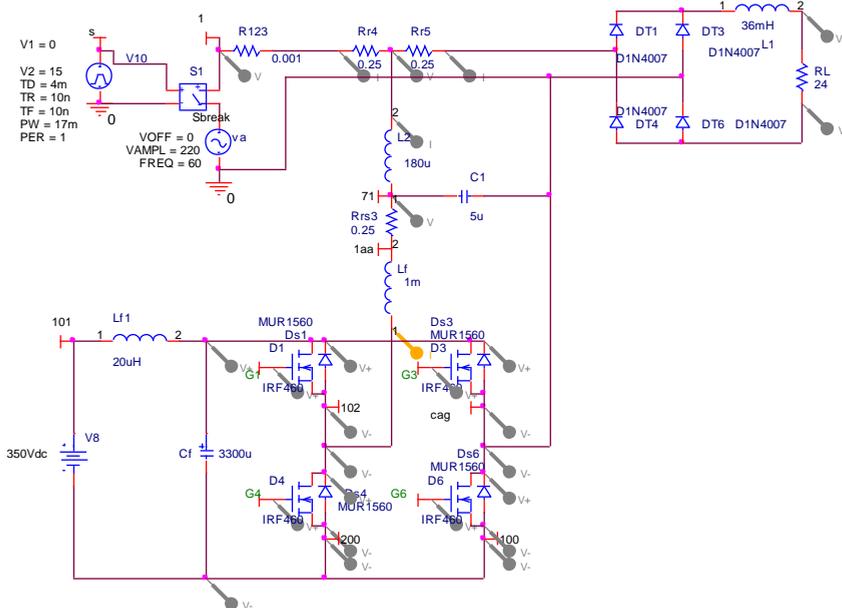
## Inovação e Tecnologia

finalidade a filtragem da corrente, aumentando assim a não linearidade da corrente de carga.

O inversor monofásico de tensão correspondente à parte principal do sistema é composto de quatro transistores MOSFET's de potência, um capacitor  $C_f$  para armazenamento de tensão. O indutor  $L_2$  é colocado para fazer a interligação da estrutura inversora com a carga e a fonte de tensão alternada.

Os resistores  $R_{r4}$ ,  $R_{r5}$  e  $R_{RS3}$  foram adicionados na estrutura fazendo o papel de sensores de corrente. É um dos objetivos, na continuação do desenvolvimento deste trabalho executar a simulação do sistema funcionando para fornecer ativos, reativos ou funcionar de forma ilhada, em momentos diferenciados dependendo da necessidade de energia local, desta forma mantendo a qualidade da energia, com as cargas a ele conectadas.

Fig.3– Circuito de potência, em ponte completa, simulado digitalmente com a técnica de comando Delta modificado. Mostra-se no detalhe a chave de interrupção da rede elétrica e a carga não linear conectada ao sistema.



Fonte: Dados do próprio autor.

## Inovação e Tecnologia

Onde:

V8 – Fonte de energia proveniente das fontes renováveis;

va – Fonte de Tensão. Tensão de entrada da rede de energia elétrica;

S1 e V10 – Este conjunto simula as situações bruscas de falta e restabelecimento da fonte va, de tensão da rede de energia elétrica;

Rs3 - Sensor de corrente da corrente injetada no sistema de distribuição ou consumida pela carga crítica conectada a ele;

Rr4 – Sensor de corrente da rede de energia elétrica;

Rr5 – Sensor de corrente de carga conectada ao sistema;

Lf – Indutor de filtragem;

Lf1 – Indutor de filtragem de corrente para as fontes renováveis de energia;

L2 – Indutor de interconexão com a rede elétrica;

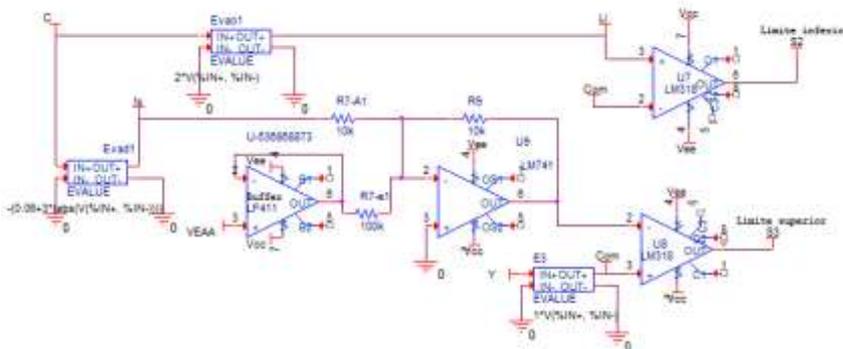
C1 – Capacitor de filtragem da tensão de saída do conversor;

Cf – Capacitor de filtragem do barramento de corrente contínua.

### 2.2 Circuitos utilizados para se obter os sinais moduladores

O circuito responsável pela formação dos limites superior e inferior mostrado na Fig.4, onde o sinal *C* (tensão da rede) após ser adaptado e retificado, formará os limites inferior e superior respectivamente. Além desta função, este circuito efetua também a comparação destes sinais com o sinal amostrado e retificado da corrente injetada *Y*, realizado pelos operacionais U7 e U8, onde U8 compara a corrente amostrada com limite superior para obter S3 e U7 compara com o inferior para obter o sinal S2, detalhes dos sinais S2 e S3, são mostrados na Fig.5.

Fig. 4. – Circuito responsável pela formação dos limites superior e inferior.



## Inovação e Tecnologia

Fonte: Dados do próprio autor.

Onde:

C - É o sinal amostrado da rede comercial já adaptado e retificado enviado; para o modulador Delta modificado;

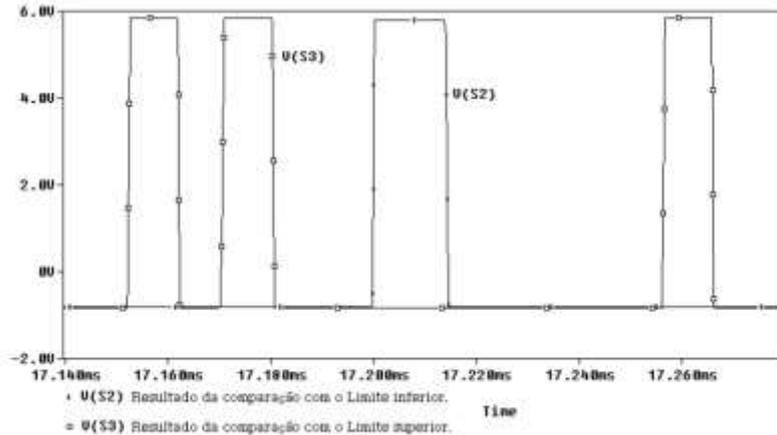
Y e Com - São coletados a partir da corrente do indutor  $L_f$ , mostrado na Fig.4.2, já adaptados e retificados;

Vu - Valor da tensão que será aplicado no limite superior quando a corrente; de  $L_f$  ultrapassar o limite inferior;

S3 - Sinal modulador, obtido pela comparação do limite superior com a corrente do indutor  $L_f$ ;

S2 - Sinal modulador que entra em operação somente quando ocorre ultrapassagem do limite inferior pela corrente do indutor  $L_f$ .

Figura 5: Detalhes dos Sinais moduladores, S3 e S2.



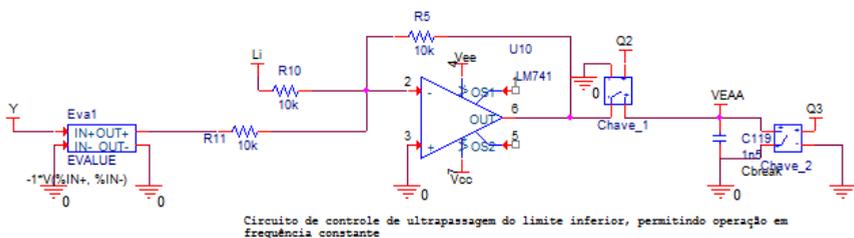
Fonte: Dados do autor.

O funcionamento do circuito de controle de ultrapassagem pode ser explicado, iniciando-se pelo instante em que a corrente injetada cruza o limite inferior, momento em que a saída do operacional U7 da Fig.4 leva a saída S2 para +Vcc, desta forma, a saída do *Flip Flop* U7dA, mostrado na Fig.6, é habilitada, ou seja, Q2 é levado a +Vcc, e da mesma forma o *Flip Flop* U7eA, leva a sua saída Q3 a zero.

## Inovação e Tecnologia

Este processo permite o fechamento da *chave1* controlada por Q2, e a abertura da *chave2* controlada por Q3, mostrados no circuito da Fig.5. Desta forma, o capacitor C119, da Fig.5, é carregado com a tensão  $V_u$ , esta tensão é a diferença entre o menor valor que a corrente do indutor  $L_f$  chega e o limite inferior estabelecido pelo circuito de comando (Li). Situação que permanece até a chegada de novo pulso de clock no pino de *reset* do *Flip Flop* U7eA, levando a saída Q2 a zero e fazendo abrir a *chave1*.

Figura 5: Circuito responsável pelo controle da ultrapassagem do limite inferior.



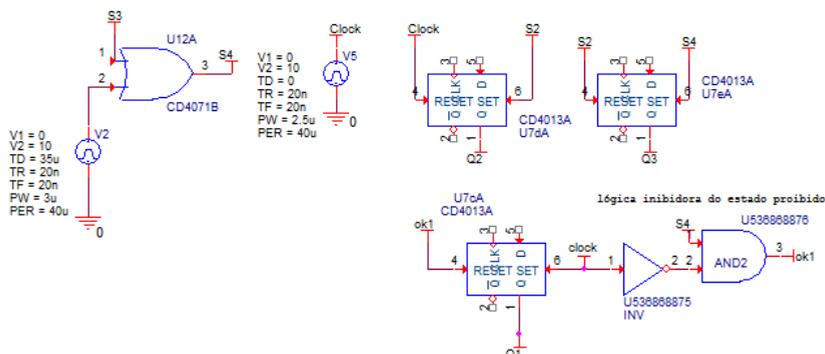
Fonte: Dados do autor.

Desta forma permite que a corrente aumente atingindo o novo limite superior agora acrescido do valor da tensão  $V_u$ . Somente quando a corrente do indutor de interligação chegar a este novo limite tem-se o fechamento da *chave2*, pois o terminal S4 do *Flip Flop* U7eA leva a saída Q3 à  $+V_{cc}$ , descarregando o capacitor C45, preparando-o para um novo ciclo se nova ultrapassagem ocorrer.

Neste ponto, é importante ter em mente que caso a corrente do indutor não consiga atingir o novo limite e a razão cíclica de condução atingir 92,5% a porta lógica U12A tem sua saída levada à  $+V_{cc}$ , fazendo com que o *Flip Flop* U7cA, da Fig.6, receba um *reset* levando a saída Q1 a zero, abrindo as chaves de potência do conversor, que irão aguardar novo pulso de disparo em frequência constante para o seu fechamento. O sinal Q1 é levado a um circuito identificador de semiciclo e adaptado para comandar as chaves de potência.

## Inovação e Tecnologia

Fig. 6. – Circuito de controle lógico para funcionamento do conversor ponte completa em modo corrente e circuito identificador de semiciclo para comando das chaves de potência.



Fonte: Dados do autor.

### 3 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a técnica de modulação Delta modificado, para o controle do fluxo de potências ativa e reativa, funcionando em inversores associados a sistemas de geração através das fontes de energias alternativas e renováveis, em conexão com a rede de distribuição de corrente alternada em baixa tensão.

Acredita-se na hipótese de serem adicionados vários destes sistemas no ponto de acoplamento comum (PAC), sem que seja necessário o monitoramento do controle de fase ou de tensão entre eles. Neste sentido a técnica proposta neste trabalho é apropriada devido ao pequeno número de sensores e seus ótimos resultados obtidos através da simulação podendo ser controlada via web (Carlos, 2013).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## Inovação e Tecnologia

ABDI, SH.; AFSHAR, K.; BIGDELI, N.; AHMADI S. A Novel Approach for Robust Maximum Power Point Tracking of PEM Fuel Cell Generator Using Sliding Mode Control Approach. **International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE**, [S.l.], 2012. v. 7, p. 4192 - 4209.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional** – PRODIST, Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. 5. ed. Brasil, 2012. 86 p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 27 Janeiro 2014.

AKHMATOV, V. **Analysis of dynamic behaviour of electric power systems with large amount of wind power**. 2003. 261 f. Tese (Doutorado) — Electric Power Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, 2003.

AZAURI JUNIOR, A.O. ; CICHY, E. C. C. ; GONGORA, V. L. ; BARBOSA, L. R. ; PEREIRA, A. A. . **Active and Reactive Power Energy Improving The Grid Quality**. In: 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference - PESC06, 2006, Jeju. Proceedings of 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference - PESC06. Jeju, 2006. p. 2283-2286.

AZAURI JUNIOR, A.O. ; [MACIEL, C. D.](#) ; CICHY, E. C. C. ; GONGORA, V. L. . **Protected efficient and accurate new control for active and reactive power**. In: 5th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Their Applications, 2006, Guaratingueta. Anais da 5th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Their Applications. Guaratingueta: Dincon-2006, 2006.

CARLOS, H. C.; GONGORA, V. L.; **Automação e controle pela web do nível de iluminação no horário de ponta do sistema elétrico**. 2013.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo XIII - Controle Implementado Em Dsp Para Cadeira de Rodas Acionada Por Sopro e Sucção

<Edno Gentilho Junior><sup>36</sup>,  
<Anderson Ross Biazeto><sup>37</sup>  
<Hélio K.Kayamori><sup>38</sup>  
<Márcio Roberto Covacic><sup>39</sup>  
<Ruberlei Gaino><sup>40</sup>

## RESUMO

Os autores propõem a implementação em Processador Digital de Sinais (DSP) de um sistema de controle para cadeira de rodas, utilizando controle Proporcional-Integral-Derivativo (PID) para os motores e uma interface por sopro e sucção de ar para o usuário dirigi-la. Uma análise matemática, simulação em software do sistema de controle e implementação em protótipo foram feitas.

**Palavras-chave:** Cadeira de rodas, DSP, PID.

---

<sup>36</sup> Engenheiro, Universidade Estadual de Londrina, edno.gentilho@hotmail.com.

<sup>37</sup> Engenheiro, Universidade Estadual de Londrina, anderson\_biazeto@hotmail.com

<sup>38</sup> Engenheiro Especialista, Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina,

<sup>39</sup> Doutor, Universidade Estadual de Londrina, marciocovacic@uel.br,.

<sup>40</sup> Doutor, Universidade Estadual de Londrina, rgaino@uel.br.

## Inovação e Tecnologia

### 1 INTRODUÇÃO

Com o grande interesse de muitas organizações em desenvolver cadeiras de rodas que possam suprir as necessidades de locomoção de pessoas com alguma deficiência motora. Torna-se muito interessante o estudo de um controle para uma cadeira controlada por sopro e sucção para ajudar indivíduos que por algum motivo não podem dirigi-la por um comando manual por *joystick* (MAZO et al., 1995) e (SOBRINHO et al., 2003).

No caso o usuário pode dirigir a cadeira através de comandos de sopros ou sucções em um sensor de fluxo de ar localizado próximo à boca. A cadeira possui 4 rodas, sendo 2 dianteiras livres e 2 traseiras acopladas aos motores de corrente contínua que são equipados com sensores do tipo *encoder* para medição de velocidade de rotação. Estes são responsáveis por medir e enviar a velocidade dos motores para o controlador, que mantém a estabilidade do sistema, controlando a velocidade da cadeira. A diferença de velocidades angulares das rodas faz com que a cadeira realize uma conversão à direita ou à esquerda (SOBRINHO et al., 2003) e (MAZO et al., 1995).

A lógica de acionamento do sensor de fluxo (SOBRINHO et al., 2003) e o projeto do controle dos motores baseado em Teixeira et al. (2007) foi implementado em um Processador Digital de Sinais (DSP) *Texas Instruments*.

## Inovação e Tecnologia

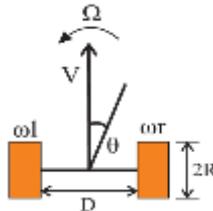
### 2. MODELO MATEMÁTICO LINEAR DA CADEIRA DE RODAS

Um modelo cinemático eficiente é necessário para a obtenção de um controle eficaz. A Figura 1 mostra o modelo simplificado da cadeira de rodas.

A partir do modelo é possível obter as velocidades linear ( $V$ ) e angular ( $\Omega$ ).  $R$  é o raio das rodas motorizadas,  $D$  a distância entre elas e " $u$ " é a posição instantânea da cadeira (SOBRINHO et al., 2003), dada a relação  $\frac{du}{dt} = V$ , então e

$$\theta(t) = \theta_0 + \frac{R}{D} \int_0^t (\omega_l - \omega_r) dt \quad \text{e} \quad V = \frac{du}{dt} = \frac{R}{2} (\omega_l + \omega_r) \quad (1)$$

**Figura 1: Modelo Linear de Cadeira**



Fonte: Próprio autor.

As velocidades linear e angular da cadeira são dadas por (2) :

$$V = \frac{R}{2} (\omega_l + \omega_r) \quad \text{e} \quad \Omega = \frac{R}{D} (\omega_l - \omega_r) \quad (2)$$

#### 2.1 Sistema de Controle Proposto

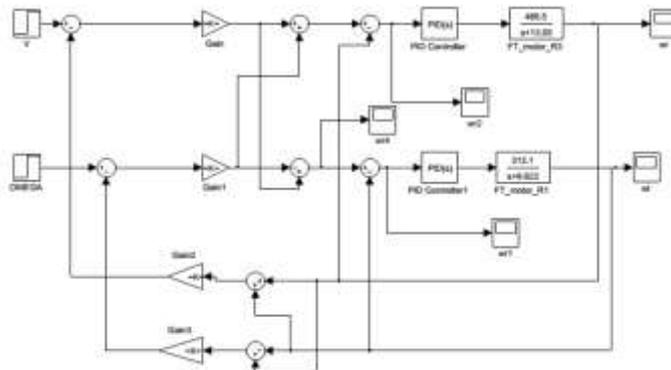
## Inovação e Tecnologia

As velocidades linear ( $V$ ) e angular ( $\Omega$ ) respectivamente da cadeira (MAZO et al., 1995), são dados por (3):

$$\begin{bmatrix} \omega_r \\ \omega_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{R} & \frac{D}{2R} \\ \frac{1}{R} & -\frac{D}{2R} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V \\ \Omega \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \begin{bmatrix} V \\ \Omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{R}{2} & \frac{R}{2} \\ \frac{R}{D} & -\frac{R}{D} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_r \\ \omega_l \end{bmatrix} \quad (3)$$

A Figura 2 apresenta o controle proposto para acionamento da cadeira.

**Figura 2: Diagrama de blocos do acionamento da cadeira**



Fonte: Próprio autor.

### 3. AÇÃO DO CONTROLE DOS MOTORES DA CADEIRA DE RODAS

Em (TEIXEIRA, ASSUNÇÃO, COVACIC, 2007), foi descrito um programa desenvolvido em Matlab para determinar a faixa de valores de  $k$  que torna estável com um controlador proporcional  $k$  e realimentação

## Inovação e Tecnologia

negativa. Este programa também determina a região de estabilidade de um sistema com um controlador PID, proporcional-integral (PI), proporcional-derivativo (PD), entre outros.

### 3.1 Estabilidade de Sistemas com Controladores PID e PI

A ação de controle de um controlador PID é baseada na combinação dos três controladores: controle proporcional, controle integral e controle derivativo, mantendo sempre as vantagens individuais de cada uma das três ações de controle. O controle PID é definido por (OGATA, 2010):

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}. \quad (4)$$

A função de transferência de um controlador PID é dada por:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s. \quad (5)$$

Um controlador PID possui um polo em  $s=0$  e dois zeros, cujas posições dependem de  $K_p$ ,  $K_i$  e  $K_d$ , que são ajustáveis. Para a implementação do controlador PID, é necessário determinar, para um dado processo, os ganhos proporcional, integral e derivativo.

Considere um sistema realimentado, sendo  $G_c(s)$  um controlador PID. A função de transferência do sistema de malha fechada  $G_{cl}(s) = Y(s) / R(s)$  é dada por:

$$G_{cl}(s) = \frac{(K_p s + K_i + K_d s^2)n(s)}{sd(s) + (K_p s + K_i + K_d s^2)n(s)}. \quad (6)$$

## Inovação e Tecnologia

Os polos do sistema são as raízes do polinômio característico  $r(s, K_p, K_i, K_d) = sd(s) + (K_p s + K_i + K_d s^2)n(s)$ .

Um caso particular de controlador PID é o controlador PI, que é obtido a partir do controlador PID, com  $K_d = 0$ . O controlador PI é descrito por:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} \quad (7)$$

e a função de transferência do sistema de malha fechada  $G_{cl}(s)$  é dada por:

$$G_{cl}(s) = \frac{(K_p s + K_i)n(s)}{sd(s) + (K_p s + K_i)n(s)} \quad (8)$$

Os polos do sistema são as raízes do polinômio característico  $r(s, K_p, K_i) = sd(s) + (K_p s + K_i)n(s)$ .

