

## **Análise da gestão de custos: Um estudo em uma indústria de máquinas de costuras industriais**

Marcos Deyvid Leão Silva (Cesupa) marcosdeyvid@gmail.com  
Jéssica da Silva Cunha (Cesupa) jeesscunha@gmail.com  
José Marcelo Quaresma dos Santos (Cesupa) marceloalmeirim@gmail.com  
Esmaily Amorim Dias (Iesam) esmaely.dias@gmail.com  
Edgar Costa Cardoso (Cesupa) edgarcostaeng@gmail.com

### **Resumo**

As indústrias de confecções buscam constantemente aperfeiçoamentos na sua linha de produção para diminuir custos para fabricarem produtos com preços competitivos no mercado. O estudo de caso abordado nesta pesquisa apresenta um sistema de partida eletrônico utilizando um inversor de frequência e um motor elétrico trifásico em uma máquina de costura industrial modelo Zig Zag, com a proposta de reduzir o consumo de energia elétrica. O novo sistema irá substituir o método de acionamento de partida direta com motor monofásico presente na máquina, para o controle de rotação o motor conta com um sistema de embreagem e opera sempre em rotação nominal, transferindo a rotação para o eixo conforme o necessário, desse modo ocasiona um consumo de energia elevado e desnecessário, característico de uma partida direta. Com a utilização de um inversor de frequência e um motor elétricos trifásico será possível controlar a rotação mantendo o motor desligado e energizando suavemente conforme a demanda solicitada sem perder o torque, evitando assim o desperdício de energia elétrica.

**Palavras-chave:** inversor de frequência, partida direta, motor trifásico, máquina de costura, partida direta.

### **1 Introdução**

Com o crescente desenvolvimento tecnológico os processos industriais se tornaram cada vez mais rápidos e precisos, nesse cenário a utilização correta da energia elétrica está cada vez mais presente. Os maiores responsáveis pelo consumo de energia elétrica na indústria são os motores elétricos e para obter um controle preciso de velocidade, anos atrás eram utilizados motores de corrente contínua o que gerava custo elevado do motor, paradas frequentes para manutenção e a necessidade de retificação da tensão para alimentar o motor.

Atualmente os motores mais utilizados na indústria, são motores de indução, por sua simplicidade de construção, custo reduzido e por necessitarem de menos manutenção. Segundo Mamede (2008, p. 298), “os motores elétricos durante a partida, solicitam da rede de alimentação uma corrente de valor elevado, da ordem de 6 a 10 vezes a sua corrente nominal”. Surgiu então a necessidade de tornar o seu acionamento mais eficiente.

O Brasil está enfrentando uma crise energética sem precedentes. A falta de investimento no setor, aliada ao aumento gradativo do consumo de energia elétrica – um apelo inerente aos tempos modernos – culminaram, este ano, no estabelecimento da crise que afeta a população, já sob efeito do racionamento imposto pelo Governo Federal. Desde de junho, todos os setores da sociedade brasileira vivem sob a meta da redução do consumo de energia elétrica, de cunho linear e obrigatório, sob pena de cortes do fornecimento e multas.

Segundo ABRAPCH (2015), o principal motivo para a alta na energia elétrica, sobretudo em 2014, tem um motivo: a falta de chuvas e o acionamento constante das usinas térmicas. A geração dessa energia suja, proveniente da queima de combustíveis fósseis, tem um gasto muito maior do que se teria com a produção feita por fontes renováveis – além de ser muito mais prejudicial ao meio ambiente. O custo médio das termelétricas está calculado em R\$ 900MegaWatt-hora (MWh), contra os R\$ 180MWh referente às Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). A diferença, claro, já foi incluída na tarifa com o reajuste de até 40% realizado em agosto em alguns estados do país (ABRAPCH,2014).

Em uma máquina de costura industrial modelo Zig Zag convencional, o motor opera sempre em rotação nominal, devido à utilização de motores monofásicos com partida direta. Essa rotação é transferida ao eixo do motor através de um sistema de embreagem, desse modo ocasiona um consumo de energia elevado e desnecessário. Com a utilização de inversores de frequência é possível controlar a rotação de motores elétricos trifásicos conforme a demanda solicitada sem perder o torque, evitando assim o desperdício de energia elétrica.

