

# DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA SOLDAGEM AUTOMATIZADA DE ROSCAS TRANSPORTADORAS

Andréia Pasqualini, Danilo Sontag, Fábio Alexandrini, José Ernesto de Fáveri,  
Vander Claudio Sezerino.

## RESUMO

*O trabalho relata o processo para aperfeiçoar a fabricação das roscas transportadoras, na empresa Zanella Engenharia e Indústria de Máquinas, através da automatização da soldagem das hélices das roscas. Por se tratar de uma atividade morosa, acarretava a limitação nas vendas deste produto. Utilizou-se uma concepção simples, com materiais e componentes de fácil aquisição e simplicidade na operação, desenvolve-se o projeto um sistema de solda automatizada, comandado por Comando Lógico Programável, capaz de atender todos os modelos de roscas transportadoras fabricados pela empresa. Sua viabilidade será analisada não só economicamente, mas também no aspecto ergonômico, assegurando ao operador maior conforto e segurança na execução da tarefa. Além do ganho de produção com a redução de tempo da operação, a implantação do projeto garantirá a manutenção e a melhoria da qualidade dos produtos fabricados, uma vez que o processo torna-se contínuo, menos sujeito a falhas, garantindo assim a satisfação do cliente. Bem como uma redução custo e tempo de operação em torno de 93,84%.*

**Palavras-chave:** administração da produção, melhoria nos processos fabricação, satisfação do cliente.

## INTRODUÇÃO

Nossa função como engenheiros de produção é, no sistema produtivo cada vez mais competitivo, oferecer suporte à operacionalização, garantindo sua eficiência e produtividade. Fabricar produtos de qualidade atualmente não se trata de um diferencial, mas sim de uma obrigação e uma exigência do mercado. O melhor caminho é otimizando sua manufatura, seja fazendo uso de tecnologias de ponta ou implantando projetos de melhorias de concepção simples.

Este Trabalho descreve a implementação de melhoria no processo de soldagem das helicóides de roscas, uma espécie de automatização. Tal tema foi selecionado dentre outros devido às roscas transportadoras serem um dos principais produtos comercializados pela empresa Zanella Engenharia e Indústria de Máquinas, que possui unidades em Curitiba/PR e Rio do Sul/SC.

Com a implementação desse sistema permitiu diminuir o atraso nas entregas já estabelecidas e melhoria nas condições de atender os casos de urgência dos clientes tradicionais da empresa, ou ainda nos casos de reposição. No longo prazo, esta operação esta se tornando viável, uma vez que o custo é diretamente proporcional ao tempo de trabalho.

## ROSCAS TRANSPORTADORAS

As roscas transportadoras helicoidais possuem forma cilíndrica, adquirida através das helicóides em chapas de aço carbono SAE 1045/1060 executadas sobre um tubo mecânico de parede grossa. Sua construção pode ser feita em outros materiais, conforme a necessidade do cliente e da instalação.

Uma das formas de uso das roscas é instalada dentro de uma calha metálica dobrada e calandrada, composta por cabeceiras, com base de acionamento, moto-redutor, ponteiras, mancais, rolamentos, com tampas superiores.

Estes tipos de transportadores são responsáveis pelo deslocamento do cavaco de um ponto a outro, como por exemplo, de um silo até a caldeira alimentada por este, exemplos figuras 1 e 2.



**FIGURA 1** - Rosca helicoidal

Fonte: Acervo da empresa



**FIGURA 2** - Rosca Transportadora em calha

Outra forma construção de rosca é a mesma ser flangeada entre dois carros móveis, um guia e o outro motorizado que se deslocam sobre trilhos ao longo de um depósito de cavacos chamado de silo horizontal (figura 3). Trata-se de roscas que permanecem totalmente “mergulhadas” na pilha de cavacos. São muito mais robustas tendo em vista sua vazão e a exigência mecânica solicitada desta forma de utilização.

Em ambos os casos, a rosca, através do movimento rotativo proporcionado pelo seu acionamento por moto-redutor, realiza o transporte de cavacos de madeira e demais produtos.

Sua utilização é bem diversificada, principalmente no manuseio de grãos e produtos diversos como cavacos de madeira, cinzas, sulfato de sódio, entre outros materiais presentes nas plantas de grandes empresas produtoras de papel, celulose, chapas de compensado, aglomerado, MDF e outros derivados de madeira.