Para o controlador PID, fixando-se os valores de dois parâmetros (por exemplo,  $K_i$  e  $K_d$ ), é possível determinar a faixa de estabilidade do terceiro parâmetro (no caso,  $K_p$ ), utilizando-se o Critério de Estabilidade de Routh-Hurwitz.

## 4. IDENTIFICAÇÃO DA FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DOS MOTORES

A área do conhecimento que determina modelos matemáticos a partir de dados captados de sistemas dinâmicos é denominada identificação de sistemas (AGUIRRE, 2004) e (LJUNG, 1987).

## Inovação e Tecnologia

Com base nos princípios de identificação foi determinada uma função de transferência para cada motor de corrente contínua da cadeira de rodas.

A aquisição dos dados foi realizada no Labview, utilizando-se de um sinal degrau de 9V nos motores. Então foram coletadas as velocidades angulares dos motores com tempo de amostragem de 1ms e aplicou-se um filtro passa-baixa *Butterworth* de 1º ordem com frequência de corte de 50Hz para retirada de ruídos, desenvolvido com a ferramenta *Fdatool* do Matlab (SILVA, 2012).

Auto-regressão é uma representação matemática de comportamento do processo através de um modelo que pode ser utilizado para predeterminar o comportamento futuro. Com isso foi utilizado o modelo auto-regressivo com média móvel e entradas exógenas (ARMAX) definido na equação (9) (AGUIRRE, 2004).

$$A(q)y(k) = B(q)u(k) + C(q)v(k) \quad (9)$$

## 5. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

A opção de acionamento com sensor de fluxo de ar foi desenvolvida preferencialmente para pacientes tetraplégicos, levando em consideração que na maioria das vezes esses pacientes não dispõem de grande força física e esse sensor requer apenas um pequeno fluxo de ar para funcionar.

## Inovação e Tecnologia

O sensor de fluxo de ar é um dispositivo capaz de detectar a quantidade de ar que percorre seu interior por meio de uma entrada e uma saída de ar e converter em sinal elétrico.

Baseando-se nisso foi utilizado um sensor de fluxo de ar, modelo AWM2100, da *Honeywell* conforme Figura 3 (a):

**Figura 3: a) Sensor de fluxo de ar AWM2100V, b) Curva característica**



Fonte: Próprio autor.

Esse sensor possui uma saída de tensão analógica que varia proporcionalmente com a quantidade de fluxo de ar que passa através dele, mostrada na Figura 3(b) (FERREIRA, 2008).

A cadeira possui a seguinte lógica para acionamento:

- Sopros por 1s - movimento para frente.
- Sopros por 1,5s - movimento para trás.
- Sucção por 1s - movimento para esquerda.
- Sucção por 1,5 - movimento para direita.
- Sucção ou Sucção por 0,5s - sem movimento (parado).

Onde o Sopro ou Sucção acionam a saída do sensor de fluxo e dependendo do comando dado pelo usuário, manipula as saídas  $V$  e  $\Omega$  fazendo com que o controle seja acionado como mostra a Figura 4(a).

## Inovação e Tecnologia

O DSP *Texas Instruments* TMS320F28335 foi escolhido para implementação do algoritmo da cadeira de rodas (SILVA, 2012). Seu ambiente de programação IDE *Code Composer Studio* possibilita a escrita do código fonte nas linguagens Assembly ou C. A linguagem C foi escolhida para o desenvolvimento do código fonte devido a sua menor complexidade de escrita comparando-se com Assembly.

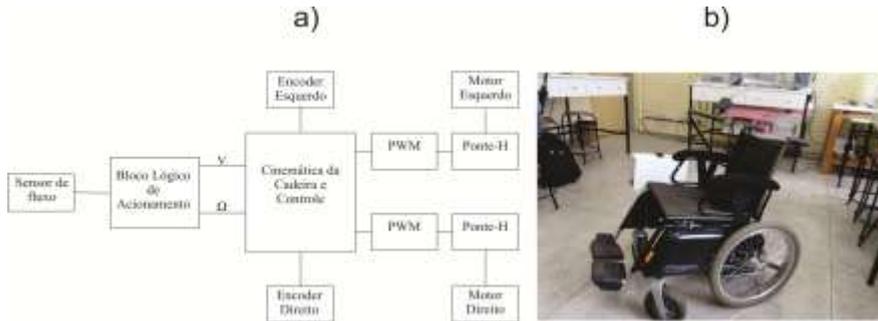
O controlador PID foi implementado no DSP com os seguintes de parâmetros:  $K_p= 0,006848658$ ,  $K_i=0,124309108$ ,  $K_d= -0,000523731$ , cujo valores foram calculados pelo algoritmo desenvolvido em (TEIXEIRA, ASSUNÇÃO, COVACIC, 2007), onde a faixa de valores estáveis foi determinada: para  $K_p \geq 0$  e  $K_i \geq 0$ :  $K_d > -0,026783$ . O período de amostragem do controlador é de 1ms.

A Figura 4(a) mostra o diagrama de blocos do sistema no qual o usuário aciona o sensor de fluxo por sopro ou sucção. Então os sinais  $V$  e  $\Omega$  são determinados para acionar o controlador. Este controla os sinais PWM para acionar a ponte-H de potência dos motores. Os motores possuem encoder, que realizam a função de ler a rotação dos eixos dos motores.

A Figura 4(b) mostra a cadeira de rodas implementada na sua versão atual, o teste em escala real é verificado pela fácil mobilidade, após testes com protótipo de (SOBRINHO et al, 2003) e primeiros testes em (FERREIRA, 2008).

## Inovação e Tecnologia

**Figura 4: a) Diagrama de blocos, b) Protótipo do sistema implementado**



Fonte: Próprio autor.

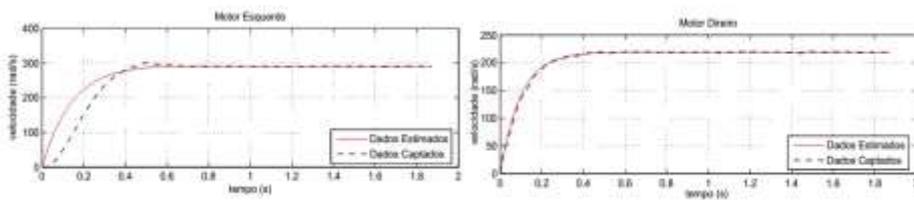
### 5.1 Resultados Obtidos

As funções de transferências obtidas dos motores esquerdo e direito

respectivamente são  $H(s)_1 = \frac{486,5}{s+13,03}$  e  $H(s)_2 = \frac{313,1}{s+9,622}$ .

A Figura 5 mostra os gráficos dos dados estimados pelo processo de identificação e os dados captados dos motores esquerdo e direito.

**Figura 5: Resposta dos motores**

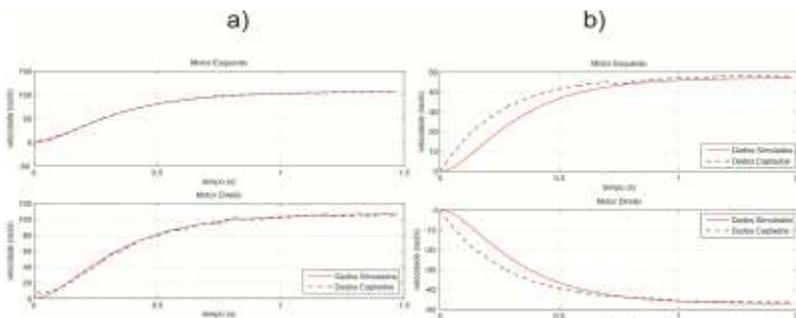


Fonte: Próprio autor.

As Figuras 6(a) e 6(b) mostram os resultados obtidos dos motores em movimento linear e angular respectivamente após a implementação do sistema de controle.

## Inovação e Tecnologia

**Figura 6: a) Movimento linear, b) Movimento angular**



Fonte: Próprio autor.

O protótipo foi colocado em funcionamento e testes de movimentação foram realizados com pessoas hígdas e para-atletas do time de Basquetebol da Universidade Estadual de Londrina (FELIZARDO, 2014). A cadeira foi conduzida pela aplicação de sopros e sucções, cumprindo a função de substituir a atuação das mãos, fazendo uso apenas da boca para realizar a função. Estes testes consistiram em dar todos os comandos de direção, e verificar se a cadeira obedecia aos mesmos com movimentos suaves e seguros.

## 6. CONCLUSÃO

Entre as principais vantagens podem-se citar a baixa complexidade computacional de implementação do sistema de controle e a grande utilidade para pessoas que possuem deficiências físicas que as impedem de dirigir uma cadeira usando um comando manual, ou seja, esse sistema pode ajudar pessoas a realizar tarefas de locomoção do dia a dia sem a necessidade de ajuda.

## **Inovação e Tecnologia**

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Fundação Araucária do Paraná e CAPES pelo apoio financeiro.

### **REFERÊNCIAS**

AGUIRRE, Luis Antonio. **Introdução à identificação de sistemas– Técnicas lineares e não lineares aplicadas a sistemas reais**. Minas Gerais: UFMG, 2004.

FELIZARDO, Celso. Pesquisadores testam cadeira de rodas movida a sopro. **Jornal Folha de Londrina**. Caderno Folha Cidades publicado em 11 fev. 2014.

FERREIRA, Claudio Lima Lopes. **Interface de Sopro e Sucção para Controle de Cadeira de Rodas**. (Dissertação de mestrado), Universidade Estadual de Londrina, 2008.

LJUNG, L. System identification: theory for the user. **Prentice-Hall information and system sciences series**. Prentice-Hall, 1987.

MAZO, M.; RODRIGUEZ, F. J.; LAZARO, J. L.; UREÑA, J.; GARCIA, J. C.; SANTISO, E.; REVENGA, P. A. Electronic Control of a Wheelchair Guided by Voice Commands. **Control Engineering Practice**, p. 665–674, mar. 1995.

OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno. São Paulo: **Pearson Prentice Hall**. v. 5, 2010.

SILVA, Rafael Cecílio de Moura. **Técnicas de Identificação e controle analógico e digital com labview e um kit dsp da texas instruments**. (Trabalho de conclusão de curso), Universidade Estadual de Londrina, 2012.

## **Inovação e Tecnologia**

SOBRINHO, Andre Sanches F.; SUZUKI, Isaque; GERMANOVIX, Walter; GAINO, Ruberlei. Implementação e análise do controle de uma cadeira de rodas através de sopros e sucções. **VI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**, Bauru, p. 1-4, set. 2003.

TEIXEIRA, M. C M; ASSUNÇÃO, E.; COVACIC, M. R. Proportional Controllers: Direct Method for Stability Analysis and MATLAB Implementation. **IEEE Transactions on Education**, p. 74-78, 50(1), 2007.

# Capítulo XIV – Estudo Do Controle Vetorial Por Lógica Fuzzy/PI Aplicado A Motor De Indução Em Baixa Velocidade

<WILLIAN RICARDO BISPO MURBAK NUNES><sup>41</sup>

<VICENTE DE LIMA GONGORA><sup>42</sup>

<NEWTON DA SILVA><sup>43</sup>

<RUBERLEI GAINO><sup>44</sup>

**Resumo:** Este trabalho propõe um sistema de controle PI com lógica fuzzy para o acionamento de motor de indução em baixa velocidade utilizando a técnica de campo orientado. A utilização da lógica fuzzy se deve a complexidade e não linearidade no controle das equações dinâmicas da máquina de indução. Usando variáveis linguísticas ao invés de variáveis numéricas, esta abordagem representa um ponto de partida substancial das técnicas quantitativas convencionais dos sistemas de análise e controle. Resultados de simulação do acionamento de um motor de baixa potência com o controlador fuzzy são obtidos a partir do MATLAB<sup>®</sup>/Simulink. Dados gráficos satisfatórios são apresentados, possibilitando a aplicação do controlador proposto em sistemas industriais de velocidade variável.

**Palavras-chave:** motor de indução, lógica fuzzy, controle de campo orientado.

## 1 INTRODUÇÃO

---

<sup>41</sup> Mestrando em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, willian.bispo@hotmail.com

<sup>42</sup> Mestre em Engenharia Elétrica, Senai Londrina, vicente.gongora@pr.senai.br

<sup>43</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, newton.silva@uel.br

<sup>44</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, rgaino@uel.br

## **Inovação e Tecnologia**

Dentre os diversos tipos de motores existentes no mercado o motor de indução é o mais utilizado em aplicações industriais, em virtude de suas características como robustez e baixo custo em relação aos demais tipos de motores. Historicamente, não se utilizava motor de indução em aplicações de acionamento de alto rendimento e de velocidade variável, devido o seu modelo exibir uma dinâmica não linear e com parâmetros fortemente acoplados, exigindo assim um controle de alta complexidade. Sendo assim, os motores de corrente contínua preponderaram tais aplicações, pois o mesmo apresenta um desacoplamento do controle de fluxo, determinado pela corrente de campo, e o controle de torque, determinado pela corrente de armadura.

Utilizando o princípio do campo orientado o controle da máquina de indução fica semelhante ao da máquina de corrente contínua. O princípio teórico desta técnica consiste em promover o alinhamento do fluxo rotor, entreferro ou estator com o eixo direto do sistema de coordenadas síncronas. Neste sistema de coordenadas temos duas componentes a de eixo direto e a de quadratura. A componente de eixo direto refere-se ao controle do fluxo do estator, enquanto que a componente de eixo em quadratura controla o torque. Com isto obtém-se na máquina de indução o desacoplamento entre o fluxo e o torque (LEONHARD, 2001), (KRAUSE; WASYNCZUK; SUDHOFF, 2002).

No entanto o controle de motores de indução requer algoritmos de controle complexos, pois não há uma relação linear entre a frequência do estator com o torque e fluxo.

## **Inovação e Tecnologia**

Para o controle de diversos sistemas temos os controladores clássicos PI, PID e entre outros, os quais têm sido vastamente empregados na indústria, no entanto para se implementar tais controladores existe a dificuldade de se identificar os parâmetros do controlador de um sistema não-linear.

Para sanar tal entrave de acionamento do motor este trabalho propõe um controlador dois estágios empregando as características do campo orientado. O princípio do controlador pode ser descrito basicamente pela operação em duas etapas. Durante o estágio de aceleração e desaceleração, a magnitude da corrente do estator é mantida constante e o rotor acelera e desacelera dependendo da frequência de entrada  $\omega$ . Por outro lado, durante o estágio final de regime permanente, a frequência de entrada  $\omega$  é mantida constante e a velocidade  $\omega_0$  é mantida constante pelo controle da magnitude da corrente do estator.

Um estudo de simulação do controlador fuzzy/PI proposto é realizado usando Matlab/Simulink e comparado aos resultados obtidos com outros trabalhos, denotando um avanço para as funções de pertinência do controlador fuzzy e melhoria significativa na resposta dinâmica do motor.

Na próxima seção apresentará o equacionamento do modelo dinâmico do motor de indução, os princípios do controle de campo orientado para a máquina de indução, e os aspectos relevantes do controlador para o acionamento do motor.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Modelo do motor de indução e o controle por campo orientado**

## Inovação e Tecnologia

Um modelo do motor de indução baseado no circuito equivalente ‘T’ com referencia no estator pode ser expresso por uma equação não linear de quinta ordem. Utilizando-se do controle por campo orientado (KRAUSE; WASYNCZUK; SUDHOFF, 2002) e (SHI; CHAN; WONG, 1998), tem-se o seguinte equacionamento:

$$i_{ds}^e = \frac{d\lambda_{dr}^{e*}}{dt} \frac{L_r}{L_M R_r} + \frac{1}{L_M} \lambda_{dr}^{e*} \quad (1)$$

$$i_{qs}^e = \frac{3L_r}{P L_M \lambda_{dr}^{e*}} T^* \quad (2)$$

$$\omega_r = \frac{3R_r T^*}{P \lambda_{dr}^{e*2}} \quad (3)$$

$T^*$  e  $\lambda_{dr}^{e*}$  são sinais de controle de referência, enquanto  $\omega_0$  é o sinal de realimentação. O vetor de corrente  $i_{ds}^e$  e  $i_{qs}^e$  e o escorregamento  $\omega_r$  são obtidos a partir de (1), (2) e (3).

A frequência de escorregamento  $\omega_r$  é dada por (4):

$$\omega_r = \frac{3R_r T^*}{P \lambda_{dr}^{e*2}} \quad (4)$$

Onde  $R_r$  é a resistência do rotor,  $P$  é o número de polos,  $T^*$  denota o torque de referência e  $\lambda_{dr}^{e*}$  é o fluxo do rotor de referência.

Se o valor de referência do torque  $T^*$  é mantido constante durante a aceleração, então  $\omega_r$  também será constante. Como  $\omega_0$  muda durante a aceleração e desaceleração,  $\omega$  tem de ser variada para que (1) seja satisfeita.

Uma segunda característica utilizada do campo orientado é apresentado em (5):

## Inovação e Tecnologia

$$i_{qs}^e = \frac{T^*}{k_q \lambda_{dr}^{e*}} \quad (5)$$

Onde  $k_q = \frac{pL_M}{3L_r}$

A magnitude da corrente de fase do estator pode ser expressa por:

$$|\tilde{I}_s| = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{\lambda_{dr}^e}{L_M}\right)^2 + \left(\frac{T^*}{k_q \lambda_{dr}^{e*}}\right)^2} \quad (6)$$

### 2.2. Estratégia de controle de dois estágios para motor de indução

O princípio básico de um controlador de 2 estágios, conforme proposto por Shi, Chan e Wong (1998) funciona em duas etapas, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 4:** Controle Fuzzy da frequência

| Estágios                    | Entradas  |           | Saída      | Controle Objetivo   |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|---------------------|
|                             | $\omega$  | $I_s$     | $\omega_0$ |                     |
| Aceleração ou desaceleração | Variável  | Constante | Variável   | Velocidade variável |
| Regime permanente           | Constante | Variável  | Constante  | Eliminar oscilações |

Fonte: SHI, CHAN, WONG (1998) modificado pelo autor.

O controle fuzzy da frequência é desenvolvido baseado na característica da frequência do princípio do controle de campo orientado.

Durante o estágio de aceleração, o torque desejado tem um valor maior, enquanto durante o regime permanente o torque desejado de referência tem um valor menor.

Em regime permanente quando  $\Delta\omega = 0$ , trocando  $\omega_0$  por  $\omega_0^*$  a frequência de escorregamento em regime permanente pode ser escrita como:

## Inovação e Tecnologia

$$\omega_r = \begin{cases} \frac{3R_r}{P\lambda_{dr}^s} T_{acel} , \Delta\omega_0 \neq 0 \\ \frac{3R_r}{P\lambda_{dr}^s} \mu\omega_0^* , \Delta\omega_0 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

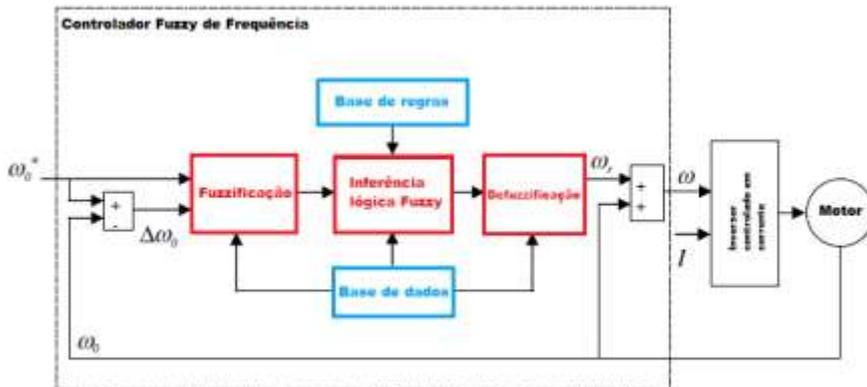
Devido a frequência de escorregamento  $\omega_r$  ser um função das variáveis  $\Delta\omega$  e  $\omega_0^*$ , pode ser expressa por:

$$\omega_r = f(\omega_0^*, \Delta\omega_0) \quad (8)$$

De acordo com a equação (8) o erro de velocidade  $\Delta\omega$  e a velocidade de referência  $\omega_0^*$  podem ser usados como entradas do controle fuzzy de frequência que consiste de fuzzificação, inferência logica fuzzy, base de regras, base de dados e defuzzificação.

A Figura 1 mostra o sistema de controle fuzzy da frequência.

**Figura 9:** Controlador Fuzzy de Frequência.



Fonte: SHI, CHAN e WONG (1998) modificado pelo autor.

A operação de fuzzificação é o processo que irá converter os valores de entrada ( $\Delta\omega$ ,  $\omega_0^*$ ) para o conjunto fuzzy.