## **2 Referencial Teórico**

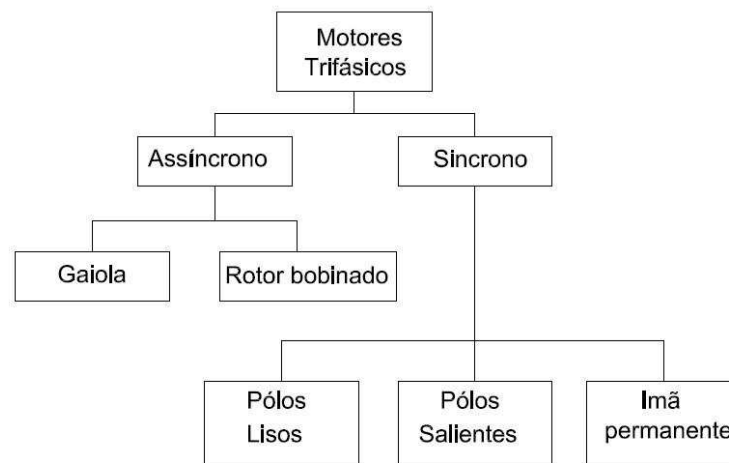
### **2.1 Motores elétricos**

Existem inúmeros tipos de motores elétricos empregados nas mais diversas aplicações, no entanto este capítulo dará ênfase somente aos motores elétricos trifásicos assíncronos e fará um breve resumo sobre os motores síncronos para efeito de conhecimento.

Os motores trifásicos são alimentados por um sistema onde as tensões estão defasadas em 120° elétricos. Representando a grande maioria dos motores instalados nas indústrias, são de baixo custo, vida útil prolongada e de fácil manutenção em relação aos motores de corrente contínua.

Os motores trifásicos estão divididos em dois grupos, conforme figura 1.

Figura 1 - Classificação dos motores trifásicos



Fonte: Mamede (2008)

### 2.1.1 Motor assíncrono - Gaiola de esquilo

O motor com rotor gaiola de esquilo é o mais robusto de todos e não exige o uso de escovas nem de comutadores, o que evita muitos problemas relacionados a desgaste e manutenção. Este tipo de motor apresenta um conjugado de partida relativamente fraco e pico de corrente na partida as barras que formam a gaiola influem nessas características. Os motores de maior desempenho são equipados com rotores gaiolos de barras altas, barra de cunha ou dupla.

### 2.1.2 Motor assíncrono - Rotor bobinado

O rotor bobinado tem um enrolamento composto por três bobinas, semelhante ao estator do motor. Essas bobinas são ligadas normalmente em estrela, com os três terminais livres conectados a anéis deslizantes no eixo do rotor. Esse anéis permitem, por meio de escovas, a conexão de resistores variáveis no circuito das bobinas para melhorar as características de partidas.

### 2.1.3 Motores síncronos

São chamados de síncronos porque a velocidade do seu rotor é síncrona com o campo girante que é estabelecido no estator, sua velocidade é determinada pela seguinte equação:

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

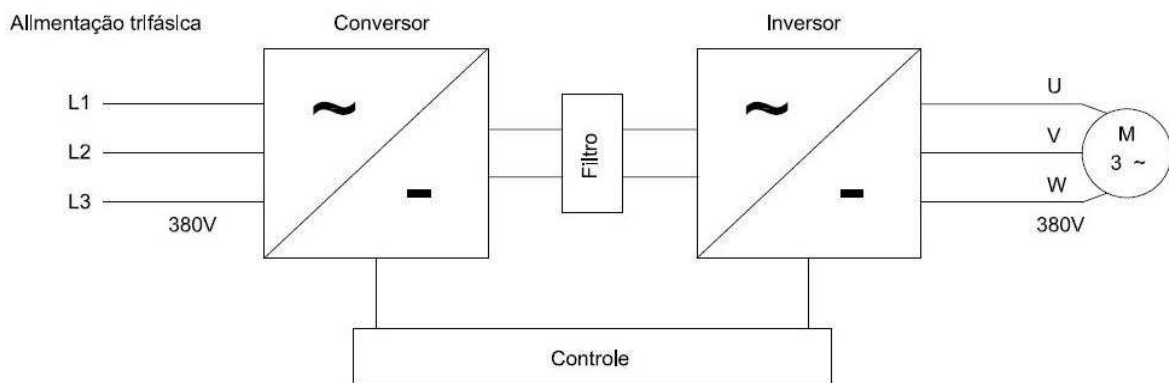
Onde:  $N_s$ : velocidade síncrona em rpm,  $f$ : frequência em Hz e  $p$ : número de pólos. Como podemos considerar a frequência que alimenta o motor constante, bem como seu número de polos, podemos considerar o motor síncrono CA uma máquina de velocidade constante (FRANCHI, 2008).

## 2.2 Inversor de Frequência

O controle de velocidade dos motores elétricos na indústria é utilizado em larga escala para as mais diversas aplicações. Há poucos anos atrás, para este tipo de aplicação a solução encontrada era a utilização de motores de corrente contínua, dessa forma era possível obter um controle de velocidade, preciso e de forma contínua. Porém com os constantes avanços tecnológicos, foram desenvolvidos equipamentos que permitiram a variação de velocidade nos motores de indução, através de um dispositivo denominado inversor de frequência, (FRANCHI,2008).

Os inversores de frequência são equipamentos constituídos basicamente por um circuito retificador, um filtro e um inversor, conforme mostra a figura 2.