## **SOLDAGEM**

Para que se possa compreender do que se trata a solda das helicóides de uma rosca, é necessário termos, primeiramente, uma conceituação sobre o que é solda utilizada no processo de solda MIG com, neste caso, com arame tubular.

A soldagem ao arco elétrico com gás de proteção, mais conhecida como soldagem MIG/MAG (MIG – Metal Inert Gas e MAG – Metal Active Gas), segundo Amauri (2001, p. 6) “trata-se de um processo de soldagem à arco elétrico entre a peça e o consumível em forma de arame, eletrodo não revestido, fornecido por um alimentador contínuo, realizando uma união de materiais metálicos pelo aquecimento e fusão.”

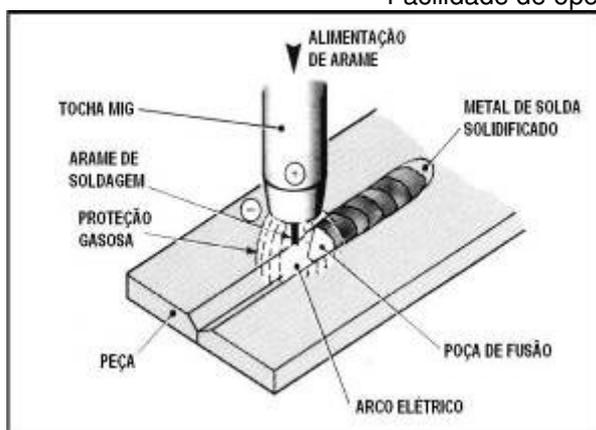
Conforme Fortes (2005, p. 1) “o arco elétrico funde de forma contínua o arame à medida que é alimentado à poça de fusão. O metal de solda é protegido da atmosfera por um fluxo de gás, ou mistura de gases, inerte (MIG) ou ativo (MAG).”

Hoje, o processo MIG/MAG é utilizado na soldagem da maioria dos metais utilizados na indústria como os aços, o alumínio, aços inoxidáveis, cobre e vários outros. MIG (Metal Inert Gás) é assim denominado MIG o processo de soldagem utilizando gás de proteção quando esta proteção utilizada for constituída de um gás inerte, ou seja, um gás normalmente monoatômico como Argônio ou Hélio, e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão.

Segundo Fortes (2005, p. 3) MAG (Metal Active Gás) “quando a proteção gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, um gás que interage com a poça de fusão (normalmente CO<sub>2</sub>) o processo é denominado MAG.” O processo apresenta

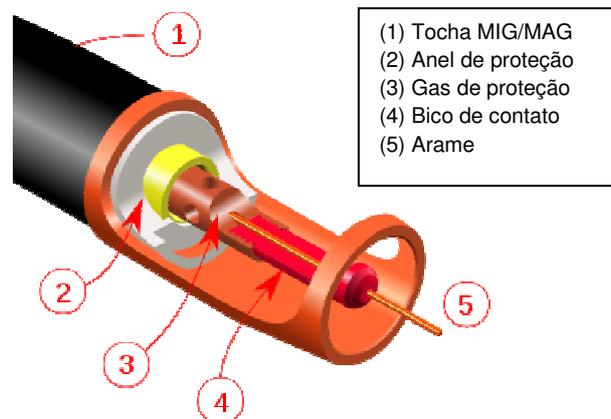
várias vantagens em relação a outros tipos de soldagem por arco elétrico em baixa ou alta produtividade.

- Não há necessidade de remoção de escória
- Não há perdas de pontas como no eletrodo revestido.
- Tempo total de execução de soldas de cerca da metade do tempo se comparado ao eletrodo revestido;
- Alta taxa de deposição do metal de solda;
- Alta velocidade de soldagem; menos distorção das peças;
- Largas aberturas preenchidas ou amanteigadas facilmente, tornando certos tipos de soldagem de reparo mais eficientes;
- Baixo custo de produção.
- Soldagem pode ser executada em todas as posições;
- Processo pode ser automatizado
- Cordão de solda com bom acabamento
- Soldas de excelente qualidade
- Facilidade de operação. (FORTES, 2005, p. 3)



**FIGURA 3** - Solda MIG/MAG

Fonte: Soldagem MIG/MAG - ESAB



**FIGURA 4** - Ponta da tocha MIG/MAG

Fonte: Soldagem MIG/MAG - ESAB

Os equipamentos para soldagem MIG/MAG podem ser manuais ou automáticos. Equipamentos para soldagem manual são fáceis de instalar. Como o trajeto do arco é realizado pelo soldador, somente três elementos são necessários:

- tocha de soldagem e acessórios;
- motor de alimentação do arame;
- fonte de energia.