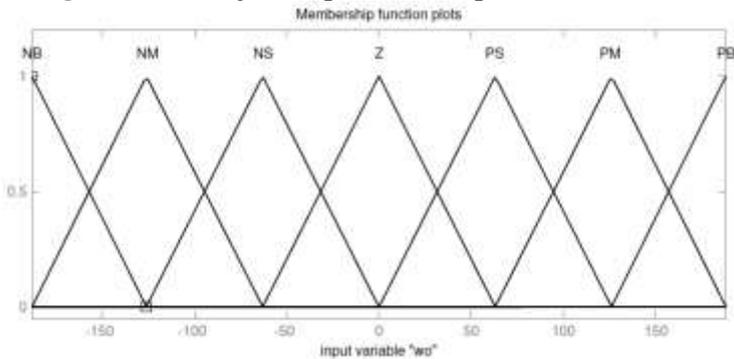
## Inovação e Tecnologia

O conjunto fuzzy consiste de elementos tendo um grau de pertinência e associado a valores linguísticos. As Figuras 2 e 3 apresentam as funções de pertinência para a velocidade e para o erro de velocidade.

Usando os valores da frequência de escorregamento, a função de pertinência fuzzy do escorregamento são definidas usando uma distribuição triangular como mostrado na Figura 4.

A inferência fuzzy inclui o cálculo da inferência linguística e o grau de pertinência que dá as variáveis de saída um grau de pertinência de acordo com as regras.

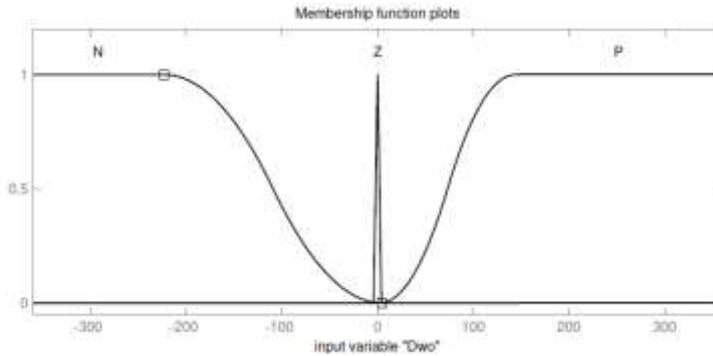
**Figura 10:** Função de pertinência para a velocidade.



Fonte: Elaborado pelo autor

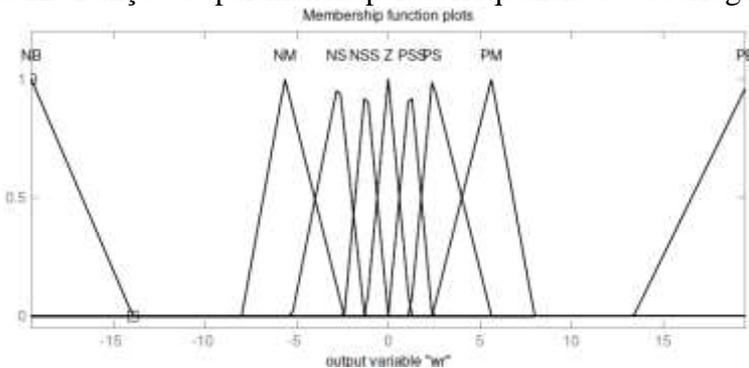
## Inovação e Tecnologia

**Figura 11:** Função de pertinência para o erro de velocidade.



Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura 12:** Função de pertinência para a frequência de escorregamento.

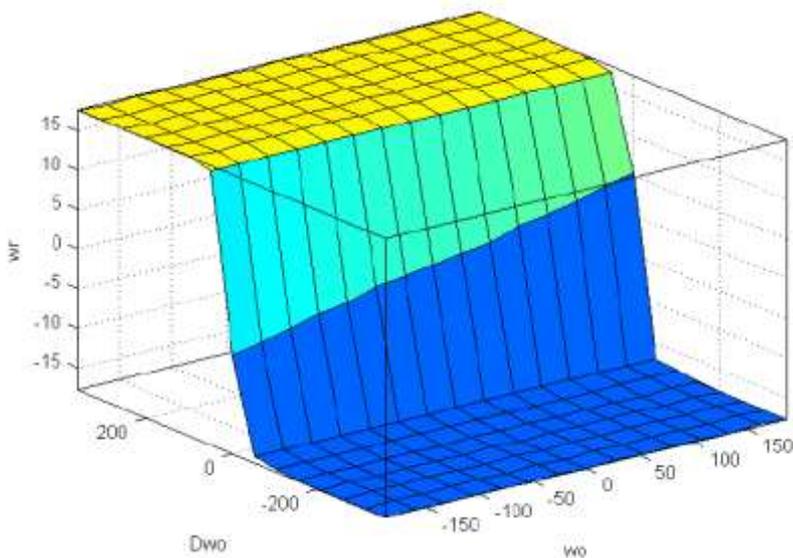


Fonte: Elaborado pelo autor

O princípio do mínimo e máximo é adotado no cálculo do grau de pertinência. A superfície do controlador Fuzzy está na Figura 5.

## Inovação e Tecnologia

**Figura 13:** Superfície do controlador Fuzzy.



Fonte: Elaborado pelo autor

O controle proporcional integral com saída saturada é usada no controle não-linear, dada por (9) e (10):

$$I_s = K_p(\omega_0^* - \omega_0) + K_I \int (\omega_0^* - \omega_0) dt \quad (9)$$

$$|I_s| = \begin{cases} |I_s|, & |I_s| < Inom \quad (RP) \\ Inom, & |I_s| \geq Inom \quad (Acel) \end{cases} \quad (10)$$

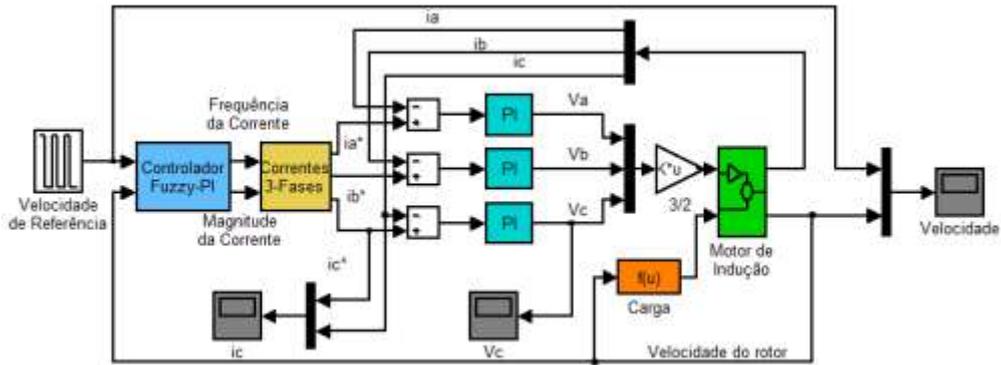
### 3 METODOLOGIA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a implementação do controlador fuzzy/PI o sistema é validado em diferentes velocidades, a fim de prever a resposta do transitório e de regime permanente do controlador.

## Inovação e Tecnologia

Os modelos de simulação foram implementados no MatLab/Simulink. Na Figura 6 apresenta-se o controlador de dois estágios Fuzzy/PI.

**Figura 14:** Esquema do controlador Fuzzy/PI para o motor de indução.



Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo do motor de indução simulado é referente a um motor de baixa potência, cujos parâmetros estão listados na tabela 5.

**Tabela 5:** Parâmetros do motor

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| Resistência do estator $R_s$  | 14.6 $\Omega$ /fase  |
| Resistência do rotor $R_r$    | 12.77 $\Omega$ /fase |
| Indutância mútua $L_s$        | 0.2963 H/fase        |
| Indutância do rotor $L_r$     | 0.3482 H/fase        |
| Momento de inércia $J_m$      | 0.001 $\text{kgm}^2$ |
| Coefficiente de fricção $C_f$ | 0.000124             |
| Número de pólos $P$           | 4                    |

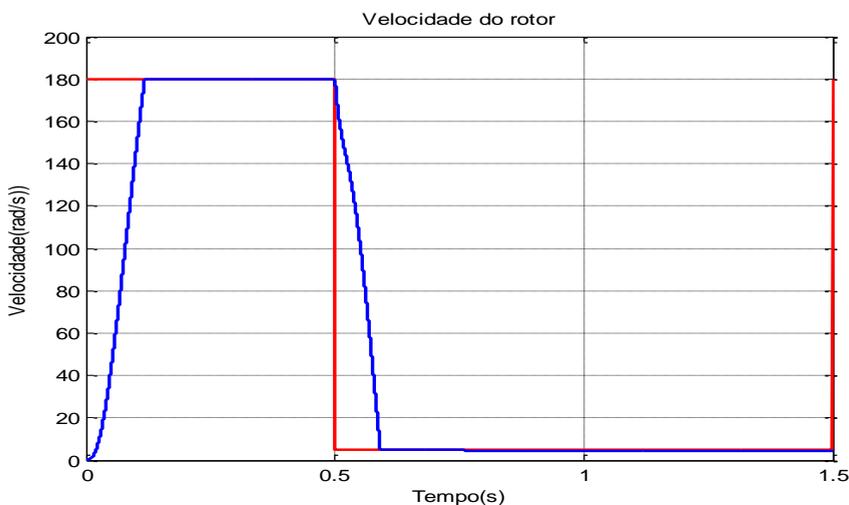
Fonte: Elaborado pelo autor

A simulação do controlador fora realizado conforme detalhada na Figura 6, assumindo uma corrente do estator de 3A e com valores os parâmetros dos parâmetros proporcional e integral igual a 1 e 0.03, respectivamente.

## Inovação e Tecnologia

Aplicando as funções de pertinências implementadas ao controlador Fuzzy e a sintonização dos parâmetros do controlador PI, evidenciado anteriormente, verifica-se por meio da Figura 7 que a resposta do controlador PI/Fuzzy torna-se adequada para operação do motor de indução em baixa velocidade, apresentando um erro de regime permanente próximo de zero, o que viabiliza tal controlador em aplicações industriais e comerciais em que a precisão e o controle de velocidade com um torque constante sejam requisitos fundamentais.

**Figura 15:** Controlador Fuzzy/PI em operação de baixa velocidade.



Fonte: Elaborado pelo autor

## 4 CONCLUSÕES

Com base na estratégia de duas fases e o princípio deduzida a partir do controle de campo orientado, um controlador fuzzy/PI foi proposto para operar principalmente em baixas velocidades. O desempenho do controlador

## **Inovação e Tecnologia**

de dois estágios é superior a um controlador escalar. Além disso, o controlador fuzzy/PI tem as vantagens de simplicidade e insensibilidade às mudanças de motor, de parâmetros, entrada de ruído atual, o ruído na velocidade medida, saturação magnética e a variação de torque de carga. Resultados satisfatórios são obtidos para o motor de baixa potencia operando em alta e baixa velocidade. Devido à excelente resposta de velocidade ao longo de toda a faixa de velocidade, o método deve encontrar aplicações em sistemas de acionamento industrial.

## **REFERÊNCIAS**

KRAUSE, Paul C. WASYNCZUK, Oleg. SUDHOFF, Scott D. **Analysis of Electric Machinery and Drive System**. IEEE Power Engineering Series. 2<sup>a</sup> ed. Wiley Interscience, 2002.

LEONHARD, Werner. **Control of Electrical Drives**. Power Systems. 3<sup>a</sup> ed. New York: Springer, 2001.

SHI, K. L.; CHAN, T.F.; WONG, Y.K. Hybrid fuzzy two-stage controller for an induction motor. In: Systems, Man, and Cybernetics, 1998. **Anais 1998 IEEE International Conference on**, v. 2, 1998. pp.1898-1903.

SIMÕES, Marcelo Godoy. SHAW, Ian S. **Controle e Modelagem Fuzzy**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Blucher, 2007.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo XV - Estrutura Organizacional Na Gestão De Projetos

< RENAN VINICIUS SALVADOR ><sup>45</sup>  
< KATIELLY TAVARES DOS SANTOS ><sup>46</sup>  
< FLÁVIO ANTUNES FERREIRA ><sup>47</sup>  
< TIAGO DA SILVA ><sup>48</sup>

**Resumo:** Com a difusão da metodologia de gerenciamento de projetos nas organizações criou-se a necessidade da organização da estrutura que irá absorver toda essa metodologia de gerenciamento. Para que o gerente de projetos consiga desempenhar suas habilidades e o time do projeto desenvolva com eficácia é necessário estruturar o ambiente de trabalho. Este artigo apresenta alguns modelos da estrutura organizacional relacionando as vantagens e desvantagens para que a estrutura possa adequar-se de acordo com a necessidade do ambiente atual e assim ter um ambiente preparado onde o gerente de projetos possua a autonomia necessária para gerenciar o projeto de forma que atenda todos os requisitos necessários em conjunto com o time do projeto otimizando tempo e recursos.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Projetos. Estrutura Organizacional. Estrutura do Escritório de Projetos

---

<sup>45</sup> <Engenheiro Eletricista – UNOPAR>, <renan.salvador@gmail.com>

<sup>46</sup> <Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais – UNESP>, <Katielly.Santos@pr.senai.br>

<sup>47</sup> <Flávio Antunes Ferreira>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <[flaviologo@yahoo.com.br](mailto:flaviologo@yahoo.com.br)>

## **Inovação e Tecnologia**

### **1. INTRODUÇÃO**

O Gerenciamento de Projetos é totalmente dinâmico porque a cada novo projeto que surge o gerente é convidado a desenvolver ou aprimorar algum processo utilizado anteriormente, para que os processos sejam executados melhores que os anteriores. Com essa movimentação dinâmica os executivos perceberam que as organizações também devem acompanhar esse dinamismo do mercado, ou seja, elas devem possuir a capacidade de se reestruturar rapidamente de acordo com a necessidade imposta pelo mercado. (KERZNER, 1992)

A estrutura organizacional da empresa pode ser apresentada de diversas formas dependendo da cultura que está inserida. Segundo Slack et al. (1996) as estruturas mais conhecidas e utilizadas são: A projetizada; a funcional e as matriciais (fraca, equilibrada ou forte).

A escolha da estrutura é determinante para que a empresa atinja os objetivos propostos. Para Verzuh (2000) essa escolha tem impacto direto na hierarquia e autoridade exercida pelo Gerente de Projeto na organização.

### **2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO**

Muitos trabalhos discutem qual estrutura apresenta melhor desempenho

---

<sup>48</sup> <Mestre em Engenharia Mecânica – UNESP>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <tiago\_silv@hotmail.com>

## **Inovação e Tecnologia**

nos processos utilizados e os aspectos positivos e negativos exercidos em cima da equipe e do projeto.

Conforme apresentado com Kerzner (1992) a estrutura funcional, vista como a tradicional por ter sido utilizada primeiro pelas organizações, pode não ser a melhor alternativa de acordo com os cinco indicadores a seguir:

- Projetos são executados dentro do escopo previsto, mas os envolvidos com o projeto não estão contentes com os resultados obtidos;
- Mesmo com um grande compromisso na execução do projeto, existe uma grande variação na performance;
- Peças-chaves do grupo do projeto se sentem excluídos por não terem oportunidade de demonstrar sua capacidade;
- Integrantes do grupo do projeto não satisfeitos por falhas nas entregas reclamam constantemente uns dos outros;
- Os gerentes ficam satisfeitos com as habilidades técnicas presentes na sua equipe mas existem falhas no escopo do projeto.

Já a estrutura projetizada, que surgiu depois da estrutura funcional, tem um maior índice de disseminação nas organizações por possuir maiores benefícios para a organização. É citado em Meredith e Mantel (2000) quatro razões principais que levaram a popularização desse modelo de estrutura:

- Grande parte da alta administração das organizações não se sente muito confiante na coordenação e entendimentos dos processos que ocorrem nas empresas;
- A orientação à necessidade dos clientes e a velocidade de resposta solicitada é uma exigência para conseguir sucesso nos

## **Inovação e Tecnologia**

projetos inseridos nos dias atuais;

- A constante evolução da tecnologia e processos tende a desestabilizar a estrutura comum das organizações;

- O desenvolvimento de novas soluções e produtos reúnem informações das mais diversas áreas de conhecimento.

- 

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

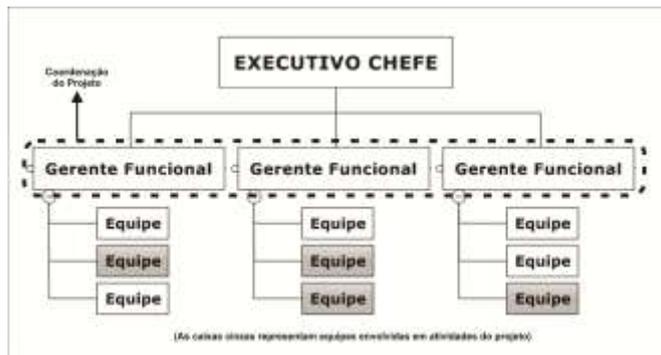
Kerzner (2001) reforça que não existe um único modelo ou metodologia de estrutura organizacional, pois a estrutura deve se adequar ao ambiente que está sendo executado o projeto.

São notáveis as diferenças entre as estruturas organizacionais nos comparativos mostrados abaixo com organogramas e as vantagens e desvantagens de cada modelo de estrutura.

Na Figura 1 é mostrado o organograma da estrutura funcional que é operada através de uma hierarquia que contempla nos níveis superiores membros agrupados por especialidades funcionais, como por exemplo, marketing, engenharia e contabilidade. Esses grupos funcionais podem ser subdivididos em pequenas organizações funcionais, como engenharia elétrica e mecânica. Nesse modelo cada membro da equipe possui um superior bem definido e cada departamento realiza seus projetos de forma independente dos outros departamentos. (PMBOK, 2008)

## Inovação e Tecnologia

**Figura 1:** Estrutura Organizacional Funcional



Fonte: PMBOK, 2008 (traduzido pelo autor)

No Quadro 1 verificamos as vantagens e desvantagens do modelo de estrutura funcional da organização.

**Quadro 1:** Vantagens e Desvantagens da Estrutura Funcional

| VANTAGENS  | DESVANTAGENS  |
|--|---|
| Os recursos humanos são bem flexíveis de acordo com a necessidade do projeto         | As atividades do departamento de gerência de projetos não estão focados no cliente    |
| Existe um compartilhamento dos especialistas entre projetos com diferentes objetivos | A estrutura funcional tende a orientar-se em direção das suas atividades particulares |
| Os especialistas se reúnem com membros da mesma área para                            | Nenhum membro específico possui responsabilidade total                                |

## Inovação e Tecnologia

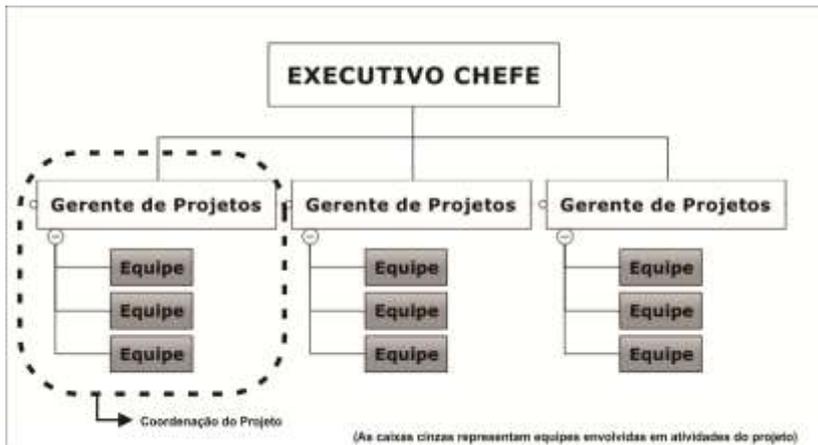
|  |  |
|--|--|
| compartilhar conhecimento e lições aprendidas  | sobre o projeto  |
| O departamento funcional é o <i>backup</i> se houver necessidade temporária ou permanente de integrantes do projeto                    | Existe lentidão ao atendimento das necessidades do cliente                         |
| A estrutura funcional direciona um caminho natural de desenvolvimento para os membros da equipe que detêm a habilidade nessa estrutura | Subestimar o projeto é uma ação que tende a acontecer frequentemente               |
|  | A motivação da equipe do projeto tende a ser menor que o necessário para o projeto |

Fonte: MEREDITH e MANTEL, 2000, adaptado pelo autor.

A estrutura projetizada se diferencia das outras estruturas por se distribuir de forma diferente nas organizações. Não existe a definição de hierarquia superior entre funcionários e gerentes funcionais, mas sim, apenas uma equipe de projetos que responde diretamente ao gerente de projetos e essas equipes geralmente são alocadas por projetos específicos conforme mostrado Figura 2. (PMBOK, 2008)

## Inovação e Tecnologia

**Figura 2:** Estrutura Organizacional Projetizada



Fonte: PMBOK, 2008 (traduzido pelo autor)

No Quadro 2 são mostradas as vantagens e desvantagens da utilização desse modelo de estrutura organizacional.