Figura 2 - Esquema básico de um inversor de frequência



Fonte: Mamede (2008)

O método mais eficiente de controle de velocidade de motores de indução trifásicos, com menores perdas no dispositivo responsável pela variação da velocidade, consiste na variação da frequência  $f_1$  da fonte de alimentadora através de conversores de frequência, em que o motor pode ser controlado de modo a prover um ajuste contínuo de velocidade e conjugado com relação à carga mecânica.

### 2.2.1 Princípios básico de funcionamento

Inicialmente desenvolvidos com tiristores e atualmente trabalhando com transistores IGBT, transistor bipolar de porta isolada. Os ciclo conversores antecederam os atuais inversores, eles eram utilizados para converter 60Hz da rede em uma frequência mais baixa em uma conversão CA-CA. Os inversores utilizam uma conversão CA-CC e retorna a CA.

### 2.2.2 Circuito retificador

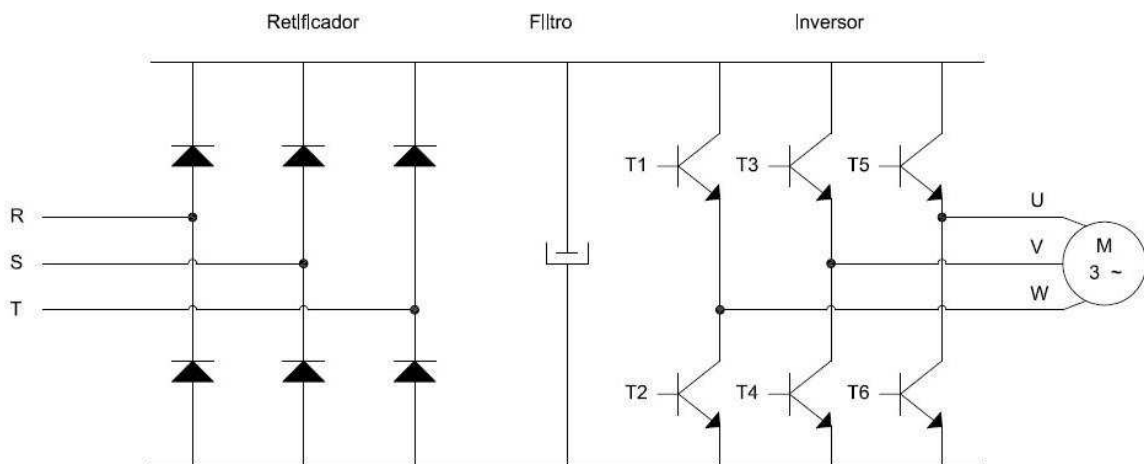
Na rede de entrada, a frequência é fixa em 60HZ, sendo transformada pelo retificador em contínua (retificador de onda completa). O filtro transforma a tensão em contínua com valor aproximadamente de:

$$V_{cc} = 1,41 \times V_{rede}$$

### 2.2.3 Controle de Chaveamento

A tensão contínua é conectada aos terminais de saída pelos tiristores T1 a T6, que funcionam no corte ou na saturação com uma chave estática. O controle desse circuito é feito pelo circuito de comando, de maneira a obter um sistema de tensão alternada em que as frequências estão defasadas de 120° elétricos. Conforme figura 3, devem ser escolhidas a tensão e a frequência que permitam que a tensão  $U_2$  seja proporcional à frequência  $F$  para que o fluxo e o torque sejam constantes.

Figura 3 - Circuito de um conversor de frequência

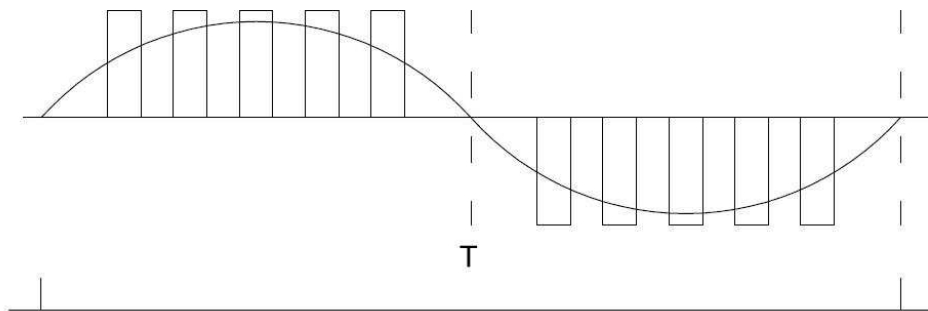


Fonte: Mamede (2008)

O circuito de comando dos transistores de potência é o elemento responsável pela geração de pulsos de controle dos transistores de potência, com o uso dos micro controladores digitais, essa técnica tornou-se confiável. Atuando sobre a taxa de variação do chaveamento das bases dos transistores, controla-se a frequência do sinal trifásico gerado. Como o modulador recebe um sinal de corrente contínua ou alimentação contínua,

a frequência e a tensão do modulador independem da rede de alimentação do conversor, permite que o conversor possa ultrapassar a frequência nominal da rede conforme figura 4.