A tocha guia o arame e o gás de proteção para a região de soldagem. Ela também leva a energia de soldagem até o arame.

Tipos diferentes de tocha foram desenvolvidos para proporcionar o desempenho máximo na soldagem para diferentes tipos de aplicações. Elas variam desde tochas para ciclos de trabalho pesados para atividades envolvendo altas correntes até tochas leves para baixas correntes e soldagem fora de posição. Em ambos os casos estão disponíveis tochas refrigeradas a água ou secas (refrigeradas pelo gás de proteção), e tochas com extremidades retas ou curvas. (FORTES, 2005, p. 12).

Segundo Fortes (2005, p. 13) “geralmente são adicionados sistemas de refrigeração na tocha para facilitar seu manuseio. Nos casos em que são executados trabalhos com altas correntes é necessário usar uma tocha mais robusta.”

A figura 5 mostra as partes de uma tocha seca típica (tocha convencional ou refrigerada pelo gás de proteção) com extremidade curva, contendo acessórios como o bico de contato, bocal, conduíte e cabo.

Para Fortes (2005) o gás de proteção, a água e a fonte de soldagem são normalmente enviados à tocha pela caixa de controle. O controle determina a seqüência de fluxo de gás e energização do contator da fonte.

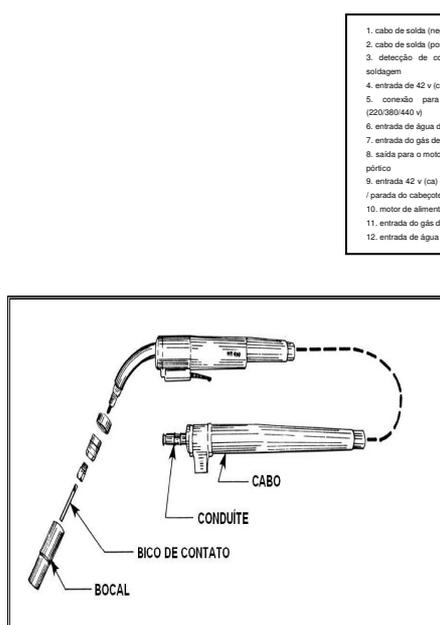
Equipamentos automáticos são utilizados quando a peça pode ser facilmente transportada até o local de soldagem ou onde muitas atividades repetitivas de soldagem justifiquem dispositivos especiais de fixação.

De acordo com Fortes (2005, p. 18) “o caminho do arco é automático e controlado pela velocidade de deslocamento do dispositivo. Normalmente a qualidade da solda é melhor e a velocidade de soldagem é maior.”

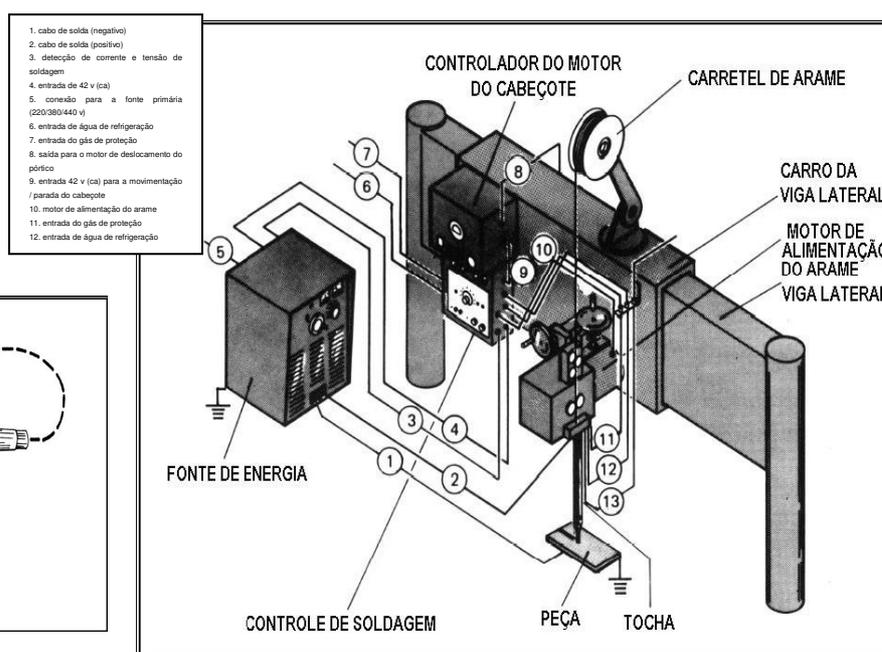
Como pode ser observado na Figura 6, o equipamento de soldagem em uma configuração automática é o mesmo que numa manual, exceto:

- A tocha é normalmente montada diretamente sob o motor de alimentação do arame, eliminando a necessidade de um conduíte; dependendo da aplicação, essa configuração pode mudar;
- O controle de soldagem é montado longe do motor de alimentação do arame. Podem ser empregadas caixas de controle remoto;
- Adicionalmente, outros dispositivos são utilizados para proporcionar o deslocamento automático do cabeçote. Exemplos desses dispositivos são os pórticos e os dispositivos de fixação.

O controle de soldagem também coordena o deslocamento do conjunto no início e no fim da soldagem.



**FIGURA 5** - Tocha MIG/MAG  
Fonte: Soldagem MIG/MAG – ESAB



**FIGURA 6** - Instalações para soldagem automática

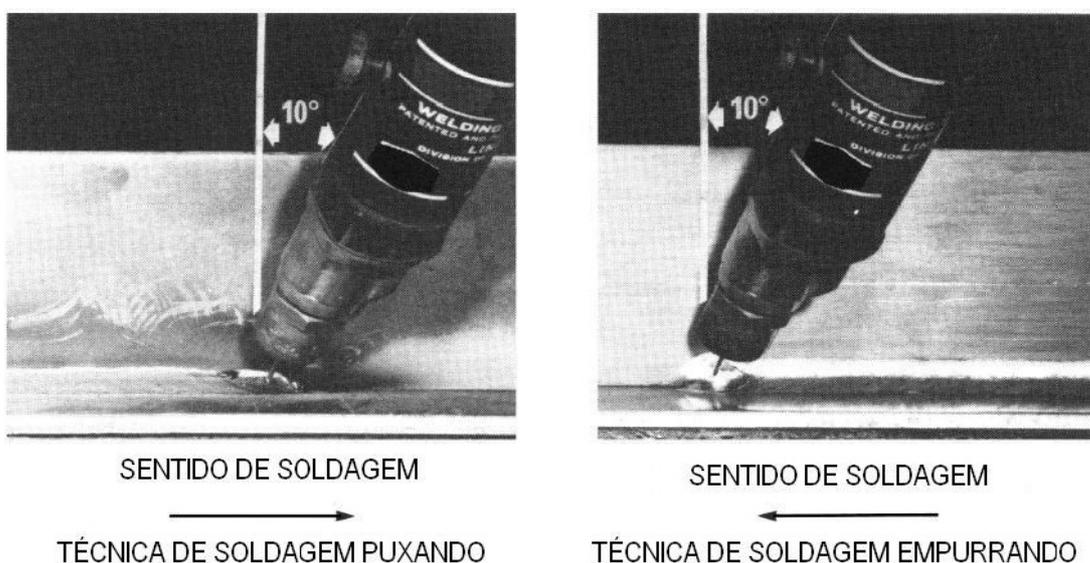
Segundo Fortes (2005, p. 10) O arame tubular é um eletrodo contínuo de seção reta tubular, com um invólucro de aço de baixo carbono, aço inoxidável ou liga de níquel, contendo desoxidantes, formadores de escória e estabilizadores de arco na forma de um fluxo (pó). Ambos os materiais da fita e do núcleo são cuidadosamente monitorados para atender às especificações.

Para Amauri (2001), o processo de soldagem por arame tubular é definido como sendo um processo de soldagem por fusão, onde o calor necessário à ligação das partes é fornecido por um arco elétrico estabelecido entre a peça e um Arame alimentado continuamente.

Atualmente a utilização de Arames Tubular auto-protégido tem tido grande interesse em consequência da sua versatilidade e possibilidade de aplicação em ambientes sujeitos a intempéries como, na fabricação de plataformas de prospecção de petróleo, estaleiros navais, locais de difícil acesso e condições de trabalho, onde até então era absoluto o domínio do processo de soldagem por eletrodos revestidos, assim como vem aumentando sua utilização em estações de trabalho automatizadas e ou robotizadas.