**Quadro 2:** Vantagens e Desvantagens da Estrutura Projetizada

| VANTAGENS   | DESVANTAGENS  |
|---|---|
| A autoridade total do projeto é concedida ao Gerente de Projetos          | Comumente ocorre duplicidade de trabalho quando a organização possui vários projetos em paralelo                                  |
| Todos os membros da equipe de projetos reportam-se ao Gerente de Projetos | A disponibilidade dos especialistas são realocados ao projeto não devido a necessidade do mesmo, mas sim quando estão disponíveis |

## Inovação e Tecnologia

|   |  |
|---|--|
| <p>O gerenciamento de comunicações é facilitada em comparação a estrutura funcional</p>   | <p>Os projetos que envolvem alta tecnologia tendem a sofrer com a indisponibilidade de especialistas que são acionados constantemente pelo Gerente de Projetos</p> |
| <p>Tendência a desenvolver um alto nível de comprometimento com os objetivos do projeto devido a forte identidade própria dos membros</p> | <p>Existe uma tendência a inconsistência no cumprimento das políticas e procedimentos do ambiente da Organização</p>   |
| <p>Maior possibilidade de tomada de decisões em curto espaço de tempo</p>   | <p>Não é declarado o destino dos membros do projeto após a conclusão no qual gera considerável incerteza por parte dos mesmos</p>                                  |
| <p>Existe unidade de coordenação e comando dentro do presente</p>   |  |
| <p>Estruturas projetizadas apresentam estrutura simplificada com implantação simples e maior entendimento e compreensão pela equipe</p>   |  |

Fonte: MEREDITH e MANTEL, 2000, adaptado pelo autor.

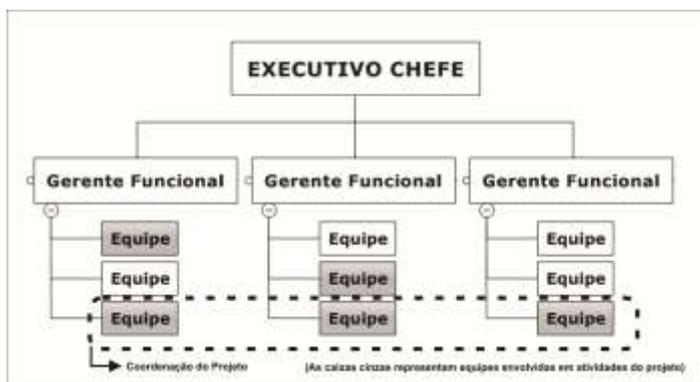
A estrutura matricial é uma das mais utilizadas atualmente nas

## Inovação e Tecnologia

organizações. Ela possui três subdivisões: Matricial Fraca, Matricial Balanceada e Matricial Forte. Verifica-se nas Figuras 3 a 5 que as estruturas organizacionais matriciais detêm características muito fortes das estruturas projetizadas e funcionais.

Na estrutura organizacional matricial fraca o papel do gerente de projetos muitas vezes é semelhante ao de um coordenador ou um facilitador do projeto e possuem características semelhantes a estrutura organizacional funcional. (PMBOK, 2008)

**Figura 3:** Estrutura Organizacional Matricial Fraca



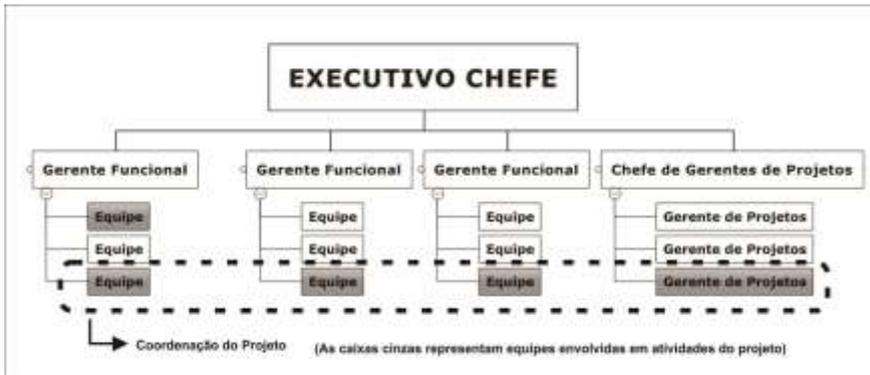
Fonte: PMBOK, 2008 (traduzido pelo autor)

Já na estrutura organizacional forte nota-se que existem membros da organização com especialidades na área administrativa que participam no projeto em tempo integral e o gerente de projetos também pode exercer em tempo integral a sua atuação para alcançar os objetivos do projeto. Essa estrutura assemelha-se muito a estrutura projetizada e o gerente de projetos

## Inovação e Tecnologia

possui maior autoridade na tomada de decisões. (PMBOK, 2008)

**Figura 4:** Estrutura Organizacional Matricial Forte



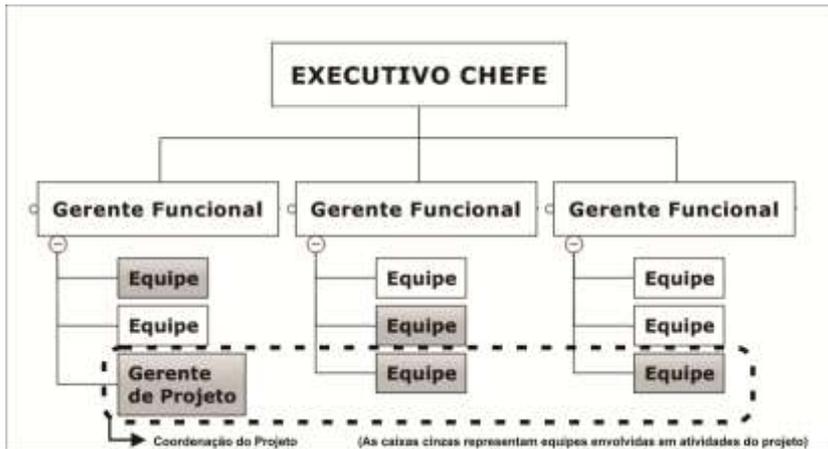
Fonte: PMBOK, 2008 (traduzido pelo autor)

Na organização matricial balanceada, vista na Figura 5, é apresentada uma junção das outras duas organizações matriciais, a fraca e a forte. Essa estrutura reconhece a necessidade de um gerente de projetos, mas não force autoridade total sobre as fases do projeto.

Em resumo sobre as estruturas organizacional matricial, nas fracas o gerente funcional possui maior autoridade que o gerente de projetos e na forte o tratamento é contrário, o gerente de projetos possui maior autoridade sobre o gerente funcional e a matricial composta tenta reunir as qualidades de ambos extremos. (PMBOK, 2008)

## Inovação e Tecnologia

**Figura 5:** Estrutura Organizacional Matricial Balanceada



Fonte: PMBOK, 2008 (traduzido pelo autor)

O Quadro 3 mostra a vantagem e desvantagem da utilização da estrutura organizacional matricial.

**Quadro 3:** Vantagens e Desvantagens da Estrutura Matricial

| VANTAGENS  | DESVANTAGENS   |
|--|--|
| <p>Existe um responsável superior de todo o projeto: o Gerente de Projetos</p> | <p>Não é bem definida as autoridades para tomadas de decisões dentro da equipe, podendo gerar demora em processos que necessitem de autorizações</p> |

## Inovação e Tecnologia

|  |   |
|--|---|
| A capacidade técnica da organização é utilizada constantemente devido ao projeto estar distribuído ao longo dos departamentos da empresa | Concorrência dos recursos técnicos por parte dos Gerentes de Projetos fazendo com que possam não ser utilizados esses recursos da melhor maneira possível |
| Não existe muita preocupação com o destino dos membros do projeto após a finalização   | O problema nas entregas dos projetos na estrutura matricial forte é tão grave quanto a estrutura projetizada  |
| As respostas aos clientes são mais rápidas e eficientes  | É necessário que o Gerente de Projetos utilize a habilidade de negociação com os Gerentes Funcionais  |
| Existe uma grande flexibilidade na estrutura matricial   | A estrutura matricial não utiliza comando central, cada membro da equipe responde ao Gerente de Projetos e ao Gerente Funcional                           |
| As unidades administrativas da organização estão representadas no projeto  |   |

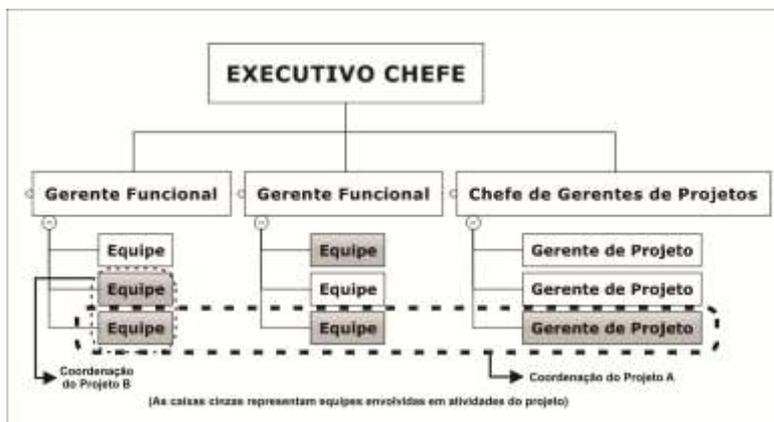
Fonte: MEREDITH e MANTEL, 2000, adaptado pelo autor

Não necessariamente uma empresa utiliza somente um modelo de estrutura organizacional. Quando a organização possui vários modelos em sua estrutura definimos que essa empresa possui uma estrutura

## Inovação e Tecnologia

organizacional composta, ou seja, uma empresa que tenha enraizada em sua cultura a estrutura organizacional funcional pode criar uma equipe de projeto especial que utilize uma estrutura projetizada. Essa equipe pode incluir membros de diferentes departamentos que trabalhem em tempo integral no projeto mesmo sendo de gerências funcionais e também podem desenvolver procedimentos operacionais próprios de acordo com a necessidade do projeto e podem operar fora os padrões de hierarquia da organização. A Figura 6 mostra um exemplo de estrutura organizacional composta. (PMBOK, 2008)

**Figura 6:** Estrutura Organizacional Composta



Fonte: PMBOK, 2008 (traduzido pelo autor)

Ainda no âmbito das estruturas organizacionais são citados os ativos de processos organizacionais. Esses são todas as entradas que fazem os processos fluírem dentro das estruturas organizacionais, como por exemplo, processos, planos, políticas, bases de conhecimento de lições aprendidas e processos

## Inovação e Tecnologia

gerais do projeto. É incluso nessa questão todo e qualquer artefato, conhecimento ou prática de qualquer um ou de todos os membros da organização que estão envolvidos nos projetos.

O PMBOK (2008) divide esses ativos em dois grupos: Processos e Procedimentos; e Base de Conhecimento Corporativa. No Quadro 4 estão listados os ativos mais comuns utilizados na condução dos mais diversos projetos separados nos dois grupos citados acima.

**Quadro 4:** Ativos Mais Comuns Utilizados nos Processos e Procedimentos do Projeto

| <b>PROCESSOS E PROCEDIMENTOS</b>  |
|---|
| Processos organizacionais como, por exemplo, ciclo de vida de projetos, procedimentos de qualidade ou políticas e produtos. |
| Requisitos ou guias para fechamento de projetos.  |
| Requisitos de comunicação nas estruturas.   |
| Procedimentos para o gerenciamento de riscos.   |
| Guias, normas ou padrões de trabalho.   |
| Procedimentos para o gerenciamento de mudanças.   |

## Inovação e Tecnologia

|  |
|--|
| Procedimentos para o gerenciamento de custos |
| Procedimento para a gestão da qualidade.     |

Fonte: *PMBOK*, 2013, com adaptações.

### Quadro 5: Ativos Mais Comuns Utilizados com Base de Conhecimento

Corporativa

| <b>BASE DE CONHECIMENTO<br/>CORPORATIVA</b>              |
|--|
| Lições aprendidas e informações de projetos passados.    |
| Banco de dados financeiro.                               |
| Gerenciamento de configurações de bases de conhecimento. |
| Arquivos de projetos passados.                           |
| Banco de dados de processos de medição.                  |
| Banco de dados de processos de qualidade.                |

Fonte: *PMBOK*, 2013, com adaptações.

Conforme apresentado no *PMBOK* (2008) esses ativos, tanto de processos e procedimentos quanto os de base de conhecimento corporativa,

## **Inovação e Tecnologia**

não se limitam aos apresentados pelo mesmo. Cada organização pode criar seus próprios ativos de acordo com a necessidade da organização ou dos objetivos do projeto operado pela empresa.

### **4. CONCLUSÃO**

Através da análise literária das estruturas organizacionais aplicadas ao gerenciamento de projetos é possível validar que os objetivos e modelos estruturais são, em sua maioria, os mesmos utilizados em organizações com maturidade no gerenciamento de projetos.

Uma estrutura organizacional de projeto cuida da aplicação dos conceitos do gerenciamento de projetos dentro da organização e ela pode apresentar-se de formas diferentes dependendo do projeto ou organização que é aplicado.

Os pontos positivos de utilizar a estrutura organizacional no gerenciamento de projetos são: Maior envolvimento da equipe, dos gerentes funcionais, dos gerentes de projetos e da alta gerência da organização. A escolha adequada da estrutura de acordo com o ambiente inserido deve estar diretamente ligada a estratégia da empresa e este é um fator crítico de sucesso na implantação da nova estrutura.

### **REFERÊNCIAS**

KERZNER, Harold. **Project Management: A Systems Approach to**

## **Inovação e Tecnologia**

Planning, Scheduling, and Controlling. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1992.

**Project Management:** A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Nova York: John Wiley & Sons, Inc, 2001.

MEREDITH, Jack R.; MANTEL Jr., Samuel J. **Project management a managerial approach.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to Project Management Body of Knowledge.** 4a Edição. Newtown Square, 2008.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de Projetos.** 6 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

**Manual Prático do Plano de Projeto.** 4 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

VERZUH, E. **MBA Compacto Gestão de Projetos.** Rio de Janeiro: Campus, 2000.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo XVI – A Gestão De Projetos: Sua Importância E O Papel Do Gerente De Projetos

<RENAN VINICIUS SALVADOR><sup>49</sup>  
<KATIELLY TAVARES DOS SANTOS><sup>50</sup>  
<FLÁVIO ANTUNES FERREIRA><sup>51</sup>  
<TIAGO DA SILVA><sup>52</sup>

**Resumo:** O gerenciamento de projetos está sendo utilizado frequentemente nas organizações como forma de realização do plano estratégico de competitividade no mercado. Todo projeto, ou seja, qualquer esforço necessário para criação de um novo produto, serviço ou resultado exclusivo, necessita de ferramentas para que torne tangível a finalização dos objetivos propostos de forma que os o custo, prazo e tempo do projeto não traga prejuízos para a organização. Neste sentido este artigo tem como objetivo apresentar em uma pesquisa literária esclarecendo o que é um projeto, qual a sua necessidade e qual é o papel do gerente de projetos na gestão de um projeto.

**Palavras-chave:** Projetos. Gerenciamento. PMBOK. PMI.

---

<sup>49</sup> <Engenheiro Eletricista – UNOPAR>, <renan.salvador@gmail.com>

<sup>50</sup> <Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais – UNESP>, <Katielly.Santos@pr.senai.br>

<sup>51</sup> <Flávio Antunes Ferreira>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <[flaviologo@yahoo.com.br](mailto:flaviologo@yahoo.com.br)>

<sup>52</sup> <Mestre em Engenharia Mecânica – UNESP>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <[tiago\\_silv@hotmail.com](mailto:tiago_silv@hotmail.com)>

## **Inovação e Tecnologia**

**Abstract:** Project management is being frequently used in organizations as a way of achieving the strategic plan for market competitiveness. Every project, ie any necessary effort to create a new product, service or result, you need tools to make tangible the completion of the proposed objectives so that the cost, time and design time does not bring harm to organization. In this sense this article aims to present in a literary research clarifying what is a project, what your need and what is the role of the project manager in managing a project.

**Key-words:** Project. Management. PMBOK. PMI. Best Practices.

### **1. INTRODUÇÃO**

Um projeto é um esforço temporário que tem como resultado final a criação de um produto, serviço ou resultado exclusivo. Por ser um esforço temporário todo projeto possui um inicio, meio e fim bem definidos.

O projeto pode ser realizado em qualquer nível hierárquico da organização, envolver várias pessoas, envolver mais de uma organização e demorar meses ou anos para ser concluído. O projeto só é finalizado quando os objetivos tratados na iniciação do projeto forem alcançados de maneira satisfatória ou quando o projeto não for mais necessário na organização.

Segundo o PMBOK (2013), o gerenciamento de projetos consiste em

## **Inovação e Tecnologia**

aplicar os conhecimentos, habilidades, técnicas e ferramentas necessárias aos processos do projeto para que sejam atendidos todos os seus requisitos e objetivos.

No decorrer deste trabalho apresentaremos essas técnicas, habilidades, ferramentas e conhecimentos tendo como base *Project Management Body Knowledge (PMBOK)* publicado pelo *Project Management Institute (PMI)* através de um estudo literário das melhores práticas utilizadas para o gerenciamento de projetos.

## **2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO**

### **2.1 O Gerenciamento de Projetos**

Percorrendo através da evolução da sociedade encontramos vários fatos que nos mostram que a ideia de gerenciamento de projetos já era desenvolvida desde os primórdios pelas civilizações e organizações. Temos como provas disso os grandes feitos dos tempos antigos como, por exemplo, as Pirâmides do Egito, A Grande Muralha da China, o canal do Panamá entre outros que necessitaram de planejamento e coordenação para a conclusão do trabalho estipulado.

Um fato interessante sobre o pensamento a respeito da organização de um trabalho, ou seja, do gerenciamento de um projeto, encontramos em uma das literaturas mais antigas do mundo, a bíblia. Em um de seus livros, o do evangelista Lucas, a seguinte parábola é dita por Jesus:

## Inovação e Tecnologia

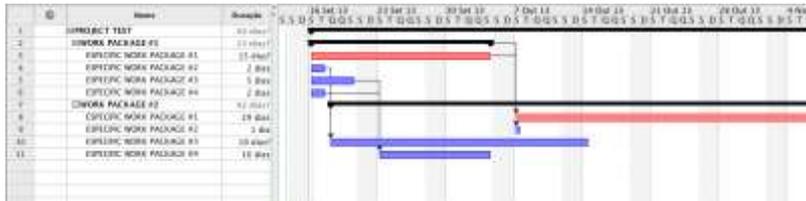
Com efeito: qual de vós, querendo construir uma torre, não se senta primeiro e calcula os gastos, para ver se tem o suficiente para terminar? Caso contrário, ele vai lançar o alicerce e não será capaz de acabar. E todos os que virem isso começarão a caçoar, dizendo: Este homem começou a construir e não foi capaz de acabar! (BIBLIA, s.d.)

A ideia do gerenciamento de projetos percorreu também as grandes revoluções que ocorreram em nossa sociedade. A Revolução Industrial trouxe grande necessidade da alteração do formato da estrutura que estava como base da economia ocidental forçando assim, como principal consequência, a criação do capitalismo industrial. Neste momento da história, o Estado enxerga que existe a necessidade de orientar e sistematizar a forma de administrar estas organizações que na maioria das vezes regiam projetos patrocinados pelo próprio Estado. (STEARNS, 1998)

O gerenciamento de projetos começou a tomar forma e ser visto como ciência em meados da década de 40 nos Estados Unidos e o seu grande precursor foi Henry Gantt que conseguiu juntar suas ideias de planejamento e controle com as teorias de administração científica de Winslow Taylor, criando assim o gráfico de barras horizontais que relaciona tempo e pacotes de trabalho para controle dos projetos. A Figura 1 ilustra um exemplo do gráfico de Gantt. (CHIU, 2010)

**Figura 1:** Exemplo do Gráfico de Gantt

## Inovação e Tecnologia



Fonte: Da pesquisa, utilizando o software *OpenProject*.