Figura 4 - Modulação PWM

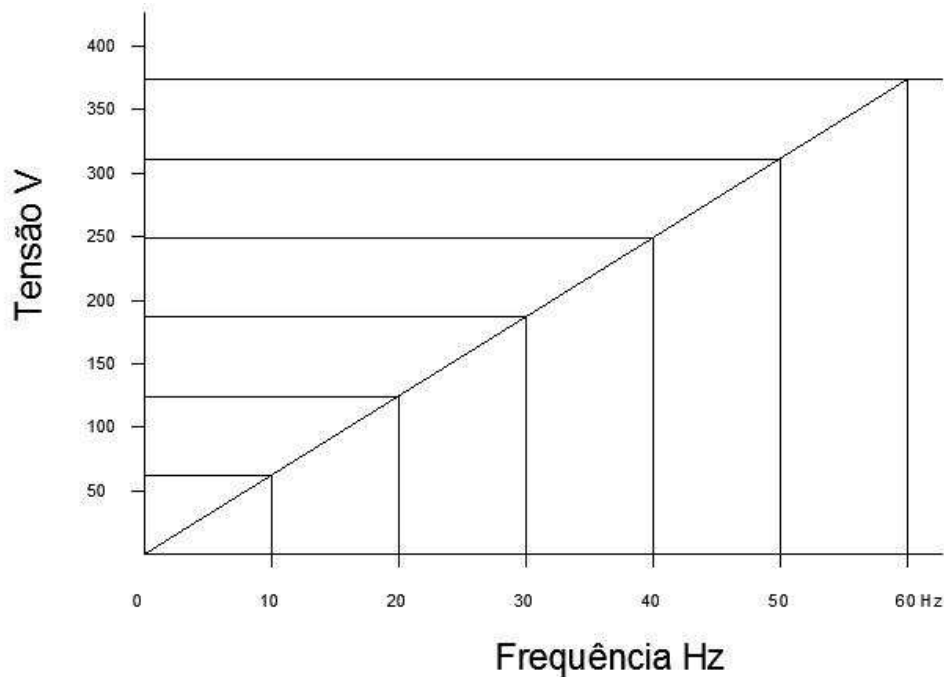


Fonte: Franchi (2008)

Independente da topologia, o princípio de funcionamento se baseia em uma tensão CC no circuito intermediário e devemos transformar em tensão CA para acionar o motor AC. A topologia PWM é a mais utilizada nos inversores atuais. Como a tensão é fixa, devemos chavear os transistores de saída pela modulação de largura de pulso para obtermos uma forma de tensão CA sintetizada e de frequência variável.

A variabilidade da frequência é muito grande e pode ser de dois tipos, vetorial ou escalar. A escalar é uma relação direta entre frequência e tensão, observe no gráfico da figura 5.

Figura 5 - Tensão x Frequência



Fonte: Mamede (2008)

#### 2.2.4 Conversores com controle escalar

Esta família de conversores é composta de sistemas cuja exigência se restringe ao controle da velocidade do motor, sem controle do torque desenvolvido e sem conhecimento da dinâmica do processo sob controle. Os motores acionados por essa família de conversores têm ou devem atender a exigências normais e o controle é feito em malha aberta (sem realimentação), isto é, não existe um tacógrafo instalado no eixo do motor para realimentar a estrutura controladora.

### **2.2.5 Conversores com controle vetorial**

Com o avanço das técnicas de controle, surgiram novas estruturas de comando que atendem a solicitações de controle de velocidade com respostas rápidas e de alta precisão.

A corrente de armadura do motor, menos as perdas no ferro, pode ser analisada como formada por duas parcelas distintas: Aquela que é responsável pela magnetização da máquina e, conseqüentemente, pelo fluxo magnético que atravessa o entreferro, e aquela outra do ramo de força do circuito. Portanto, tendo conhecimento dessas grandezas, tem-se conhecimento dos fluxos de energia que a máquina necessita, por meio da análise da corrente da armadura. O sinal cinda do eixo do motor, coletado por um taco gerador de pulsos, fornece uma malha fechada de controle, o que possibilita:

- Alto desempenho dinâmico;
- Operação suave no conjugado motor, quando ocorrem variações na carga;
- Grande precisão de velocidade.

### **2.2.6 Variação de velocidade**

A principal função do inversor de frequência é a variação de velocidade e para isso o inversor conta com alguns métodos para realizar essa função:

- Acionamento pela IHM.

Quando configurado para acionamento local, deverão ser utilizados os botões de comando do IHM, para aumentar ou diminuir a velocidade do motor ou inverter o seu sentido de rotação.