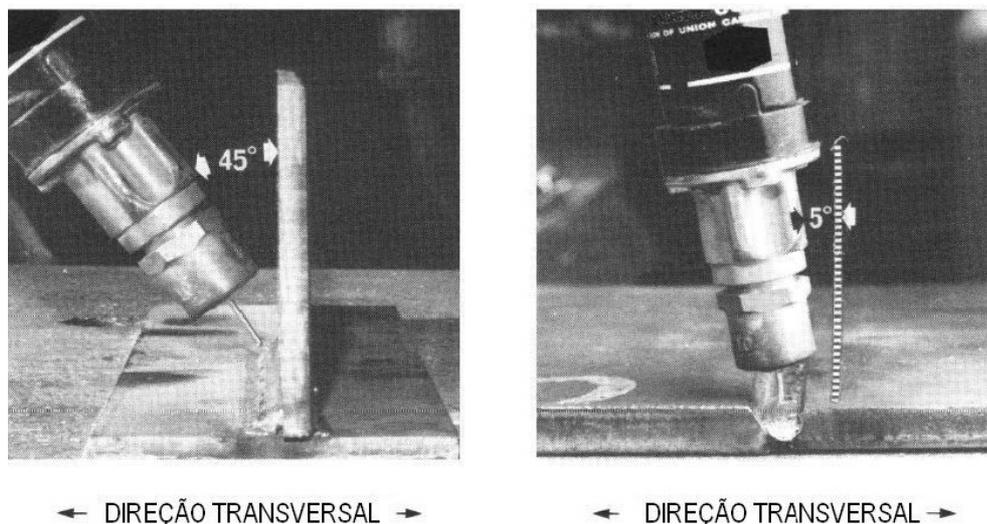
Segundo Fortes (2005), a primeira técnica de soldagem que influi nas características da solda é a posição da tocha. Ela se refere à maneira pela qual a tocha é mantida em relação ao cordão de solda.

A posição da tocha é normalmente definida em duas direções — o ângulo relativo ao comprimento do cordão e o ângulo relativo às chapas, como está ilustrado na Figura 7 e na Figura 8, respectivamente. Ambas as técnicas de soldagem puxando e empurrando são mostradas na Figura 8. Na técnica puxando a tocha é posicionada de tal modo que o arame seja alimentado no sentido oposto ao do deslocamento do arco.



**FIGURA 7** - Posições longitudinais da tocha  
Fonte: Soldagem MIG/MAG - ESAB

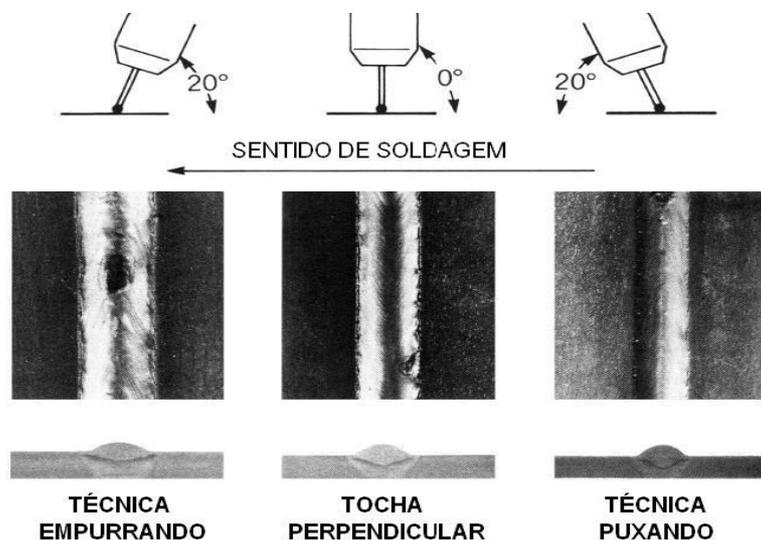
O ângulo relativo com a chapa para uma junta em ângulo mostrado na Figura 8 é normalmente  $45^\circ$ . Porém, para uma junta de topo biselada, esse ângulo pode ficar quase na vertical a fim de permitir um acesso adequado do metal de solda nas paredes do chanfro.