Algumas outras técnicas utilizadas nesta época foram o *PERT* e *CPM* que mais tarde, devida a semelhança entre ambos, vieram a ser usadas juntas. O método *PERT* utiliza um cálculo através de três durações possíveis de um pacote de trabalho e com esses dados é gerada uma média para aproximação do tempo real de execução da tarefa. Já o método *CPM* realiza uma apuração do caminho crítico e está vinculado diretamente ao gerenciamento do tempo e riscos do projeto, pois utiliza ferramentas matemáticas de acordo com o tempo estipulado em cada pacote de trabalho para obter os resultados esperados. (CUKIERMAN, 2009)

Em meados da década de 50, os Estados Unidos criaram secretamente uma cidade com milhares de trabalhadores que foram obrigados a manter segredo sobre a existência da cidade e dos trabalhos que eram realizados, o Projeto Manhattan. Esse projeto teve como objetivo principal a criação de armas nucleares para Segunda Guerra Mundial (1939) com o objetivo de o Estados Unidos sair na frente da Rússia na corrida nuclear. (GOSLING, 1999)

Alguns anos após a Segunda Guerra Mundial, John F. Kennedy, Presidente dos Estados Unidos, mais uma vez querendo estar a frente da

## Inovação e Tecnologia

Rússia, por meio da *NASA* lançou o projeto *Apollo11* que teve uma complexidade fora do entendimento da sociedade, levar uma nave tripulada à Lua e garantir o retorno da nave e tripulação com segurança. O projeto envolveu milhares de pessoas, um alto custo de investimento em tecnologia além do prazo estipulado pelo Governo para lançar o homem até a Lua antes da Rússia. (GREENE, 2012)

Estes, entre outros, projetos serviram de base para que em 1969 cinco pessoas com conhecimento nas ideias utilizadas e conhecidas sobre gerenciamento de projetos até o momento formassem o *PMI*<sup>®</sup>. A primeira reunião reuniu cerca de 80 pessoas no *Georgia Institute of Technology* em Atlanta, Geórgia, EUA, e logo depois vieram a constituir oficialmente a associação na Pensilvânia, EUA. Desde então o *PMI*<sup>®</sup> reuniu diversas vezes seus membros que traziam experiências vividas no dia a dia dos processos ocorridos nos projetos que atuavam. Durante essas reuniões surgiu a necessidade da criação da certificação dos profissionais que atuavam na área do gerenciamento de Projetos, foi então que em 1984 surgiu a certificação *PMP*<sup>®</sup>. Alguns anos depois, em 1987, esses profissionais certificados e membros do *PMI*<sup>®</sup> escreveram um *White Paper*, que mais tarde viraria um livro, com as melhores práticas utilizadas em diversos projetos que os mesmos eram responsáveis, foi assim que surgiu o *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*<sup>®</sup> que hoje está em sua 5<sup>a</sup> edição e aborda 10 áreas de conhecimento a respeito do gerenciamento de projetos que descreveremos ao longo deste trabalho. Atualmente o *PMI*<sup>®</sup> conta com mais de 240.000 associados espalhados entre 160 países, e que atuam nas

## Inovação e Tecnologia

mais diversas áreas inclusive tecnologia da informação, instituições financeiras, agências governamentais, agências de defesa nacional e aeroespacial, telecomunicações, engenharia e construção, saúde e muitos outros. O PMI além da certificação PMP conta com mais sete certificações, são elas: *CAPM*<sup>®</sup>, *PgMP*<sup>®</sup>, *PfMP*<sup>SM</sup>, *PMI-ACP*<sup>®</sup>, *PMI-RMP*<sup>®</sup>, *PMI-SP*<sup>®</sup> e *OPM3*<sup>®</sup>. (*PMI-SP*, 2012)

O projeto é definido como um esforço temporário para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. De maneira geral o gerenciamento de projetos é a junção e aplicação de habilidades, ferramentas, conhecimento e técnicas às atividades do projeto para atender de forma satisfatória aos requisitos do projeto. (*PMBOK*, 2013)

Todo projeto em sua essência possui início, meio e fim bem definidos. Essas três etapas são descritas no *PMBOK*<sup>®</sup> da seguinte maneira: Iniciação, Planejamento, Execução e Controle e Finalização. Dentro de cada fase existe sub-processos conhecidos como áreas de conhecimento que são: Integração, Escopo, Tempo, Custos, Qualidade, Recursos Humanos, Comunicação, Riscos, Aquisições e Análise de *Stakeholders*. (*PMBOK*, 2013)

Cada área de conhecimento contempla processos que ajudam a desenvolver o projeto da melhor forma possível e por ser uma guia, não é regra utilizar todos os processos apresentados no *PMBOK*<sup>®</sup>, cabe ao Gerente de Projetos o discernimento de quais são as melhores práticas que serão necessárias para o projeto a desenvolver.

## Inovação e Tecnologia

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Necessidade do Gerenciamento de Projetos

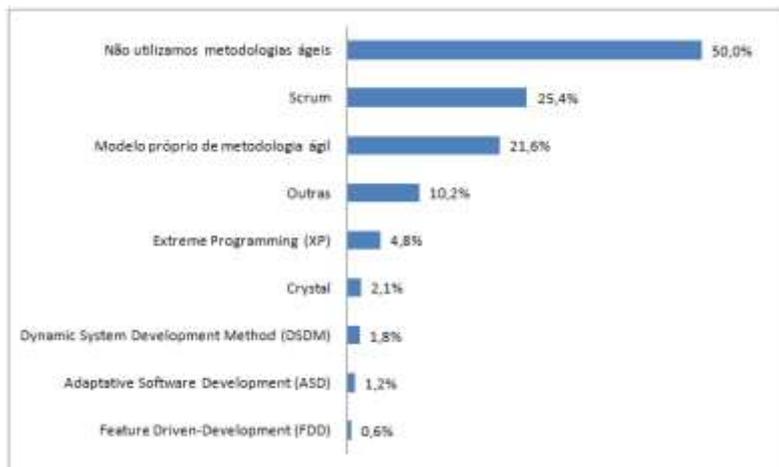
A necessidade de mudança e evolução é constante. O mundo corporativo exige que as instituições, governamentais e privadas independentes do tamanho, operem projetos com investimentos na casa de bilhões de dólares no qual envolvam um planejamento e controle de alto risco, equipes de grande contingente, objetivos específicos, prazos reduzidos, controle de custos e clientes exigentes. A construção de uma plataforma de petróleo, edificação de estádios de futebol, desenvolvimento de um novo modelo de aeronave, criar um novo software corporativo são alguns exemplos da rotina de um gerente de projetos que contempla atividades tão sistêmicas e complexas como essas.

A economia atual espera que as empresas criem a excelência em desenvolvimento de projetos, desde o desenvolvimento de uma funcionalidade no *ERP* até a criação de um produto complexo de engenharia. O estado da arte que as instituições esperam dos gerentes de projetos é que executem projetos com o menor custo possível, dentro do prazo estipulado no cronograma, com alta qualidade no produto final e realize uma integração harmoniosa entre todos os envolvidos no projeto. Por causa dessa necessidade foram criados vários outros métodos de gerenciamento de projetos que derivam das melhores práticas do *PMI*<sup>®</sup> e que focam em necessidades específicas como, por exemplo, o *SCRUM*<sup>®</sup>, *ITIL*<sup>®</sup>, *CMMI*<sup>®</sup>,

## Inovação e Tecnologia

*Crystal, XP, ASD, DSDM, FDD*, entre outros. Anualmente o *PMI*<sup>®</sup> realiza um *Benchmarking*<sup>53</sup> em diversas empresas para criarem índices a respeito do gerenciamento de projetos. No Gráfico 1 verifica-se o comparativo entre os métodos de metodologias ágeis mais utilizadas.

**Gráfico 1:** Tipos de Metodologias Ágeis para Gerenciamento de Projetos Utilizadas



Fonte: *PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE CHAPTERS*, 2012

Pode-se analisar no Gráfico 1 que os métodos ágeis somam metade das empresas pesquisadas e a cada ano vem aumentando essa diversidade. O terceiro lugar do ranking dessa pesquisa, Utilizam métodos ágeis próprios, é um exemplo de que as empresas criam seu método de gerenciamento de projetos tendo como base o *PMI*<sup>®</sup>.

Nos últimos anos, por causa dessa constante e atual necessidade a

---

<sup>53</sup> Termo em Inglês para uma fonte de comparação dos melhores métodos e/ou resultados por meio de pesquisa utilizada como referência para o meio do Gerenciamento de Projetos.

## Inovação e Tecnologia

respeito do gerenciamento de projetos, diferentes órgãos regulamentadores de normas nacionais e internacionais criaram procedimentos para padronizar termos e processos referentes a este tema. A primeira norma que teve em seu contexto o gerenciamento de projetos foi a ISO 10006 que abordava em seu objetivo principal a Gestão de Qualidade e alguns tópicos relacionados às áreas de conhecimento do *PMBOK*<sup>®</sup>. Com a popularização do gerenciamento de projetos a *ISO* em conjunto com órgãos do mundo inteiro, inclusive a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), publicou em 2012 a norma regulamentadora *ISO 21500* que trata especificamente do Gerenciamento de Projetos. Nesta norma são tratadas todas as áreas de conhecimento do *PMBOK*<sup>®</sup> atingindo assim o objetivo de padronização nos processos do gerenciamento de projetos. (STANLEIGH, 2012)

Outra instituição eu visa padronizar normas e processos para os profissionais em gerenciamento de projetos é o *IPMA (Internacional Project Management Association)*. Criado em 1965 em Viena, Itália, o *IPMA* possui certificações separadas por níveis, *IPMA Level-A*, *IPMA Level-B*, *IPMA Level-C* e *IPMA Level-D*, sendo o *Level-A* o nível mais alto de certificação. A forma de certificação do *IPMA* vai além da teoria, pois existem testes práticos que certificam as habilidades do profissional que busca a certificação. (IPMABRASIL, 2013)

Mais uma evidência da necessidade de projetos é a Organização das Nações Unidas (ONU) manter um Grupo de Práticas de Gestão de Projetos Sustentáveis do *United Nations Office for Project Services (UNOPS)*, no qual o diretor desse grupo é o brasileiro Ricardo Vargas. A equipe possui 300

## **Inovação e Tecnologia**

gerentes de projetos e um orçamento anual de 1 bilhão de dólares e tem como objetivo criar iniciativas que vão desde construir uma estrada no Afeganistão até erguer uma escola na África. (EXAME, 2013)

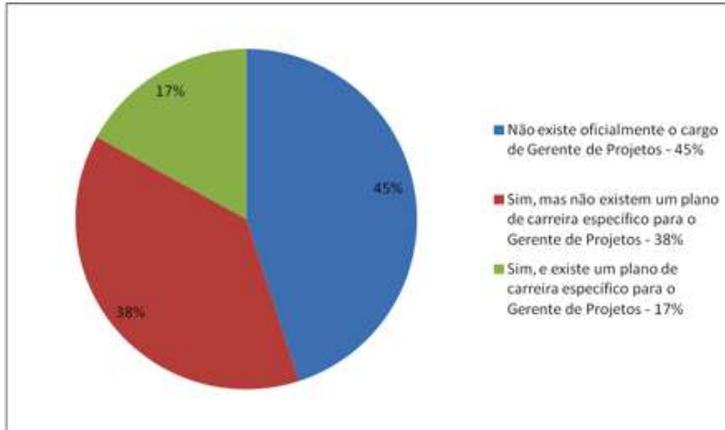
### **3.2 O Gerente de Projetos**

Em uma visão sistêmica, o gerente de projetos é o responsável pela entrega de todos os pacotes de trabalho e os componentes de um projeto. Newton (2011) apresenta em seu trabalho que os gerente de projetos são responsáveis por verificar a necessidade do projeto desenvolvendo o escopo do trabalho, planejá-lo de acordo com as premissas impostas, determinar os recursos necessários, obter esses recursos que serão utilizados conforme cronograma e finalmente gerenciar os riscos para que as tarefas estipuladas sejam concluídas conforme planejado. O Gerente de Projetos, em âmbito literal, é a pessoa escolhida pela organização responsável por atingir os objetivos propostos. (PMBOK, 2008)

De acordo com pesquisas recentes, as vagas de um Gerente de Projetos nas empresas ainda não possuem a formalidade e/ou hierarquia bem definidos. Constata-se essa informação no Gráfico 2 no qual as organizações pesquisadas informaram a existência de formalidade do cargo de Gerente de Projetos. No Gráfico 3 é exposto os cargos das pessoas envolvidas com projetos nas organizações.

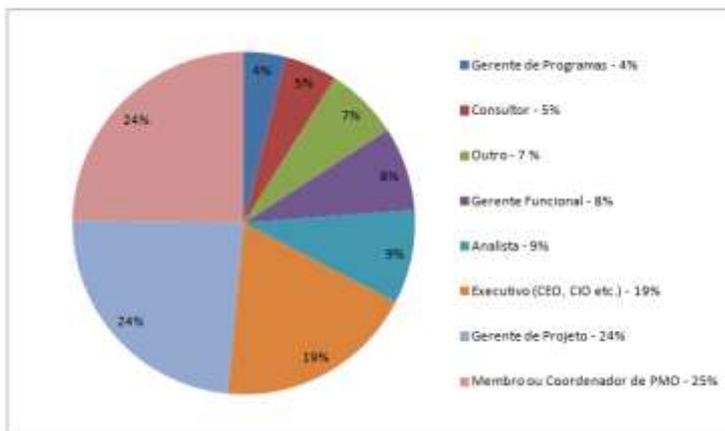
## Inovação e Tecnologia

**Gráfico 2:** O cargo “Gerente de Projetos” existe formalmente na estrutura organizacional?



Fonte: *PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE CHAPTERS, 2012*

**Gráfico 3:** Cargos das Pessoas Envolvidas com Projetos nas Organizações



Fonte: *PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE CHAPTERS, 2012*

## Inovação e Tecnologia

Independente do cargo ou posição do Gerente de Projetos na organização, ele sempre está envolvido em um ambiente no qual estão presentes os *stakeholders*, ou seja, representantes da organização interna ou externa que contribuem para a finalização do projeto. (SBRAGIA, MAXIMIANO, KRUGLIANKAS, 1986)

Verifica-se este ambiente acima na ilustração que Stuckenbruck mostra em sua obra “*Project manager: the system integrator*” apresentado na Figura 2.

**Figura 2:** O Sistema Geral do Projeto



Fonte: STUCKENBRUCK, 1978.

Conforme apresentado em Shtub et al. (1994) o Gerente de Projetos, de forma generalizada, deve ter conhecimento, entusiasmo, força e disposição para enfrentar a difícil tarefa de gerenciar as diversas expectativas do projeto. Para isso ele necessita desenvolver uma combinação de habilidades de diversas áreas como, por exemplo, administrativas, interpessoais e técnicas

## **Inovação e Tecnologia**

para superar os desafios impostos pelo cargo.

Bristol et al. (2010) descreve que o sucesso de um gerente de projetos necessita de um equilíbrio perfeito entre habilidades interpessoais, competências e habilidades conceituais que geram o resultado esperado e, para obter esse resultado esperado, os gerentes de projetos aplicam seus conhecimentos, ferramentas, habilidades e técnicas durante o ciclo de vida do projeto.

As habilidades dos gerentes de projetos torna possível lidarmos com as dificuldades dos mais diversos níveis no gerenciamento de projeto e com isso evitar problemas durante os processos, pois, nem sempre a autoridade formal funciona e é então que entra em papel a habilidade de negociação e tomada de decisões. (MAXIMIANO, 1997)

Existem várias habilidades propostas para o desenvolvimento do gerente de projetos. Todas as habilidades levam para a necessidade de interação com a equipe de trabalho e com os clientes que esperam que o objetivo seja cumprido conforme escopo. Para Newton (2011), felicidade, satisfação ou prazer em favor do cliente é essencial para um gestor de projetos bem sucedido.

Existem dois estudos importantes que falam a respeito das habilidades do gerente de projetos: Shtub, Bard & Globerson (1994) e Kerzner (1992).

Conforme apresentado em Shtub et al. (1994), o gerente de projetos deve desenvolver oito habilidades essenciais para gerenciar com sucesso as ações de desenvolvimento e integração de um projeto. É possível verificar essas habilidades no Quadro 1.

## Inovação e Tecnologia

Verifica-se grande semelhança nas habilidades, comparadas com Shtub et al (1994), descritas por Kerzner (1992) no Quadro 2. Ambos os trabalhos seguem a mesma linha de pensamento a respeito das habilidades necessárias para o gerente de projetos. O *PMI*<sup>®</sup> descreveu na quinta versão do PMBOK muitas das habilidades descritas anteriormente confirmando quais são as habilidades que devem ser desenvolvidas para que o gerente de projetos possa gerenciar com sucesso para atingir os objetivos com satisfação.

**Quadro 1:** Habilidades do Gerente de Projetos Segundo Shtub, Bard & Globerson

| <b>HABILIDADE</b>             | <b>CARACTERÍSTICAS</b>  |
|-------------------------------|---|
| <b>Liderança</b>              | Capacidade de estabelecer metas e de fazer cumpri-las.                    |
| <b>Administrador do Tempo</b> | Capacidade de gerenciar o prazo das atividades do projeto.                |
| <b>Negociador</b>             | Capacidade de negociar com as várias entidades que participam do projeto. |
| <b>Técnico</b>                | Capacidade de definir o objetivo e escopo do projeto.                     |

## Inovação e Tecnologia

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Comunicação</b>           | Capacidade de estabelecer um sistema de informação no projeto.                              |
| <b>Relação com o Cliente</b> | Capacidade de contratar fornecedores e de relacionar-se com os clientes.                    |
| <b>Relação Humana</b>        | Capacidade de gerenciar as relações humanas, resolvendo conflitos e estimulando as pessoas. |
| <b>Orçamento</b>             | Capacidade de elaborar e gerenciar planos financeiros e de desembolso do projeto.           |

Fonte: Sthub, Bard & Globerson (1994), *apud* Rabechini Júnior (2001)

**Quadro 2:** Habilidades do Gerente de Projetos Segundo Kerzner

| <b>HABILIDADE</b>            | <b>CARACTERÍSTICAS</b>                                |
|------------------------------|---|
| <b>Construção de Equipes</b> | Capacidade de formar e gerenciar equipes de trabalho. |

## Inovação e Tecnologia

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Liderança</b>             | Capacidade de influenciar a equipe e os <i>stakeholders</i> do projeto. |
| <b>Resolução de Conflito</b> | Capacidade de identificar e resolver os conflitos no âmbito do projeto. |
| <b>Competência Técnica</b>   | Capacidade de coordenar as ações técnicas do projeto.                   |
| <b>Planejamento</b>          | Capacidade de elaborar planos e executá-los.                            |
| <b>Organização</b>           | Capacidade de estabelecer os critérios de trabalho no âmbito do projeto |
| <b>Empreendedor</b>          | Capacidade de gerar e gerenciar negócios para o projeto.                |
| <b>Administração</b>         | Capacidade de desenvolver técnicas de controle, orçamento e etc.        |
| <b>Suporte Gerencial</b>     | Capacidade de gerenciar <i>stakeholders</i> - principalmente com a alta |

## Inovação e Tecnologia

|                        |   |
|------------------------|---|
|                        | administração.  |
| <b>Alocar Recursos</b> | Capacidade de estabelecer os recursos necessários às várias fases do projeto. |

Fonte: Kerzner (1992), *apud* Rabechini Júnior (2001)

**Quadro 3:** Habilidades do Gerente de Projetos Segundo PMBOK

| <b>HABILIDADE</b>         | <b>CARACTERÍSTICAS</b>  |
|---------------------------|---|
| <b>Liderança</b>          | Capacidade de concentrar esforços de um grupo de pessoas em direção a um objetivo comum.  |
| <b>Construção de Time</b> | Capacidade de auxiliar a equipe, unidos por um objetivo final, a trabalhar de modo interdependente entre si com as diversas partes envolvidas no projeto. |
| <b>Motivação</b>          | Capacidade de desenvolver um ambiente para atender os objetivos do projeto oferecendo a máxima satisfação relacionada ao que a equipe mais preza.         |

## Inovação e Tecnologia

|  |  |
|--|--|
| <b>Comunicação</b>                     | Capacidade de aprimorar as relações entre os membros da equipe e membros externos.   |
| <b>Influência</b>                      | Capacidade de dividir o poder e confiar nas habilidades interpessoais para fazer com que outros cooperem para o alcance de objetivos comuns.                                   |
| <b>Tomada de Decisão</b>               | Capacidade de tomar decisões envolvendo aspectos de comando, consulta, consenso ou aleatório influenciado por fatores de restrição de tempo, confiança, qualidade e aceitação. |
| <b>Consciência Cultural e Política</b> | Capacidade de desenvolver a utilização da política e poder dentro da cultura da empresa.   |
| <b>Negociação</b>                      | Capacidade de criar estratégias de deliberação com as partes sobre os objetivos, em comum ou divergentes, visando o compromisso de se chegar a um acordo.                      |

## Inovação e Tecnologia

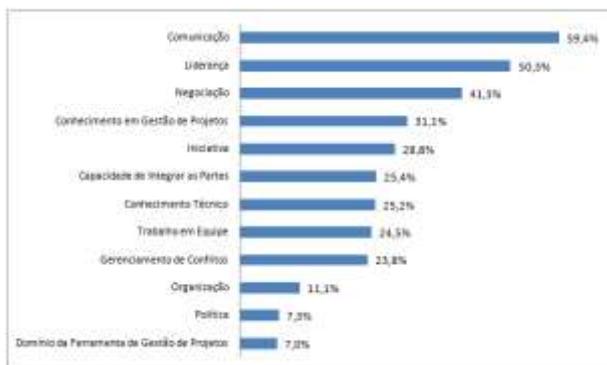
|  |  |
|--|--|
| <p><b>Construção de Relação de Confiança</b></p> | <p>Capacidade de gerenciar a cooperação, compartilhamento de informações e a resolução eficaz de problemas.</p>                                    |
| <p><b>Gerenciamento de Conflitos</b></p>         | <p>Capacidade de identificar as causas de conflitos e gerenciá-las ativamente minimizando o potencial de impactos negativos.</p>                   |
| <p><b>Coaching</b></p>                           | <p>Capacidade de desenvolver e ajudar pessoas a reconhecer o seu potencial auxiliando o desenvolvimento das habilidades dos membros da equipe.</p> |

Fonte: PMBOK (2013), *apud* SOTILLE (2012)

É necessário que o Gerente de Projetos desenvolva constantemente essas habilidades descritas no Quadro 3 a fim de acompanhar as necessidades da área em que atua para conseguir gerenciar os projetos e atingir os objetivos. Na pesquisa de *Benchmarking* do *PMI* as empresas descrevem quais são as principais habilidades mais valorizadas que são demonstradas no Gráfico 4.