- Acionamento por entradas digitais.

Na maioria das aplicações industriais partir um inversor de forma local se torna inviável, para solucionar este problema é indicado o uso de entradas digitais com botões instalados em campo.

- Função multispeed.

Com a função multispeed é possível programar até oito velocidades de saída relacionando os valores por parâmetros, conforme a combinação lógica das entradas digitais.

- Acionamento pelas entradas analógicas.

Para algumas aplicações industriais deseja-se um controle mais fino em relação ao acionamento por entradas digitais. Com o uso das entradas analógicas é possível efetuar esse tipo de controle por meio de sinais analógicos de 4 a 20mA ou de 0 a 10Vcc. Esse tipo de acionamento pode ser realizado de duas maneiras:

- Acionamento por potenciômetro na configuração divisor de tensão para aplicar uma tensão variável de 0 a 10Vcc;
- Acionamento por fonte de tensão ou fonte de corrente externas, exemplo sinal enviado por um CLP (controlador lógico programável).

Utilizar inversores de frequência para variação de velocidade de motores elétricos de indução é uma solução bastante prática. Além de realizar a partida de forma mais suave através dos parâmetros de partida por rampa de aceleração como as soft-start. Dispões de entradas analógicas que possibilitam o uso de um potenciômetro permitindo um ajuste fino do controle da velocidade tornando-o apto para a aplicação proposta com a máquina de costura.

### **2.3 Alicates Amperímetro**

O alicate amperímetro é um teste eletrônico que combina um voltímetro e um amperímetro na forma de alicate conforme figura 6. Criado como uma ferramenta de teste, os alicates amperímetros atuais apresentam a maioria das funções básicas de um Multímetro Digital, com o recurso agregado de um transformador de corrente integrado. Abaixo as configurações:

- Display LCD/Contagem: 3 1/2 Dígitos/2000;
- Corrente AC: 2/20/200A;
- Tensão DC/AC: 600V;
- Resistência: 2000/200k $\Omega$ ;
- Teste de Continuidade: Sim;
- Resolução em Corrente: 0,001/0,01/0,1A;
- Abertura de Garra: 27mm;
- Diâmetro do Condutor: 25mm;
- Precisão Básica: 1,0%;
- Categoria de Segurança: CAT II 600V.



Figura 6 - Alicate amperímetro ET-3100



Fonte: Minipa (2015)

### **3 Metodologia**

No estudo de caso proposto será utilizado um inversor de frequência a fim de reduzir e controlar a rotação de um motor trifásico em uma máquina de costura industrial modelo Zig Zag. Para obter uma partida mais suave o sistema contará com um acionamento por potenciômetro. Os valores de frequência referentes à rotação do motor serão coletados a partir do IHM (Interface Homem Máquina) presente no inversor de frequência, paralelamente o consumo de corrente será coletado através de um alicate amperímetro.

A seguir serão apresentadas inicialmente as características da máquina de costura e motor com embreagem instalado de fábrica, posteriormente serão descritas as configurações do motor trifásico e inversor de frequência com potenciômetro linear.

#### **3.1 A máquina de costura industrial**

A máquina de costura industrial modelo zig zag foi projetada para atender uma ampla gama consumidores, do pequeno e médio produtor até as grandes fábricas e malharias conforme figura 7. Opera com tecidos de materiais leves e de médio porte, costura facilmente para frente e para trás ajustando o sistema de alimentação reversa presente em seu painel e conta ainda com um diferencial, pode ser regulada para bordadeira, zig zag ou costura reta.

Figura 7 - Máquina Zig Zag industrial Singer



Fonte: Singer (2015)

A máquina de costura industrial modelo zig zag possui as seguintes especificações:

- Fabricante: Singer;
- Tipo: Zig Zag;
- Modelo da máquina: 20U -109;
- Autonomia: 1800 ppm;
- Diâmetro da polia: 75mm.

### 3.2 Clutch motor (motor com embreagem)

Nesta máquina é utilizado um tipo de motor de indução especial, projetado com um sistema de embreagem ele permite a variação da velocidade em seu eixo, sua utilização abrange uma infinidade de aplicações e é usado em grande escala em máquinas de costuras semi-industriais e industriais conforme figura 8.

Figura 8 - Clutch motor



Fonte: Mamede (2008)

As especificações do motor com embreagem abaixo:

- Fabricante: Diversos, figura ilustrativa;

- Tipo de Motor: Motor de indução com acionamento por embreagem;
- Modelo: R31431;
- Potencia: 1/3Hp;
- Tensão: 110/220V;
- Corrente nominal 4.4/2.2 A;
- Frequência: 60Hz;
- Velocidade: 1725rpm;
- Diâmetro da polia: 75mm.