← DIREÇÃO TRANSVERSAL →  
**FIGURA 8** - Posições transversais da tocha  
 Fonte: Soldagem MIG/MAG - ESAB

De acordo com Fortes (2005, p. 70), “a segunda técnica geral de soldagem que deve ser considerada é o sentido de soldagem quando esta deve ser realizada na posição vertical.” Nesse caso, a posição da tocha é muito importante, e a soldagem deve ser realizada somente como está ilustrado. Nos dois casos, o arco deve ser mantido na borda da poça de fusão para garantir uma penetração completa da solda.

Para Fortes (2005, p. 74), “a posição da tocha tem um efeito ligeiramente maior que a própria velocidade de soldagem.” O efeito da alteração do ângulo da tocha ou de mudar de uma técnica de soldagem empurrando para puxando é mostrado na Figura 9.

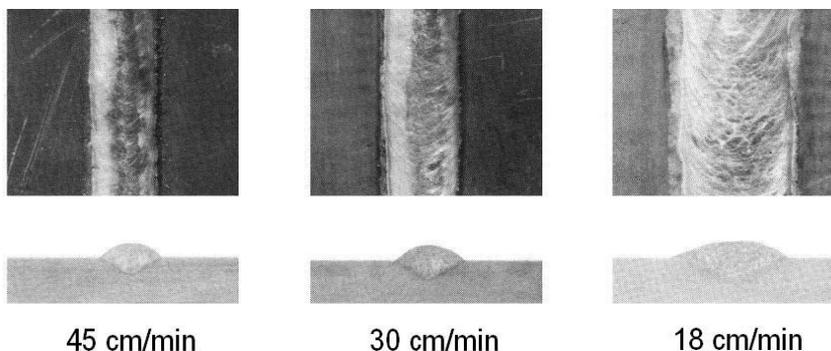


**FIGURA 9** - Efeito da posição longitudinal da tocha na penetração da solda  
 Fonte: Soldagem MIG/MAG – ESAB

Segundo Fortes (2005, p. 69) “a velocidade de soldagem é a relação entre o caminho percorrido pelo arco ao longo da peça e o tempo gasto para percorrê-lo. Esse parâmetro é normalmente expresso em cm/min ou mm/min.” Três regras gerais podem ser enunciadas com respeito à velocidade de soldagem:

- Quando a espessura da peça aumenta, a velocidade de soldagem deve ser reduzida;

- Para uma dada espessura de peça e tipo de junta, quando a corrente de soldagem aumenta, a velocidade de soldagem também deve aumentar e vice-versa;
- Maior velocidade de soldagem é alcançada empregando a técnica de soldagem empurrando.



**FIGURA 10** - Efeito da velocidade de soldagem na penetração da solda  
Fonte: Soldagem MIG/MAG - ESAB

Segundo Fortes (2005), os efeitos da velocidade de soldagem são similares aos da tensão de soldagem — a penetração é máxima para um determinado valor e diminui quando a velocidade de soldagem é alterada. A Figura 10 mostra que a uma velocidade de soldagem de 30 cm/min a penetração é máxima. A 18 cm/min e a 45 cm/min a penetração diminui.

O Controlador Lógico Programável ou Controlador Programável, conhecido também por sua sigla CLP, é um computador especializado, baseado num microprocessador que executa funções de controle de diversos tipos e níveis de complexidade. Exemplo na figura 11.

Segundo WMA (2008), geralmente as famílias de Controladores Lógicos Programáveis são determinadas pela capacidade de processamento de um número de pontos de Entradas e/ou Saídas (E/S).

Controlador Lógico Programável Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), trata-se de um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais. Segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Conforme Vacon (2008), os conversores de frequência, não somente controlam a velocidade do eixo de motores elétricos trifásicos de corrente alternada, como também, controlam outros parâmetros inerentes ao motor elétrico, sendo que um deles é o controle de torque. Os conversores de última geração, fazem medições precisas e estimativas dos parâmetros elétricos do motor, com o objetivo de obter os dados necessários para o controle preciso do motor.

Redutor de velocidade é um dispositivo mecânico que reduz a velocidade (rotação) de um acionador. Seus principais componentes são basicamente: Eixos de entrada e saída, rolamentos, engrenagens e carcaça.