## Inovação e Tecnologia

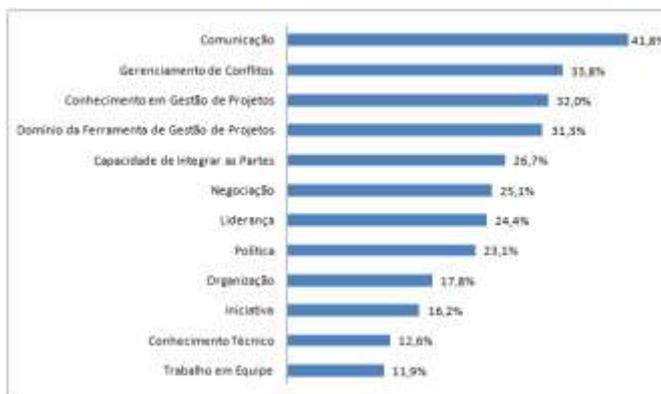
**Gráfico 4:** Principais habilidades necessárias e valorizadas ao gerenciar projetos nas organizações



Fonte: *PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE CHAPTERS*, 2012

É analisado no Gráfico 5 as principais deficiências que os Gerentes de Projetos apresentam nas organizações conforme ilustrado no *Project Management Institute Chapters* (2012).

**Gráfico 5:** Principais deficiências dos gerentes de projetos nas Organizações



## Inovação e Tecnologia

Fonte: *PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE CHAPTERS*, 2012

### 4. CONCLUSÃO

O *PMI*, através do *PMBOK*, oferece as ferramentas necessárias para a gestão de projetos e se forem bem entendidas e aplicadas pelo gerente de projetos e pela organização trazem muitos benefícios para todos os envolvidos no projeto, principalmente para a organização e para os clientes.

O ato de gerenciar um projeto necessita de um alto envolvimento e comprometimento dos envolvidos no projeto, como por exemplo, a equipe do projeto, os patrocinadores, os fornecedores, a alta administração e principalmente do gerente de projetos.

As organizações têm o desafio diário de permanecerem competitivas no mercado e com isso são obrigadas a buscar aperfeiçoamento de suas competências, processos e habilidade dos profissionais para garantir melhores resultados a cada projeto finalizado. Por isso é importante que as organizações criem processos que todos entendam e apliquem de acordo com a necessidade de cada projeto.

A cada projeto finalizado nas organizações a equipe do projeto é transferida para um novo desafio com novas premissas, prazos, problemas a resolver, e objetivos a superar, pois gerenciar um projeto requer coragem de descobrir o desconhecido criando estratégias e metodologias próprias de acordo com o ambiente inserido a cada organização.

## Inovação e Tecnologia

### REFERÊNCIAS

A IPMA. In **IPMABRASIL**. 2013. Disponível em: <  
<http://www.ipmabrasil.org/a-ipma>>. Acesso em 03 de Out. 2013.

**A Guide to Project Management Body of Knowledge**. 5<sup>a</sup> Edição.  
Newtown Square, 2013.

BÍBLIA Sagrada. 8. ed. Brasília: CNBB, [s.d.].

BRISTOL, P.; YEATTS, G.; CARNEIRO, M. F. S. **Fale a linguagem da liderança**. Revista Mundo Project Management. [S.l.], n. 35, p. 62-69, out/nov. 2010.

CHIU, Y.C.. **An Introduction to the History of Project Management**.  
Eburon Uitgeverij B.V., 2010.

CUKIERMAN, Zigmundo Salomão. **O Modelo PERT/CPM Aplicado a Gerenciamento de Projetos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2009.

GREENE, John A. **Apollo 11: In Their Own Words**. Washington: Cia Publishing, 2012.

GOSLING, F.G.. **The Manhattan Project: Making the Atomic Bomb**.  
Diane Publishing, 1999.

KERZNER, Harold. **Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1992.

MAXIMIANO, Antônio Cesar Amaru. **Administração de projetos**. São Paulo: Atlas, 1997.

NEWTON, Richard. **O Gestor de Projetos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

## Inovação e Tecnologia

Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Nova York: John Wiley & Sons, Inc, 2001.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to Project Management Body of Knowledge**. 4<sup>a</sup> Edição. Newtown Square, 2008.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE CHAPTERS. **PMSURVEY.ORG 2012 EDITION**. Disponível em: <<http://www.pmsurvey.org>>. Acesso em: 26 de out. 2013.

RABECHINI JUNIOR, R. **A importância das habilidades do gerente de projetos**. Revista de Administração, São Paulo, v.36, n.1, p.92-100, jan/mar, 2001.

SBRAGIA, R.; MAXIMIANO, A. C. A.; KRUGLIANKAS, I. **O gerente de projetos: seu papel e habilidades**. Revista de Administração, São Paulo, v.21, n3. 1986.

SOTILLE, Mauro. **Grupo de Processos do Gerenciamento de Projetos – Guia PMBOK® 5ª Edição**. Disponível em: <<http://www.pmtech.com.br/artigos>>. Acesso em: 15 de out. 2013.

STUCKENBRUCK, L.C. **Project manager: the system integrator**. Project Manegement Quaterly. 1978.

Sobre o PMI. In **PMI-SP**. 2007. Disponível em: <[http://www.pmissp.org.br/sites/default/files/acervo/ks\\_aboutpmi\\_port\\_v2.pdf](http://www.pmissp.org.br/sites/default/files/acervo/ks_aboutpmi_port_v2.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2013.

STEARNS, Peter N.. **The Industrial Revolution in World History**. 2<sup>o</sup> Edição. Boulder: Westview Press, 1998.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de Projetos**. 6 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

## Inovação e Tecnologia

# Capítulo XVII – Desafios à Implantação Da Gestão Da Manutenção

<FLÁVIO ANTUNES FERREIRA><sup>54</sup>

<ROBERSOM POLIMENI GOES><sup>55</sup>

<KATIELLY TAVARES DOS SANTOS><sup>56</sup>

<ADRIANA GISELI LEITE CARVALHO><sup>57</sup>

<TIAGO DA SILVA><sup>58</sup>

**Resumo:** A gestão da manutenção é atualmente elemento presente em grande número de organizações. A busca da qualificação se tornou obrigatória, principalmente num cenário de mercados abertos e competitivos. Sua implantação, no entanto, não raras vezes, acaba frustrada, quando tempo e dinheiro são desperdiçados nesses projetos de melhoria. A maioria das empresas não possui um setor de manutenção estruturada, tornando a implantação da gestão mais difícil, pois sem dados anteriores, a resposta às expectativas do cliente interno é mais demorada ocasionando maiores gastos com implantação. Este artigo analisa os desafios na implantação da gestão da manutenção, onde será apresentado a importância e os desafios da gestão da

---

<sup>54</sup> <Flávio Antunes Ferreira>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <[flaviologo@yahoo.com.br](mailto:flaviologo@yahoo.com.br)>

<sup>55</sup> <Roberson Polimeni Goes>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <[roberson.goes@pr.senai.br](mailto:roberson.goes@pr.senai.br)>

<sup>3</sup> <Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais (UNESP)>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <[Katielly.Santos@pr.senai.br](mailto:Katielly.Santos@pr.senai.br)>

<sup>4</sup> <Adriana Giseli Leite Carvalho>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <[adriana.carvalho@pr.senai.br](mailto:adriana.carvalho@pr.senai.br)>

<sup>58</sup> <Mestre em Engenharia Mecânica – UNESP>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <[tiago\\_silv@hotmail.com](mailto:tiago_silv@hotmail.com)>

## **Inovação e Tecnologia**

manutenção, bem como alguns procedimentos usados para a implantação e controle da mesma, e as falhas que podemos identificar satisfatórios para a empresa que desejam permanecerem presentes no mercado cada vez mais competitivo. Assim, este artigo se propõe buscar elementos indicativos de como a gestão da manutenção esta diretamente ligada a todos os setores das empresas e não somente na produção onde há alguns desafios no processo de implantação do Sistema de Gestão da Manutenção.

**Palavras-chave:** Sistema de Gestão da manutenção. Implantação. Desafios.

## **1 INTRODUÇÃO**

A adoção da Gestão da manutenção tem aumentado significativamente junto às empresas. Buscam elas, em especial, uma qualificação maior que possa trazer um diferencial competitivo, peça fundamental no mercado vigente (SCHMIDT, 2005).

Este trabalho busca identificar os maiores desafios e as melhores soluções para implantação da gestão da manutenção. Sempre que se fala em manutenção, tem-se a impressão que deve existir muita dificuldade na implantação de um processo de Gestão da Manutenção.

Na atual conjuntura competitiva, quando se busca a inserção, no mundo globalizado, das empresas, a questão manutenção tem fator preponderante na redução de custos. Esse sistema deveria ser tratado como investimento e não como despesa, pois, além de manter determinado bem em funcionamento,

## **Inovação e Tecnologia**

mantém também o processo produtivo, razão de existir da organização (CHIOCHETTA; HATAKEYAM; MARÇAL, 2004).

Além do benefício da gestão, a implantação de um Sistema de Gestão da manutenção é questão de sobrevivência empresarial, pois o cenário atual exige que as organizações busquem redução de custos e otimização de todos os setores da empresa para fazer frente ao mercado altamente competitivo.

Existem diversas ferramentas disponíveis para a implantação de um Sistema de Gestão da manutenção, visto que as literaturas são inovadoras, propiciando técnicas e assessorias que contribuem com eficientes meios de controle, monitoramento e auditorias, oportunizando as empresas condições de uma implantação segura, adequada e com êxito (SCHMIDT,2005)

Porém, nota-se que apesar de todo este arsenal literário, técnico e profissional, muitas vezes o Sistema de Gestão da manutenção não consegue ser implantado ou mantido. Dentre as razões deste desastrado resultado, pode-se citar: funcionários pouco interessados, falta de qualificação da Gerência da manutenção, conflitos de interesses dentro das organizações além de objetivos e metas inatingíveis (CHIOCHETTA; HATAKEYAM; MARÇAL, 2004).

Todavia, pouca atenção se tem dado ao impacto e importância da participação da gestão da manutenção. Este aspecto, de influência direta no processo, é foco deste estudo avaliar com clareza a importância da participação Administração nos processos de implantação e manutenção do

## **Inovação e Tecnologia**

Sistema de Gestão da manutenção analisando aspectos positivos, negativos e sua influência neste contexto são os objetivos que aqui se buscam cumprir.

## **2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

As transformações no mundo organizacional têm apostado na aplicação de novos métodos de estruturação e organização dos trabalhos, tornando-os mais adequados a constante busca por maior capacidade competitiva.

De acordo com Kardec (1998,p.58):

De uma forma geral, na formulação de estratégias, priorizam-se soluções criativas e mais eficazes, na procura de nichos de mercado para identificar novos negócios. O desenvolvimento da capacitação tecnológica torna-se, portanto, elemento primordial na definição das políticas e diretrizes a serem dotadas pela empresa. Atualmente a sociedade tem dependido dos produtos e serviços gerados por processos cada vez mais mecanizados e automatizados. Essa mudança pode ser observada em praticamente todos os ramos empresarial, onde o trabalho humano tem sido gradualmente substituído pelo trabalho das máquinas.

## **Inovação e Tecnologia**

A produção mecanizada pode garantir maior competitividade e produtividade, permitindo produzir melhores produtos, grandes volumes e custos reduzidos onde a qualidade dos produtos e serviços passam a depender cada vez mais do bom funcionamento dos equipamentos e instalações de produção.

Conforme Correa & Correa (2004, p.98):

Quando as máquinas falham, a satisfação e a segurança das pessoas podem ficar ameaçadas, daí surge a necessidade intensa do setor de manutenção. O setor de manutenção deve ter uma gestão que venha garantir a sobrevivência da empresa através da constante vigilância das máquinas, para obter produção de bens e serviços de boa qualidade que satisfaçam às necessidades dos clientes e fornecedores. O gerenciamento e seus princípios devem ser praticados no dia-a-dia.

O foco na manutenção industrial cresce a medida que as empresas se vêm obrigadas a trabalhar de forma contínua por exemplo, a trabalhar os três turnos. Quando isso acontece, ela passa a ser executada de maneira mais rigorosa e planejada, de forma a não prejudicar o processo produtivo como um todo.

## **Inovação e Tecnologia**

A gestão da manutenção é sustentada por uma visão de futuro traduzida por metas estratégicas e regida por processos de gestão ou caminhos estratégicos, onde o objetivo do gestor da manutenção é de maximizar a disponibilidade dos recursos. O esboço de manutenção que contém a maioria das ações preventivas necessárias é a base do gerenciamento do departamento da manutenção (DAVIS; AQUILANO;CHASE, 2001).

Sempre com a expressa missão de atender o objetivo principal de evitar ocorrência de falhas.

Segundo Correa & Correa (2004, p.81):

Para a implantação de uma gestão como essa, a empresa tem um caminho longo a percorrer, dentre outras, devendo atender a questões como: Qual a importância da Gestão de Manutenção para a empresa? O que leva a empresa a implantar uma Gestão de Manutenção? É melhor que o serviço de manutenção seja feito por um setor da própria empresa ou é melhor a contratação de serviço terceirizado?

Tal manutenção é o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar falhas, cuidando de suas instalações físicas onde bom entrosamento é necessário entre a manutenção com os responsáveis pela compra de máquinas e equipamentos, tornando possível o registro a respeito

## **Inovação e Tecnologia**

dos custos de compra, inclusive os custos necessários para reformas de cada tipo de equipamento (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

Poderão ser projetados os custos de manutenção para o futuro agindo-se desta forma.

De acordo com Johnston & Robert (2002, p.65):

São função e responsabilidade do gestor de manutenção buscar, decidir e tomar decisões que evitem a ocorrência das falhas dos recursos físicos, diminuindo sua probabilidade de ocorrência ou, no mínimo, minimizando suas conseqüências. Incluem-se nessas ações as atividades de prevenção das falhas, aumentando, conseqüentemente, a confiabilidade e as correções, com o objetivo de manter os recursos físicos disponíveis e funcionando de maneira apropriada.

O planejamento dos serviços de manutenção de uma empresa se relaciona diretamente com o controle da eficiência operacional e da redução de custos, que atende às exigências dos clientes quanto ao custo, à qualidade, entrega e segurança, sendo que as empresas precisam utilizar de equipamentos e instalações compatíveis com os produtos a serem produzidos.

Para se atingir objetivos de satisfazer às necessidades dos clientes através da excelente qualidade dos seus produtos, as metas relativas aos equipamentos têm que estar alinhadas com as metas de sobrevivência da

## **Inovação e Tecnologia**

empresa. Estes equipamentos só poderão desempenhar suas funções operacionais básicas, se tiver uma gestão de manutenção intensa de forma constante, pois a manutenção dos equipamentos e instalações deve estar a frente do processo produtivo, como uma das funções mais importantes para garantia da qualidade produtiva.

Segundo Correa & Correa (2004, p. 162):

[...] algumas áreas merecem mais atenção do gestor de manutenção, como nos casos em que a prevenção não é possível, as ações deverão ser focadas na redução dos efeitos e dos custos das falhas: 1) Procedimentos/comunicação: todos os envolvidos deverão saber o que fazer, a quem comunicar a falha ou a quem solicitar ações de correção ou apoio (interno ou externo); a comunicação deverá ser fácil e rápida. 2) Organização: equipamento, peças, ferramentas, desenhos, especificações, instruções, números de telefone, contatos etc, devem ser fácil e rapidamente obtidos; o tempo de procurar as coisas consome tempo de reparação e aumenta as perdas. 3) Padronização: a padronização permite redução dos estoques de reposição, facilita o treinamento e reduz o tempo de correção. 4) Treinamento: com treinamento, os próprios usuários podem fazer pequenos reparos, sem a

## **Inovação e Tecnologia**

intervenção do pessoal da manutenção; por exemplo: troca de filtros, correias, pequenas reparações de máquinas etc.

Tais fatores têm grande influência sobre a produtividade e a competitividade da empresa, sendo que o adequado planejamento das ações de manutenção maximiza a disponibilidade operacional das máquinas e a minimização dos custos, possibilitando aumento da produção e, portanto, da competitividade da empresa.

### **3 IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

Gestão da manutenção envolve o planejamento prolongado num ciclo dinâmico, que inclui a organização, a execução, a direção e o controle. No Brasil ainda se trabalha com muita manutenção corretiva não planejada e com manutenção preventiva em excesso. A manutenção tem como função o apoio ao sistema produtivo e deve se ajustar conforme a realidade da organização.

Manutenção Corretiva pode ser definida como manutenção como um conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas e equipamentos, esses cuidados envolvem conservação, adequação, substituição e prevenção. De modo geral a manutenção tem dois objetivos: 1) Manter o equipamento em condições de

## **Inovação e Tecnologia**

pleno funcionamento. 2) Prevenir prováveis falhas ou quebra dos elementos e componentes desses equipamentos (SLACK, 1999).

De acordo com Oliveira (2007) a manutenção corretiva:

Baseia-se na atuação em um determinado equipamento para correção de falha ou quando o mesmo não apresenta o rendimento esperado. Pela simplicidade de sua filosofia e pela falta de gestão presente em muitas plantas fabris, ainda é o que mais acontece. Uma planta industrial usando gerência por manutenção corretiva não gasta qualquer dinheiro com manutenção, até que uma máquina ou sistema falhe, tendo uma postura totalmente reativa. A reação à falha da máquina ou equipamento configurara o método mais caro de gerência de manutenção. Poucas plantas industriais usam uma filosofia verdadeira de gerência por manutenção corretiva. Em quase todos os casos, as plantas industriais realizam tarefas preventivas básicas, como lubrificação e ajustes da máquina, mesmo em um ambiente de manutenção corretiva.

A manutenção ideal é aquela que permite alta disponibilidade dos equipamentos para o trabalho e a um custo adequado. Manutenção corretiva é a forma mais óbvia e primaria da manutenção, esta relacionado com ciclo

## **Inovação e Tecnologia**

quebra – repara, ou seja, este reparo é feito após a avaria do equipamento. Constitui a forma mais cara, quando encarada no ponto de vista total do sistema.

A manutenção preditiva se trata de prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento por maior tempo possível.

Diante disto, Oliveira (2007) afirma que:

A premissa comum da manutenção preditiva é que o monitoramento regular da condição real, além do rendimento operacional e outros indicadores da condição operativa das máquinas e sistemas de processo fornecerão os dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre os reparos. Ela também minimizaria o número e os custos de paradas não programadas criadas por falhas da máquina. Essa premissa é demasiadamente simples para caracterizar o que hoje é conhecimento como manutenção preditiva. A mesma trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção. Um programa abrangente de manutenção preditiva utiliza uma combinação das ferramentas mais efetivas em custo para obter a

## **Inovação e Tecnologia**

condição operativa real de sistemas críticos da planta industrial e, baseado-se nestes dados reais, todas as atividades de manutenção são programadas numa certa base “conforme necessário”.

Entretanto, as máquinas e outros equipamentos da planta industrial não são revisados e não são feitos grandes reparos até que o equipamento falhe em sua operação.

A manutenção preventiva consiste em prevenir ou evitar antecipadamente que as máquinas quebrem ou parem de funcionar.

Oliveira (2007) explica que:

A implementação da manutenção preventiva real varia bastante. Alguns programas são extremamente limitados e consistem de lubrificação e ajustes menores. Os programas mais abrangentes de manutenção preventiva programam reparos, lubrificação, ajustes, e recondiçõamentos de máquinas para toda a maquinaria crítica na planta industrial. O denominador comum para todos estes programas de manutenção preventiva é o planejamento da manutenção x tempo. Todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as

## **Inovação e Tecnologia**

máquinas degradarão com um quadro de tempo típico de sua classificação em particular.

Pode-se, então, perceber que a manutenção preventiva abrange um conjunto de procedimentos e atividades que oferecem diversas vantagens. Detectar com antecedência falhas ou danos que estão ocorrendo para evitar interrupções; Manter um sistema funcionando de forma contínua; e Auxiliar a empresa no cumprimento de programas de produção. Como desvantagens, cita-se a complexidade do planejamento do programa, a necessidade da presença de uma equipe bem preparada de mecânicos e eletricitas e de um plano eficiente de manutenção (SLACK, 1999).

Destaca-se, então, a ideia de que a manutenção preventiva pode ser uma técnica de controle estatístico de qualidade que prevê possíveis imprevistos no processo de fabricação, ao mesmo tempo em que se equipara a uma espécie de inspeção, pois abrange meios de prevenir danos que possam prejudicar a produção futuramente.

As ações que na tentativa de prever a ocorrência de falhas, são antecipadas por meio da substituição de partes do sistema constituem a manutenção preventiva, que neste trabalho refere-se ao plano de substituição de peças de equipamentos ou partes que podem falhar em operação, a menos que uma substituição seja feita a tempo (SLACK, 1999).

Neste contexto, a manutenção preventiva é apropriada para equipamentos cuja taxa de falhas cresce com o uso.