Para atingir a velocidade máxima o sistema depende do tipo de tecido, da linha e das condições de costura. O diâmetro de ambas as polias, polia volante e polia do motor é de 75mm o que resulta em uma relação de 1:1, a correia utilizada é do tipo M. Para manter as características originais, o sistema de transmissão por correia e polias não sofrerá modificações, ao eixo do novo motor será adaptado uma polia com as mesmas especificações.

### 3.3 Motor Trifásico

Ao novo sistema, será adotado um motor trifásico de potência equivalente ou superior ao instalado na máquina conforme figura 8. O motor dimensionado para essa aplicação foi um motor de indução gaiola de esquilo de 0.5cv do fabricante WEG, atendendo ao pré-requisito de operar em tensão trifásica, requisito necessário para trabalhar com inversor de frequência.

Figura 8 - Motor de indução WEG 0,5CV

Fonte: Guia Técnico WEG (2014)

As especificações do motor trifásico de potência abaixo:

- Fabricante: WEG;

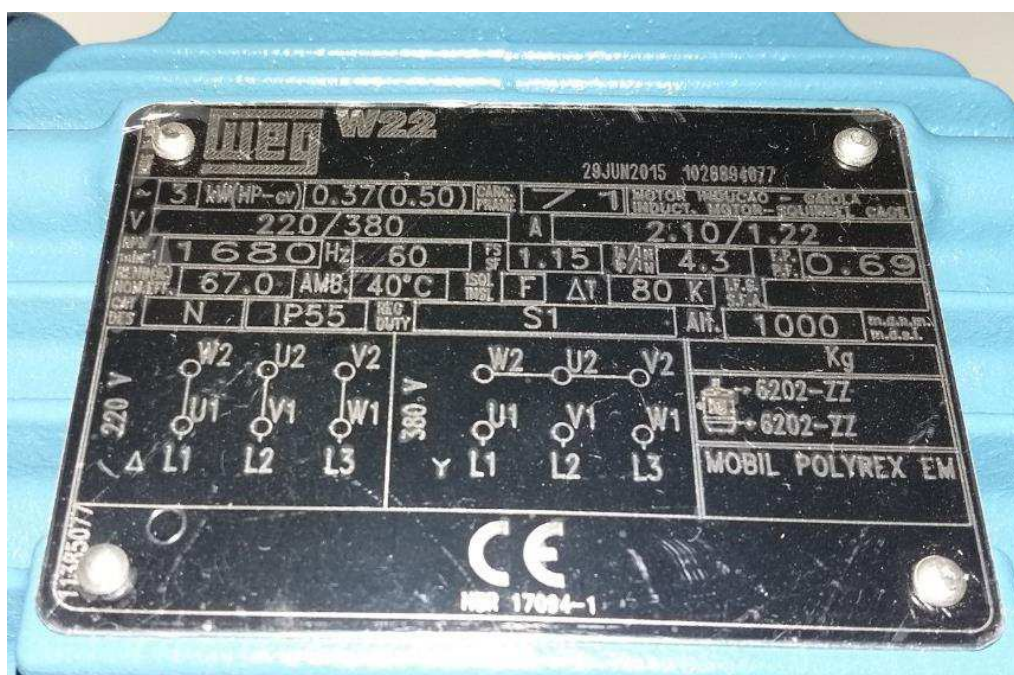


- Tipo: Motor de indução trifásico;

- Modelo: W22;
- Potencia: 0,5CV;
- Tensão: 220/380V;
- Corrente nominal 2.1/1.22 A;
- Frequência: 60Hz;
- Velocidade: 1680rpm.

O fechamento do motor deverá ser realizado em delta, ou seja, 220V tensão de saída do inversor, conectando os fios em conjunto três conjuntos, W2 e U1, U2 e V1 e por fim V2 com W1 conforme a figura 9.

Figura 9 - Placa de motor elétrico trifásico



Fonte: Guia Técnico WEG (2014)

### 3.4 Inversor de frequência

A especificação do inversor para essa aplicação exige que alguns critérios sejam levados em consideração como:

- Nível de tensão compatível com a rede de distribuição monofásica para que possa atender a pequenos consumidores domésticos, malharias e ateliês;
- Suporte a entrada de sinal analógico para a utilização do potenciômetro;
- IHM para a visualização e configuração dos parâmetros.

Foi adotado o inversor de frequência Power Flex 4 conforme figura 10.

Figura 10 - Inversor de frequência Power Flex 4



Fonte: Mamede (2008)

Atendendo as especificações, o inversor possui as especificações abaixo:

- Fabricante: Allen – Bradley;
- Modelo: 22A-A4P5N104;
- Potencia: 1.0 HP;
- Tensão: 220 - 240V Monofásico;
- Corrente: 10A;
- Frequência: 48~63Hz.

### 3.5 Aquisições de dados

A coleta das variáveis do sistema deverá ser realizada inicialmente no sistema original, os dados solicitados são corrente de partida, corrente em funcionamento normal sem operação e corrente em operação. Os valores requeridos serão obtidos através de um equipamento de medição, um alicate amperímetro digital para leitura de corrente AC.

#### 3.5.1 Medições de corrente com motor trifásico e inversor

O processo para aquisição dos valores de corrente do sistema com o inversor é semelhante ao do motor com partida direta, porém deve-se considerar a instalação da garra do alicate amperímetro no fio fase na entrada do inversor afim de também medir o consumo registrado pelo equipamento.

#### 4 Resultados

Realizados todos os testes na máquina de costura com motor de acionamento por embreagem, foi possível verificar que há uma variação significativa de corrente na partida do motor e após atingir a rotação nominal a corrente se estabilizou como o esperado, característica do sistema de partida direta, os valores encontrados estão descritos Tabela 1.

A tabela abaixo indica o nível corrente durante a partida e ciclo de trabalho da máquina. Os valores obtidos através de alicate amperímetro no circuito de entrada do motor.

Tabela 1 - Consumo do motor

Teste	Tensão (V)	Corrente (A)
1- Partida	200V	7,11
2- Sem Carga	200V	1,5
3- Com Carga	220V	1,5

Fonte: Os Autores (2016)

Os testes com o inversor de frequência foram realizados considerando somente o teste a vazio, sem carga, devido à variação de corrente ser muito pequena tornando-se desprezível o teste com carga para essa aplicação. A frequência de saída do inversor foi aumentada a cada 5Hz para melhor visualização da corrente, os valores obtidos estão descritos na Tabela 2. Os valores obtidos através de alicate amperímetro no circuito de entrada do inversor.

Tabela 2 - Consumo do inversor

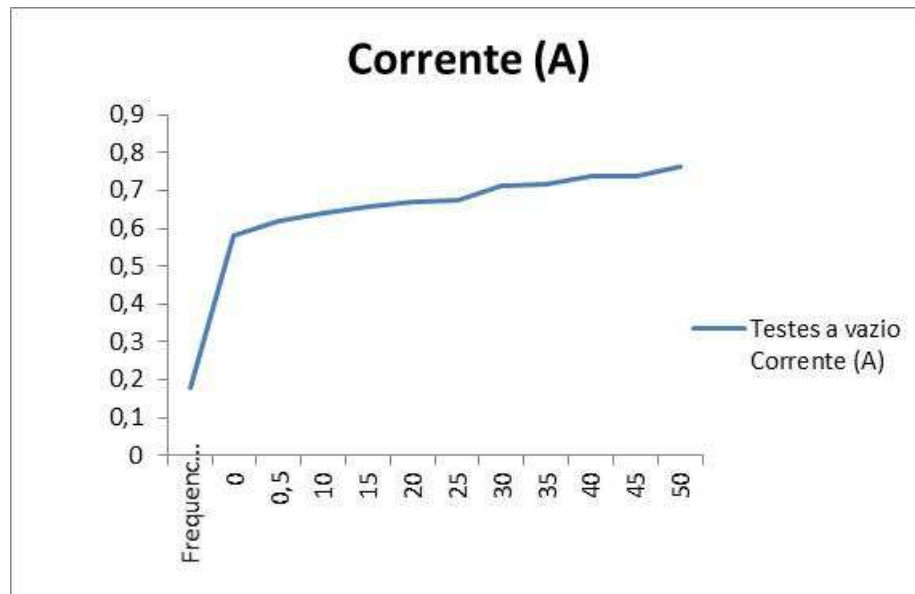
Teste	Frequência (Hz)	Corrente (A)
1- Sem Carga	0	0,177
2- Sem Carga	0,5	0,581
3- Sem Carga	10	0,621
4- Sem Carga	15	0,639
5- Sem Carga	20	0,657
6- Sem Carga	25	0,670
7- Sem Carga	30	0,675
8- Sem Carga	35	0,711
9- Sem Carga	40	0,718
10- Sem Carga	45	0,736
11- Sem Carga	50	0,739
12- Sem Carga	55	0,762
13- Sem Carga	60	0,821

Fonte: Os Autores (2016)

Os resultados obtidos comprovam a eficiência do sistema de partida utilizando um inversor. Além de o consumo diminuir tornou-se possível um controle mais preciso da rotação do motor com uma partida mais suave eliminando a corrente de partida, como mostra a Figura 11 a relação da corrente consumida pelo inversor e a variação de frequência para o motor.



Figura 11 - Curva de consumo do inversor



Fonte: Os Autores (2016)

#### 4.1 Cálculo de consumo

Para comprovar a redução de consumo iremos agora realizar o cálculo de consumo de energia elétrica usada pela máquina de costura, considerando uma jornada de trabalho estimada de 8 horas diárias e 25 dias ao mês com a tarifa cobrada pela concessionária no valor de 0,52 centavos o Kwh.