## **Inovação e Tecnologia**

A Gestão da Manutenção aborda e gerencia os principais tópicos que afetam diretamente o desempenho da atividade de manutenção. Criação e implantação do processo de Manutenção contemplando todas as etapas desde a origem da solicitação até o seu encerramento, apoiado por ferramenta que crie condições para a execução da atividade de forma disciplinada e eficiente (CHIOCHETTA; HATAKEYAM; MARÇAL, 2004).

O estabelecimento do processo de formalização do encerramento da solicitação é imprescindível; e a tecnologia da informação é uma ferramenta essencial para auxiliar em todas as etapas desde a implantação até a manutenção do processo de gestão da manutenção. Segundo Schmidt (2005,p.11) sendo uma ferramenta indispensável que ajuda na:

Estimativa dos prazos - Implementação de método de estimativa para a execução dos serviços, que incorpore acordos de Nível de Serviços (SLA's). O método de estimativa deve ser simples, entendido e implementado em consenso com os usuários;

Prioridade das solicitações - Estabelecimento de método de priorização das solicitações de manutenção baseado em critérios pré-estabelecidos e na ótica organizacional. Com base na priorização das solicitações, criam-se condições para um planejamento e controle efetivo e transparente da fila de solicitações; Acordo de nível de serviço (sla) -

## **Inovação e Tecnologia**

Implementação de Acordo de Nível de Serviço (SLA) entre as áreas usuárias e TI, para a execução dos serviços. O acompanhamento permanente desse Acordo permite medir a eficiência e eficácia da prestação de serviços, ajustar as estimativas e criar objetivos funcionais; Acompanhamento e controle dos serviços- Implementação de processo de acompanhamento da execução das solicitações prioritizadas, incluindo a consecução dos recursos e custeio dos serviços. Criação e acompanhamento de indicadores de desempenho da atividade de manutenção; Gestão da qualidade - Implementação do processo de gestão da qualidade dos serviços executados, considerando a aceitação dos serviços pelas áreas solicitantes e a avaliação ao término dos mesmos, visando medir o alinhamento dos produtos gerados com os padrões das metodologias do processo de manutenção implementado, assim como o cumprimento do planejamento da execução dos serviços. Estabelecimento e acompanhamento dos indicadores associados; Avaliação dos recursos - Implementação de processo de avaliação da equipe, referente à execução dos trabalhos de manutenção.

## **Inovação e Tecnologia**

### **2.1 Desafio**

Um dos maiores desafios à implantação da gestão da manutenção senão o maior continua sendo o desafio de adequar as empresas a mudanças, mudanças estas necessárias e muitas vezes ignoradas pela alta administração que desconhece ou não está preparada para uma visão globalizada e altamente competitiva das empresas o primeiro passo então seria esclarecer aos coordenadores de empresas da necessidade de implantação de uma gestão da manutenção, afinal um setor tão importante, mas lembrado somente em horas críticas de produção parada. Seria necessário desprender tempo e recursos para um setor que não dá produção efetiva?

Podemos analisar qual a importância que uma empresa dá a uma gestão de manutenção? Por isso é bom saber qual é o custo de um equipamento parado? Muitas empresas ainda acham que a manutenção é um centro de custo e não um centro de lucratividade para empresa e pode ajudar a empresa ter mais lucro ou perdas de acordo com a forma de como ela é administrado como qualquer setor de uma empresa.

Ainda que as empresas não invistam na melhoria de seus processos, nas suas máquinas e equipamentos, em treinamento de sua equipe e o setor de manutenção é pouco melhorado deixando o ambiente ruim para a equipe de manutenção e a manutenção ainda não faz parte da cultura da maioria das organizações (PECK, 2012).

## **Inovação e Tecnologia**

### **2.2 Atribuições**

Depende muito da cultura de uma empresa e como ela encara esta gestão, nesta visão podemos considerar que ainda é muito falha a cultura da empresa no direcionamento dos trabalhos para a área de manutenção e isto exige uma mudança cultural para considerar a manutenção com função estratégica para dentro de uma empresa. Através do aumento da disponibilidade das máquinas e confiabilidade do processo industrial, ainda é comum em empresas a falta de uma política direcionada a este setor ocasionando um déficit, a busca por melhoria na qualidade e no desempenho das empresas é uma realidade atual, mas em um pequeno percentual de empresas, pois a grande maioria ainda não investe na melhoria de seus processos e seus equipamentos e principalmente em sua equipe que ainda é pouco preparada pelas universidades e cursos insuficientes voltados á área de manutenção.

### **2.3 Motivando**

Seja qual for o tipo de organização: estatal, privada, de manufatura, de comércio ou serviço, todas, sem exceção, deveriam ter um processo, por mais simples que seja de Gestão da Manutenção. Essa questão é irreversível para a sobrevivência das organizações, na atual conjuntura econômica (KARDEC, 1998).

## **Inovação e Tecnologia**

Assim, aquelas organizações que ainda não aderiram ou não se sentiram inclinadas a implantar a Gestão de Manutenção, estão, ainda, necessitando de um processo motivador, e os colaboradores são as principais ferramentas a serem motivadas, treinadas e selecionadas especificamente para este tipo de trabalho.

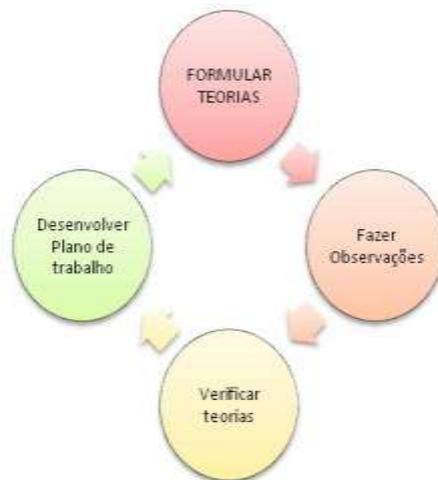
Segundo Oliveira (2007):

Para implantação de algo em uma organização, como o da Gestão da Manutenção, a empresa, no entanto, pode ter um caminho longo e sinuoso a trilhar, atendo-se e respondendo questões como: O que leva a empresa a implantar a Gestão de Manutenção? Por que a Gestão da Manutenção é importante para empresa? O serviço de manutenção pode ser feito por um setor da própria empresa ou é melhor a contratação de serviço terceirizado? Quais os serviços que se devem buscar na empresa terceirizada, dentre outras questões.

Em qualquer projeto e principalmente em gestão da manutenção todas as atividades projetadas e elaboradas tendem a obedecer a uma seqüência de trabalho, como apresentado na Figura1.

**FIGURA 1:** Etapas de Desenvolvimento.

## Inovação e Tecnologia



Fonte : Dos autores.

### 2.4 Complicadores

Existe um déficit muito grande de investimento tecnológico no parque industrial apesar do aumento industrial do Brasil e existem ainda muitos problemas dentro das próprias empresas na integração da tecnologia e a gestão da manutenção, onde as empresas mandam um gerente financeiro ou até outros colaboradores sem o conhecimento necessário na área para visitar uma nova tecnologia, prejudicando assim o setor de manutenção, o qual acaba não participando deste processo. Quando esta nova tecnologia ou novo equipamento chega dentro do setor fabril, acaba sendo desconhecido dos propensos utilizadores deste, e sem o domínio da manutenção e também não

## **Inovação e Tecnologia**

há um intercâmbio dentro da fábrica para que possa baixar os custos da manutenção.

### **2.5 Inserção**

A manutenção é considerada estratégica para as organizações, pois ela garante a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e dentro de custos adequados. De acordo com a tendência que vem crescendo, entender o tipo de manutenção adequada para cada organização é fator de sucesso, garantia de otimização nos processos e, por conseguinte, à atividade auferir lucros, ou seja, não apenas garantir a sobrevivência das organizações, mas possibilitar-lhes crescimento e expansão.

### **2.6 Gestões facilitadoras**

A gestão da manutenção é um processo realizado por profissionais capacitados e consiste em reunir, agrupar e avaliar evidências para determinar adequadamente um meio a se realizara manutenção, utilizando eficientemente os recursos e cumprindo as metas determinadas acaba facilitando todos os setores da empresa a atingir as metas traçadas anteriormente (SLACK,1999).

Deve compreender não somente os equipamentos no processo de gestão e sim dados específico, suas entradas, processos, controles, arquivos,

## **Inovação e Tecnologia**

segurança, além disso, deve avaliar todo o ambiente envolvido: Equipamentos, máquinas, softwares, etc.

A manutenção precisa propiciar condições de evitar todas as falhas não previstas, ou seja, a atividade de manutenção deve ser o suporte para que não haja necessidade de manutenção emergencial. Gestão da manutenção consiste principalmente em mecanismos de controle e gerenciamento de todas as áreas envolvidas na empresa ou organização, determinando se os mesmos são adequados e cumprem com seus determinados objetivos ou estratégias, estabelecendo as mudanças necessárias para a obtenção de melhores resultados. Segundo Oliveira (2007) a gestão da manutenção contribui para a melhoria constante na empresa, nos seguintes aspectos: Desempenho; Confiabilidade; Integridade; Disponibilidade; Segurança.

### **2.7 Roteiros de implantação da gestão da manutenção**

A implantação de um sistema de gestão da manutenção, ou um software, pode variar em extensão e complexidade, mas há, basicamente, quatro etapas básicas que são comuns a quase todas as implantações. Ao seguir este esquema simples, você terá uma boa base para seguir as ordens de trabalho, realizando manutenção preventiva, rastreamento de ativos e, dessa forma, conquistar um melhor controle do inventário de sua empresa.

Segundo Davis; Aquilano; Chase (2001, pg.22-37) é necessário:

## Inovação e Tecnologia

1. Registro dos principais ativos. Este passo é bastante simples, mas muito trabalhoso, além de ser de extrema importância para se obter bons resultados com o uso do sistema de gestão. Nesta primeira etapa, é preciso registrar no software todos os ativos da empresa, desde máquinas até pequenas ferramentas e manuais, ou seja, tudo o que faz parte da planta industrial. Uma vez que a lista esteja completa, você pode iniciar a captura de informações tais como histórico das tarefas já realizadas, o tempo médio entre falhas (MTBF), tempo de inatividade das máquinas, manutenção, entre outras coisas. 2. Registro de pessoal técnico. Nesta etapa, é essencial inserir no sistema todos os nomes de pessoas que fazem parte da equipe, seja o pessoal de manutenção, bem como supervisores, técnicos e até mesmo gestores. Com esta lista completa, os gestores de cada planta podem iniciar os registros de horas de trabalho. 3. Registro dos períodos de manutenção preventiva (MP). Introduzir datas e horários em que acontecem as ações de manutenção preventiva ajuda a automatizar a maior parte dos processos de planejamento. Isso permite construir um quadro mais eficaz de todas as atividades de manutenção que estão sendo realizadas, auxiliando

## Inovação e Tecnologia

também nas identificações de quais tipos de ações não estão sendo feitas adequadamente, se os períodos estão irregulares ou se é hora de mudar o tipo de manutenção realizada no chão de fábrica. 4. Inclusão de peças no sistema. A inserção de todas as peças utilizadas no setor de manutenção ajuda na elaboração precisa de um inventário, inclusive para que os profissionais saiam com certeza quais peças não são utilizadas com frequência. O resultado disso é uma melhor visão do custo total de propriedade. Dessa forma, também há como reduzir os custos com compra de peças e sobressalentes, o que poderia aumentar ainda mais o estoque de peças sem uso no inventário. Além do registro de peças, o sistema CMMS permite que os gestores possam identificar no sistema os nomes de fabricantes de cada peça e o ritmo de compra de cada sobressalente, permitindo melhor visão de quando repuser o estoque de peças.

Depois de tudo registrado, o usuário já pode começar a utilizar o sistema CMMS para ajudar na gestão eficaz do chão de fábrica, evitando desperdícios e organizando os trabalhos de maneira global.

## **Inovação e Tecnologia**

### **3 CONCLUSÃO**

Fica patente e indiscutível a necessidade de implantação de sistemas de gestão da manutenção nas organizações que querem gerir seus negócios, numa visão holística e estratégica. A gestão da manutenção passa de mera coadjuvante no cenário empresarial para um setor responsável pela redução de falhas ou queda no desempenho nos mais variados processos manufatureiros, de comércio ou serviço. Garantindo a disponibilidade de equipamentos ou processos e instalações com confiabilidade, segurança e custos adequados, a organização estará otimizando processos, auferindo maiores lucros, conseqüentemente garantindo a sua sobrevivência.

Segundo Slack (1999):

A responsabilidade da Gestão da Manutenção passa, pois, a ser um setor partícipe direto do processo, por conseguinte passa a propiciar condições de evitar todas as falhas não previstas, transformando-se na geradora de tranquilidade, minimizando as necessidades de manutenção emergencial. Independente do tipo de manutenção empregada pela organização, todas, sem exceção, para se disser de sucesso, tem um processo instalado. Muitas vezes, imagina-se que quanto maior o volume dos processos, mais complexo deva ser o sistema de manutenção. Na verdade, necessário se faz

## **Inovação e Tecnologia**

entender e definir claramente o que irá solucionar os problemas de cada organização.

A contratação terceirizada da Gestão da Manutenção nos parece uma tendência bem acentuada, pois empresas estão se especializando no setor. Com especialização e treinamento constante, o grau de satisfação tende a aumentar.

Uma das maiores dificuldades se baseia em coisas simples: a dificuldade está em fazer o óbvio acontecer e a gestão da manutenção é uma metodologia possível de ser implantado dentro da empresa basta ter apoio da diretoria das empresas.

Assim, afirma-se que promover uma mudança nas empresas é um desafio, e aumenta conforme o tamanho dela.

## **REFERÊNCIAS**

CHIOCHETTA, João C.HATEKAYAMA, Kazuo. MARÇAL, Rui F. **Sistema de Gestão da Manutenção para a Pequena e Média Empresa**. In: ENEGEP, 2004, Florianópolis- SC.Anais Florianópolis: FATEC, 2004.pgs 605-611. Disponível em: [http://www.fatec.edu.br/html/fatecam/images/stories/dspti\\_ii/asti\\_ii\\_apoio2\\_gestao\\_da\\_manutencao.pdf/](http://www.fatec.edu.br/html/fatecam/images/stories/dspti_ii/asti_ii_apoio2_gestao_da_manutencao.pdf/) acessado em abril de 2013.

## **Inovação e Tecnologia**

CORREA, Henrique L; CORREA Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços - uma abordagem estratégica.** São Paulo: Atlas, 2004.

DAVIS, Mark M; AQUILANO, Nicholas J; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

KARDEC, Alan. **Manutenção: função estratégica.** Qualitymark, 1998.

OLIVEIRA, T.M. **Manutenção Preditiva de motores de corrente contínua.**82.2007 Dissertação de pos graduação, Univers. Federal de Itajubá-MG, 2007. Disponível em: <http://juno.unifei.edu.br/bim/0032103.pdf> acessado em abril de 2013.

SCHMIDT, Luis Fernando. **O impacto e a importância da alta administração na implantação e a manutenção do sistema de qualidade.**72. 2005. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário FEEVALE.2005. Disponível em: <http://ged.feevale.br/bibvirtual/Monografia/MonografiaLuisSchmidt.pdf> acessado em abril de 2013.

SLACK, Nigel. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1999.

## Capítulo XVIII – Metais: Conhecendo As Propriedades E Aplicações Dos Elementos

<KATIELLY TAVARES DOS SANTOS><sup>59</sup>

<TIAGO DA SILVA><sup>60</sup>

<MARCOS BERNARDO DE LIMA><sup>61</sup>

<FLÁVIO ANTUNES FERREIRA><sup>62</sup>

**Resumo:** Um dos materiais existentes na natureza mais utilizados nos processos de fabricação é o metal. Este artigo traz um resumo das principais características e propriedades deste material, destacando os processos de reciclagem e preservação do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Metais. Características dos metais. Reciclagem de metais.

### 1. INTRODUÇÃO

---

<sup>59</sup> <Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais (UNESP)>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <Katielly.Santos@pr.senai.br>

<sup>60</sup> <Mestre em Engenharia Mecânica – UNESP>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <tiago\_silv@hotmail.com>

<sup>61</sup> <Mestre em Tecnologia e Interação – UTFPR>, <Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <marcos.lima@pr.senai.br>

## Inovação e Tecnologia

Se existe um material “típico” associado à mente do ser humano com a prática de engenharia moderna é o aço estrutural. Esse material de construção versátil tem diversas propriedades que consideramos metálicas. Ele é resistente e pode ser moldado em formas práticas, deformado de forma extensa e permanente (alta ductibilidade), permitindo pequenas quantidades de deformação para cargas repentinas e severas. Uma superfície de aço, recentemente cortada, apresenta brilho metálico característico. E ainda, o aço compartilha uma característica fundamental com outros metais: ele é um bom condutor de corrente elétrica e de calor.

Afinal, o que entendemos por metal? A mais óbvia propriedade física dos metais é sua aparência (brilho metálico) e sua grande capacidade em conduzir calor e eletricidade. O retículo cristalino de um metal é envolvido por uma nuvem de elétrons deslocalizados ou livres, responsáveis por essas propriedades de condução. A existência desses elétrons deslocalizados é, em parte, resultado da baixa energia de ionização desses metais: átomos metálicos tendem a perder seus elétrons de valência facilmente.

As propriedades químicas dos metais estão relacionadas com a facilidade de remoção de elétrons da camada de valência, acompanhada de uma mínima tendência dos átomos de receber elétrons. Assim, encontramos os metais formando íons positivos típicos nos compostos sólidos e nas

---

<sup>62</sup> <Tecnólogo em Mecânica Industrial – UTFPR>, Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina>, <Flavio.ferreira@pr.senai.br>

## **Inovação e Tecnologia**

soluções aquosas. Os metais têm baixa eletronegatividade, indicando uma pequena tendência para atrair elétrons. Como resultado, a ligação metal-oxigênio em um hidróxido é tipicamente iônica e, portanto, facilmente rompida pelas moléculas (polares) de água. Ou seja, os hidróxidos metálicos são básicos.

No decorrer deste trabalho, serão abordadas as características e semelhanças entre os elementos que compõe o grupo dos metais. Conforme “caminhamos” na tabela periódica, as propriedades metálicas se modificam e desaparecem, e as semelhanças entre os elementos do mesmo grupo tornam-se menos óbvias.

## **2. METAIS**

Para melhor entender a distribuição dos elementos metálicos, a figura 1 apresenta uma tabela periódica com as divisões explícitas.

**Figura 1.** Tabela periódica completa.

## Inovação e Tecnologia



Fonte: <<http://www.brdicas.com.br/wp-content/uploads/2014/01/tabela-periodica-2014-imprimir.png>> Acesso em 21/08/2014.

### 2.1 METAIS ALCALINOS

Os elementos da família IA são conhecidos como metais alcalinos. A palavra *álcali* é derivada de um termo árabe antigo que significa “cinzas de plantas”. Esses elementos são todos metais leves, com pontos de fusão baixos, pelo fato da ligação nesses elementos ser puramente metálica e, portanto, não direcional. As densidades dos metais alcalinos são baixas, como consequência primária de seus raios atômicos elevados. Suas condutividades elétricas são muito altas. Todos os metais alcalinos se cristalizam com a estrutura cúbica de corpo centrado (ccc). Os pontos de fusão e as densidades são mostrados na tabela 1.

## Inovação e Tecnologia

**Tabela1:** Pontos de fusão e densidades dos metais alcalinos.

|  | <b>Li</b>       | <b>Na</b>       | <b>K</b>        | <b>Rb</b>       | <b>Cs</b>       | <b>Fr</b>       |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Configuração eletrônica da camada de valência</b> | 2s <sup>1</sup> | 3s <sup>1</sup> | 4s <sup>1</sup> | 5s <sup>1</sup> | 6s <sup>1</sup> | 7s <sup>1</sup> |
| <b>Ponto de fusão normal, °C</b>                     | 180             | 98              | 64              | 39              | 29              | --              |
| <b>Densidade, g/cm<sup>3</sup></b>                   | 0,54            | 0,97            | 0,86            | 1,50            | 1,90            | --              |

Fonte: (ASKELAND, 2008)

Contudo, temos que:

- Sódio e potássio são relativamente abundantes na crosta terrestre, constituem respectivamente o sexto e o sétimo elemento mais comum. Aparecem em inúmeros depósitos minerais, como *halita* (sal de cozinha, NaCl), *silvita* (KCl) e *carnalita* (KMgCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O), como também no oceano.

- O lítio, o rubídio e o céσιο são muito raros. O lítio é encontrado em alguns minerais de silicato, enquanto são encontrados traços de rubídio e céσιο em rochas e minerais espalhados pelo globo.

- Todos os isótopos do frâncio têm meias-vidas muito curtas, mas suficientemente longas para permitir sua preparação artificial e a verificação de suas propriedades químicas como sendo aquelas esperadas de um metal alcalino.

Os metais alcalinos formam uma grande variedade de compostos. Entre estes se incluem os sais iônicos de muitos ácidos binários e oxiácidos, muitos dos quais são solúveis em água. Os óxidos e hidróxidos dos metais alcalinos,

## Inovação e Tecnologia

como esperado, são básicos. Em solução aquosa, os íons de metais alcalinos apresentam somente uma fraca tendência em se hidratarem, exceto o íon lítio, que é o menos de todos, diferentemente dos sais de outros metais alcalinos, os sais de lítio se cristalizam das soluções aquosas na forma de hidratos:  $\text{LiCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , entre outros.