A fórmula para o cálculo através da corrente é:

$$p = t \times i$$

Onde:

- p: É a potência em w;
- t: É a tensão;
- i: É a corrente em A.

Como a concessionária cobra em kw, devemos converter a potência para a escala desejada, para isso devemos dividir a potência encontrada por 1000.

#### 4.2 Consumo do inversor com o motor trifásico

Com a utilização do inversor de frequência é possível variar a rotação, conforme esta rotação aumenta a corrente também irá elevar. Enquanto o pedal de aceleração não for acionado o motor encontra-se parado, logo a corrente registrada será apenas a de consumo interno do inversor sem o motor. Devido à impossibilidade técnica de realizar uma medição mais precisa, para este

cálculo iremos considerar a corrente do inversor para a frequência de 30Hz, pois durante a operação raramente é utilizada a rotação máxima do motor.

Para uma leitura mais precisa, é indicado o uso de um medidor de energia elétrica bifásico em série com o inversor.

Para a corrente registrada a 30Hz, temos:

$$p = 220V \times 0.675 = 148.5w$$

Convertendo para kw,

$$148.5w \div 1000 = 0.1485kw$$

Aplicando na fórmula para o cálculo do consumo, temos:

$$0,1485 \times 8 \times 25 \times 0,52 = 15,44$$

#### **4.3 Consumo do motor com embreagem**

Desprezando o valor da corrente de partida e considerando apenas o valor da corrente com carga, temos:

$$p = 220V \times 1.5A$$

$$p = 330w$$

Convertendo para kw:

$$330w \div 1000 = 0,33kw$$

Aplicando na fórmula para o cálculo do consumo, temos:

$$0,33 \times 8 \times 25 \times 0,52 = 34,32$$

Logo, o custo mensal com uma máquina sem impostos e demais tarifas é de 34 Reais e 32 Centavos.

#### **4.4 Redução de custo**

Usando como referência o custo em R\$ 34,32 com a máquina funcionando com motor de embreagem, após a instalação do sistema com inversor de frequência houve uma redução de R\$18,87, ou seja, o consumo diminuiu em 55% comprovando assim a redução de consumo.

### **5 Conclusão**

Após atingir todos os objetivos propostos, concluímos que a técnica de acionamento eletrônico com inversor de frequência é bastante eficiente, pois além de eliminar a corrente de partida



tornando o acionamento mais suave, permitiu um controle mais preciso do motor sem perder o torque. O sistema passou a consumir menos energia elétrica, reduzindo assim os custos com eletricidade em até 55%. A implantação do inversor com o novo motor também trouxe outros benefícios, como a facilidade e o custo de manutenção reduzido, devido ao uso de motor de indução trifásico que por ser mais robusto tem uma vida útil mais longa é mais facilmente encontrado para a compra que um motor com embreagem convencional.

## 6 Referências

**ABRAPCH. Associação Brasileira de Fomento às Pequenas Centrais**

**Hidroelétricas.** 2015. Disponível em: <http://abrapch.com.br/>. Acesso em: 19/01/2016.

FRANCHI, C.M. **Acionamentos Elétricos**, 3ª ed. São Paulo, Érica, 2008, p 196.

**GUIA TÉCNICO WEG. Motores de indução alimentados por inversores de frequência**

**PWM.** 2014. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-inducao-alimentados-por-inversores-de-frequencia-pwm-027-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>. Acesso em: 10/11/2015.

MAMED, J.F. **Instalações Elétricas Industriais**, 7ª ed. Rio de Janeiro, LTC, 2008, p 298.

MINIPA. **Alicates Digitais ET-3100.** 2015. Disponível em:

<http://www.minipa.com.br/2/85/649-Minipa-Alicates-Digitais-ET-3100>. Acesso em: 19/01/2016.

NUNES, MARTINS. **Modelando a conta de Energia Elétrica, Programa de**

**Desenvolvimento Educacional da SEED do PR.** Disponível em:

<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2239-8.pdf>. Acesso em: 19 de nov. 2015.

RODRIGUES, SCHMIDT. **Aplicação de Motores de Média Tensão dedicados acionados por inversor de frequência e utilização de um único projeto em diferentes solicitações de carga.**

Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-aplicacao-de-motores-de-media-tensao-dedicados-acionados-por-inversor-de-frequencia-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>, Dezembro 2011. Acesso em: 23 de nov. 2015.

SINGER. **Manual de instruções da máquina de costura zig zag,** Disponível em:

[http://www.singer.com.br/wpcontent/uploads/2013/02/20Umanual\\_de\\_instru%C3%A7%C3%B5es.pdf](http://www.singer.com.br/wpcontent/uploads/2013/02/20Umanual_de_instru%C3%A7%C3%B5es.pdf), Rev. 0, Novembro 2011. Acesso em: 12 de nov. 2015.