Por serem dúcteis e reativos, os metais alcalinos não podem ser utilizados para fins estruturais. O sódio tem sido aproveitado com trocador de calor em reatores nucleares por sua alta condutividade térmica. Válvulas de exaustão contendo sódio são empregadas em motores a gasolina e diesel. O céσιο apresenta um forte efeito fotoelétrico, parcialmente por sua energia de ionização muito baixa, e por isso é aplicada em fotocela de fotocondutividade, entre outros.

Muitos compostos dos metais alcalinos, em particular os de sódio e potássio, são industrialmente importantes. O hidróxido de sódio (cujo nome comum: “soda caustica”) e o hidróxido de potássio (“potassa cáustica”) são usados na fabricação de um número incontável de produtos, como sabões, tintas, pigmentos, graxas e produtos para papel. O carbonato de lítio tem sido usado com sucesso no tratamento de alguns tipos de doenças, inclusive depressão.

## 2.2 METAIS ALCALINO-TERROSOS

Os elementos do grupo IIA são conhecidos como metais *alcalino-terrosos*. A palavra *terrosos* tem origem de um termo da alquimia que se

## Inovação e Tecnologia

referia a qualquer composto de um metal (ou mistura de tais compostos) pouco solúvel em água e estável a altas temperaturas. Muitas “terras-raras” eram óxidos e quando descobriu que os óxidos do grupo IIA originavam reações alcalinas (básicas), foram chamados *alcalino-terrosos*.

Com exceção ao berílio, os elementos desse grupo são metais típicos. Eles são bons condutores de calor e eletricidade, porém são mais duros, mais densos e se fundem a temperaturas mais altas do que os metais alcalinos. A tabela 2 apresenta os valores de ponto de fusão e densidades dos alcalino-terrosos.

Certamente, o elétron adicional de valência por átomo torna a ligação metálica mais forte e os retículos cristalinos desses metais tornam-se mais rígidos aos dos metais alcalinos.

O berílio e o magnésio possuem retículo hexagonal de empacotamento denso, o cálcio e o estrôncio formam estruturas cúbicas de faces centradas – em temperatura ambiente – e o bário se cristaliza numa estrutura cúbica de corpo centrado. Todos esses elementos apresentam brilho metálico, embora o berílio tenha cor cinza escuro.

**Tabela2:** pontos de fusão e densidades dos metais alcalino-terrosos.

|   | <b>Be</b> | <b>Mg</b> | <b>Ca</b> | <b>Sr</b> | <b>Ba</b> | <b>Ra</b> |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Configuração eletrônica da camada de valência</b>        | $2s^2$    | $3s^2$    | $4s^2$    | $5s^2$    | $6s^2$    | $7s^2$    |
| <b>Ponto de fusão normal, <math>^{\circ}\text{C}</math></b> | 1280      | 651       | 851       | 800       | 850       | 960       |

## Inovação e Tecnologia

|                              |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Densidade, g/cm <sup>3</sup> | 1,86 | 1,75 | 1,55 | 2,60 | 3,60 | 5,00 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|

Fonte: (ASKELAND, 2008)

Os metais alcalino-terrosos encontram-se espalhados na crosta terrestre na forma de carbonatos, silicatos, fosfatos e sulfatos. Sendo que:

- O magnésio e o cálcio são mais abundantes. Montanhas inteiras são constituídas de calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) e domalita [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ]. O magnésio também é encontrado nos oceanos.

- O berílio é relativamente escasso, seu mineral mais comum é o berilo ( $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ) que algumas vezes é encontrado na forma de gemas, com a esmeralda.

- O estrôncio e o bário são relativamente raros, apresentando-se principalmente como carbonato e sulfato, respectivamente.

- O rádio é extremamente raro e é encontrado em minerais de urânio – como na pechblenda – na qual é formada como resultado de decaimento radioativo do urânio.

Os compostos dos metais alcalino-terrosos, exceto os do berílio, apresentam retículos cristalinos iônicos típicos. Os óxidos de Mg, Ca, Sr e Ba têm estrutura de NaCl. O berílio por outro lado tem um raio atômico extremamente pequeno – cerca de 0,09 nm – sendo sua eletronegatividade suficientemente alta para formar ligações de caráter covalente.

Enquanto a maioria dos compostos dos metais alcalinos é solúvel em água, muitos não o são, especialmente aqueles nos quais a carga do ânion é maior que -1 (mais negativa). As energias reticulares elevadas são,

## Inovação e Tecnologia

aparentemente, responsáveis por isso, embora as energias de hidratação também sejam altas. A maioria dos haletos de metais alcalino-terrosos é solúvel, embora os fluoretos tenham tendência a serem insolúveis.

E ainda, os hidróxidos dos metais alcalino-terrosos são bases fortes – exceto o  $\text{Be}(\text{OH})_2$  que é fraco e anfótero – e são todos menos solúveis que os hidróxidos dos metais alcalinos.

Algumas funcionalidades de metais alcalino-terrosos e seus compostos são:

- O berílio é raro, caro e tóxico, por isso seus compostos apresentam uso limitado. O berílio puro é transparente para nêutrons e raios-X, assim sendo usado nas estruturas de reatores nucleares e janelas de alguns tubos de raios-X. Ligas de berílio e cobre são tão duras como alguns aços e são utilizadas na fabricação de ferramentas que são úteis quando há perigo de fogo ou explosão. O óxido de berílio é muito refratário e é empregado na construção de isoladores elétricos para altas temperaturas.

- O magnésio é extensivamente aplicado na fabricação de ligas brilhantes e fortes que são particularmente usadas na indústria de aviação.

- Com poucas exceções, cálcio, estrôncio e bário não são aproveitados na forma livre, pois suas grandes reatividades com o oxigênio e a água tornam isto impraticável. O hidróxido de cálcio é uma base industrial de grande importância e o óxido de cálcio serve para fabricação de cimento.

## 2.3 O GRUPO DE METAIS IIIA

## Inovação e Tecnologia

O grupo IIIA não tem nome especial, é constituído dos elementos boro, alumínio, gálio, índio e tálio. Esses elementos são geralmente menos metálicos que os correspondentes metais alcalino-terrosos. Mas, como em outros casos, o carácter metálico aumenta de cima para baixo no grupo. O boro é na verdade não metálico como resultado do tamanho pequeno de seu átomo.

Todos os átomos dos elementos do grupo IIIA apresentam um único elétron  $p$ , além de dois elétrons  $s$ , em sua camada de valência. Embora os compostos +1 sejam encontrados em todos eles, em condições normais o estado +3 é o único observado, exceto para o tálio que, comumente, apresenta o estado +1. A tabela 3 apresenta algumas propriedades dos elementos do grupo IIIA.

**Tabela3:** pontos de fusão e densidades dos elementos do grupo IIIA.

|  | <b>B</b>    | <b>Al</b>   | <b>Ga</b>   | <b>In</b>   | <b>Tl</b>   |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Configuração eletrônica da camada de valência</b> | $2s^2 2p^1$ | $3s^2 3p^1$ | $4s^2 4p^1$ | $5s^2 5p^1$ | $6s^2 6p^1$ |
| <b>Ponto de fusão normal, °C</b>                     | 2300        | 660         | 30          | 156         | 449         |
| <b>Densidade, g/cm<sup>3</sup></b>                   | 2,4         | 2,7         | 5,9         | 7,3         | 11,8        |

Fonte: (ASKELAND, 2008)

### • Alumínio

## **Inovação e Tecnologia**

Embora o alumínio seja o terceiro em abundância na litosfera, não é prático extraí-lo de muitas rochas e minerais que o contêm. A maior parte do alumínio provém dos aluminossilicatos, tais como: argilas, micas e feldspatos.

O alumínio, hoje, é muito mais barato do que cem anos atrás, mas para produzi-lo é utilizada uma vasta quantidade de energia elétrica.

Por esse alto gasto de energia elétrica na produção desse material, o reaproveitamento (de vários objetos) desse metal torna-se muito importante. Sem dúvida, a energia gasta na produção do alumínio não é totalmente perdida, podemos algum dia descobrir como empregarmos o alumínio em uma bateria comercialmente prática, que produzirá energia elétrica da oxidação anódica do alumínio.

O alumínio é um metal extremamente versátil. Ele pode ser enrolado, prensado, moldado, curvado e extrudado, dando origem às mais variadas formas. Sua densidade baixa o torna útil na construção de aeronaves e nas indústrias automobilísticas. Atualmente, o alumínio puro é muito mole para ser utilizado nas indústrias, mas ligas que incorporam pequenas quantidades de cobre, silício, manganês ou magnésio T6 em resistência e dureza que se aproximam das de alguns aços. O alumínio puro é um excelente condutor elétrico e é aplicado em fios elétricos, competindo com o cobre. E ainda, ele é termodinamicamente muito reativo.

- **Gálio, índio e tálio**

Os três últimos membros mais pesados do grupo IIIA são todos raros e encontrados, principalmente, como impurezas nos minerais de zinco, chumbo

## Inovação e Tecnologia

e cádmio, como também em muitos minerais contendo alumínio. Por sua escassez, são usados apenas em pequenas quantidades.

O gálio foi utilizado como impurezas nas fabricações de semicondutores e como componente de ligas. O arseneto de gálio é empregado em lasers sólidos.

O índio tem sido aplicado na construção de mancais e em outros dispositivos.

O tálio serve para a fabricação de fotocelas, detectores de infravermelho e na manufatura de vidros especiais. O sulfato de tálio é extremamente tóxico e é útil para combater roedores e formigas.

O gálio, índio e tálio não são tão metálicos. Isto é consequência da serie de metais de transição que os precedem na tabela periódica. Como o subnível (n-1) está preenchido, a carga nuclear elevada resultante e o tamanho pequeno dos átomos desses elementos tornam os elétrons mais fortemente presos que em outros casos.

### 2.4 OS SEMI-METAIS

A palavra metalóide significa “como um metal”. Os metalóides não são metais típicos nem não metais típicos, mas apresentam propriedades de ambos. São comumente chamados de *semi-metais*. Os metalóides incluem os elementos boro (IIIA), silício e germânio (IVA), arsênio e antimônio (VA), selênio e telúrio (VIA).

## **Inovação e Tecnologia**

Esses elementos são encontrados numa faixa estreita, cruzando diagonalmente a tabela periódica.

Os metalóides no estado livre tendem a ser duros, quebradiços e de pobres a médios condutores de calor e eletricidade. Eles geralmente apresentam semicondução elétrica ou podem ser tornados semicondutores por meio de impurezas. Apresentam um lustro semimetálico típico.

Essas propriedades indicam que nos sólidos os elétrons de valência não estão livremente deslocalizados como nos metais e que há considerável ligação covalente presente.

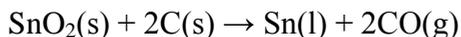
Esses elementos têm eletronegatividade intermediária. Seus hidroxocompostos são fracamente ácidos ou anfóteros.

### **2.5 OUTROS METAIS REPRESENTATIVOS**

Outros metais representativos importantes são o estanho e o chumbo – grupo periódico IVA – e o bismuto – grupo VA.

#### **Estanho**

O elemento estanho é conhecido desde épocas pré-históricas. Sua fonte mais importante é a cassiterita,  $\text{SnO}_2$ , da qual pode ser obtido pela redução do carbono,



seguida de purificação eletrolítica.

Este elemento apresenta três variedades alotrópicas sólidas:

## Inovação e Tecnologia

- O estanho  $\alpha$ , ou estanho cinzento, é uma forma não metálica estável abaixo de  $13^{\circ}\text{C}$ . Nela, os átomos de estanho estão covalentemente ligados como no retículo do diamante.

- De  $13^{\circ}$  a  $161^{\circ}\text{C}$  o estanho  $\beta$ , ou estanho branco, é a forma estável. É o estanho comum, metálico e se cristaliza num retículo tetragonal.

- Acima de  $161^{\circ}\text{C}$  (até  $232^{\circ}\text{C}$ , o ponto de fusão) o estanho  $\gamma$ , ou estanho rômboico, é estável. Forma um retículo ortorrômboico e é muito quebradiço.

O estanho é geralmente usado na galvanoplastia (“folhas de flandres”, chapas de ferro cobertas de estanho), peltro e solda (com chumbo) e alguns metais usados para mancais em dispositivo mecânico.

## Chumbo

O chumbo também era conhecido desde os tempos remotos. Seu único mineral importante é a galena,  $\text{PbS}$ , do qual é obtido industrialmente por vários métodos. Ele existe em uma única variedade alotrópica, metálica, cinza, mole, de baixo ponto de fusão. Seu emprego principal consiste na fabricação de baterias de chumbo.

Como em muitos dos metais pesados, o chumbo é um elemento tóxico. Alguns historiadores pensam que o declínio do império romano ocorreu, parcialmente, devido a doenças, infertilidade e morte por conta do envenenamento por chumbo. Parece que a aristocracia romana fez grande uso do chumbo em encanamento de água e utensílios de cozinha.

## **Inovação e Tecnologia**

Mais recentemente, alvaiade de chumbo serviu como pigmento em pinturas, e hoje em dia as crianças sofrem sua toxidez depois de comer pedaços de madeira, brinquedos, etc.

Em análise qualitativa, o chumbo é separado e/ou confirmado pela precipitação como cloreto, sulfeto, cromato ou sulfato.

### **Bismuto**

O bismuto ocorre na natureza como  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ou  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ . Na extração industrial do elemento, o sulfeto é convertido ao óxido pela oxidação ao ar e o óxido é reduzido com carvão para formar o elemento livre.

Ele é um metal denso, com um lustro metálico insípido. É usado em várias ligas, incluindo algumas que fundem a baixa temperatura e são úteis como sensores para detectar e apagar incêndios.

Como a água, o bismuto é um dos poucos elementos que podem congelar. Ele imprime esta propriedade a algumas de suas ligas, que são usadas em tipografia. Esses se expandem quando são moldados, produzindo reproduções fiéis de detalhes finos no molde.

Na análise qualitativa, o bismuto é precipitado como sulfeto castanho escuro que é insolúvel em excesso de sulfeto ou polissulfeto.

## **Inovação e Tecnologia**

### **3. IDADE DOS METAIS**

Considerada a última fase do Neolítico, a Idade dos Metais marca o início da dominação dos metais por parte das primeiras sociedades sedentárias da Pré-História. No entanto, qual a importância de se ressaltar esse tipo de descoberta humana? O que podemos frisar é que a utilização dos metais foi de fundamental importância para algumas das sociedades que surgiram durante a Antigüidade.

Através do domínio de técnicas de fundição, o homem teve condições de criar instrumentos mais eficazes para o cultivo agrícola, derrubada de florestas e a prática da caça. Além disso, o domínio sobre os metais teve influência nas disputas entre as comunidades que competiam pelo controle das melhores pastagens e áreas férteis. Dessa maneira, as primeiras guerras e o processo de dominação de uma comunidade sobre outra contou com o desenvolvimento de armas de metal.

O primeiro tipo de metal utilizado foi o cobre. Com o passar dos anos o estanho também foi utilizado como outro recurso na fabricação de armas e utensílios. Com a junção desses dois metais, por volta de 3000 a.C., tivemos o aparecimento do bronze. Só mais tarde é que se tem notícia da descoberta do ferro. Manipulado por comunidades da Ásia Menor, cerca de 1500 a.C., o ferro teve um lento processo de propagação. Isso se deu porque as técnicas de manipulação da liga de ferro eram de difícil aprendizado.

Contando com sua utilização, observamos que a maior resistência dos produtos e materiais metálicos teve grande importância na consolidação das

## Inovação e Tecnologia

primeiras grandes civilizações do Mundo Antigo. Assim, o uso do metal pode influenciar tanto na expansão, como no desaparecimento de determinadas civilizações.

### 4. RECICLAGEM DOS METAIS

**Figura 2:** Principais símbolos de metais recicláveis.



Fonte: Figura elaborada pelo próprio autor.

Os metais, em geral, são 100% recicláveis. Os principais símbolos estão apresentados na Figura 2. Devido a perdas insignificantes no processo de reciclagem dos metais, confere a estes, o título de “100% recicláveis”. Dentre os metais, o alumínio é o que mais rápido volta para a cadeia produtiva e o Brasil detém o título de maior reciclador deste metal no mundo. Além disto, os metais podem ser reciclados infinitas vezes.

Mas por que é importante reciclar os metais? A reciclagem de metais de pós-consumo (leia-se, embalagens de alimentos e produtos químicos em geral) bem como de outras fontes, tem papel importante na preservação do meio ambiente, pois os processos de extração e beneficiamento dos metais

## Inovação e Tecnologia

vindos diretamente de jazidas são extremamente poluentes e consomem muita energia elétrica e água. Para ilustrar melhor a vantagem de reciclar metais citamos o alumínio, como dito anteriormente, cuja extração vem do minério de bauxita. Para cada 05 toneladas de bauxita retiradas da natureza, apenas uma tonelada torna-se alumínio para consumo. As outras quatro toneladas restantes transformam-se em resíduos tóxicos que necessitam de grandes áreas para serem estocados em segurança. Além disso, se gasta cerca de 17,6 mil kWh por tonelada para o processo de beneficiamento da bauxita para a extração do alumínio enquanto, na reciclagem, gasta-se apenas 700 kWh por tonelada, uma economia de energia elétrica de 2.400%. Nas latas de aço, a economia em energia elétrica, obtida pela reciclagem, em relação à extração e beneficiamento do minério bruto é de aproximadamente 284%.

Dependendo das ligas metálicas e revestimentos de superfície, os metais podem levar de poucos anos até séculos para se transformarem novamente em minério. Por isso a importância principal da reciclagem.

## 5. CONCLUSÃO

Os elementos mais metálicos são os metais alcalinos (IA), que possuem a camada de valência  $ns^1$ . São moles, tem baixa densidade, fundem-se facilmente, conduzem a corrente elétrica e apresentam brilho metálico. Os elementos não combinados podem ser obtidos por eletrolise de seus sais fundidos. Formam compostos iônicos nos quais apresentam estado de oxidação +1 e que tendem a ser bem solúveis em água.

## Inovação e Tecnologia

Os metais alcalino-terrosos (IIA) são um pouco menos eletropositivos que os metais alcalinos. Eles possuem a camada de valência  $ns^2$ , e também formam compostos iônicos com o metal no estado +2. Muitos dos sais de metais alcalino-terrosos têm baixa solubilidade em água, especialmente quando os ânions possuem carga -2, ou -3. O íon do cálcio é responsável pela dureza da água natural. Pode ser removido por precipitação, complexação ou troca iônica.

O metal mais importante do grupo IIIA é o alumínio, que é produzido por redução de  $Al_2O_3$  dissolvido em criolita. O alumínio é um metal altamente radioativo especialmente quando forma ligação com o oxigênio.

Estanho e chumbo são metais importantes do grupo periódico IVA. Estes elementos mostram os estados de oxidação +2 e +4 nos seus compostos. Seus hidróxidos +2 são anfóteros. Já bismuto (grupo VA) tem geralmente estado +3 e seu hidróxido é básico.

Os metalóides – semi-metais – mais importantes são o boro (IIIA) e o silício (IVA). Eles têm um brilho tipicamente semimetálico, são semicondutores e formam hidróxidos anfóteros ou ácidos fracos.

Os metais são utilizados desde os primeiros indícios de vida humana no planeta. Foram e são usados no desenvolvimento de sobrevivência – como na caça, pesca, utensílios domésticos, encanamento, entre outros – pelos povos que já habitaram nosso planeta. São utilizados de forma geral na indústria e no desenvolvimento tecnológico por suas propriedades. Hoje, sabemos que alguns metais são tóxicos para os seres vivos, sendo assim, podendo utilizar esses metais de forma mais produtiva.

## **Inovação e Tecnologia**

Contudo, sabemos que objetos metálicos demoram muito anos para se decompor na natureza e, ainda, é muito caro a obtenção de elementos puros, como o caso do alumínio. Deste modo, a reciclagem dessas matérias torna de suma importância para não agredir o ambiente e também para diminuir os gastos para obtenção desses elementos. Sendo que praticamente 100% desses materiais metálicos podem ser reciclados e, por fim, reutilizados.

## **BIBLIOGRAFIA**

ASKELAND R., Donald, *Ciência e Engenharia dos Materiais*, ed. Cengage Learning, 2º edição, São Paulo – 2008.

KITTEL, Charles, *Introdução à Física do Estado Sólido*, ed. LTC, 8º edição, Rio de Janeiro – 2006.

MAHAN M., Bruce e MYERS J., Rollie, *Química: um curso universitário*, ed. Edgard Blucher LTDA, 4º edição, São Paulo – 2007

SHACKELFORD F., James, *Ciência dos Materiais*, ed. Pearson, 6º edição, São Paulo – 2008.

< <http://www.brnicas.com.br/wp-content/uploads/2014/01/tabela-periodica-2014-imprimir.png>> acessado em 21/08/2014.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-67993-01-0



9 788567 993010