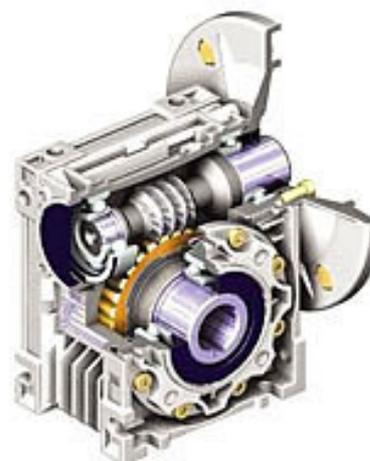
O redutor de velocidade é utilizado quando é necessária a adequação da rotação do acionador para a rotação requerida no dispositivo a ser acionado. Devido às leis da física, quando há redução da rotação, aumenta-se o torque disponível.

Segundo SEW (2008), existem diversos tipos e configurações de redutores de velocidade, sendo os mais comuns os redutores de velocidade por

engrenagens. Essas engrenagens, por sua vez, podem ser cilíndricas ou cônicas. Pode-se ainda utilizar o sistema coroa e rosca sem fim.



**FIGURA 11** - Controlador Lógico Programável  
Fonte: Acervo do autor



**FIGURA 1** - Redutor de velocidade tipo rosca sem fim

Os redutores de velocidade trabalham geralmente com apenas uma redução. No caso de existir a possibilidade de atuar através de um dispositivo e alterar a taxa de redução, este passa a ser chamado de câmbio ou caixa de marchas.

Outro aspecto a ser considerado é a Ergonomia, que segundo Grandjean, (1968), é uma ciência interdisciplinar. Ela compreende a fisiologia e a psicologia do trabalho, bem como a antropometria e a sociedade no trabalho. Já para Leplat, J (1972), a Ergonomia é uma tecnologia e não uma ciência, cujo objeto é a organização dos sistemas homens-máquina.

Mas nem projeto deve ser executado sem antes realizar-se uma análise, que para Nunes (2008), “a análise de viabilidade consiste num estudo técnico e financeiro que procura determinar as possibilidades de sucesso econômico de um determinado projeto, seja ele um projeto de investimento, ou lançamento de um novo produto, a entrada num novo mercado ou um projeto de reestruturação organizacional.”

Segundo Nunes (2008), “as análises de viabilidade são necessárias para apoiar na tomada de decisões dos gestores (as suas conclusões podem determinar a realização ou não de um determinado investimento, por exemplo), mas também podem ser requeridas pelos diferentes financiadores da empresa e do projeto tais como acionistas, bancos, instituições gestoras de programas de apoio, entre outras.”

## PROJETO E AVALIAÇÕES

Atualmente, antes da etapa de solda propriamente dita, as roscas são construídas da seguinte maneira:

1. Os tubos são usinados internamente em torno convencional para a montagem das ponteiros com flanges. Paralelamente as ponteiros são usinadas em torno CNC a partir de barras redondas para posterior montagem;
2. Montagem de ponteira e flange de fixação da rosca de um lado do tubo por interferência e solda MIG;
3. Corte dos discos em máquinas oxi-corte ou plasma e montagem dos discos em “pacotes” na prensa hidráulica para posterior montagem da helicóide. Estes discos são cortados de acordo com o cálculo e em função do passo e diâmetro que a rosca deve apresentar quando concluída;
4. Montagem dos discos sobre o tubo, ajustando-os ao passo determinado em projeto por meio de pontos de solda;

5. Montagem da ponteira e flange da outra extremidade do tubo também por interferência e solda MIG;

Desta forma, a rosca está pré-montada e pronta para ser soldada. Vale salientar que as ponteiras recebem usinagem final de acabamento após o término do processo de soldagem

Após serem montadas, as roscas são colocadas através de pontes rolantes sobre cavaletes com roletes para possibilitar sua rotação enquanto é executada solda MIG intermitente em ambos os lados do disco para sua união completa ao tubo.

Os cavaletes das figuras 22 e 23 são praticamente improvisados, baixos, o que mantém o soldador em uma posição desconfortável, incorreta ergonomicamente, obrigando-o a parar seu trabalho diversas vezes durante o período para alongar-se, procurar uma posição mais confortável ou ainda improvisar assentos para atingir um “conforto” tolerável.

Outro ponto muito negativo na operação é o fato de que o operário está diretamente exposto aos gases e ao calor emitido pela solda, o que torna a tarefa ainda mais exaustiva e prejudicial à saúde.



**FIGURA 2** - Pré-montagem de roscas  
Fonte: Acervo da empresa



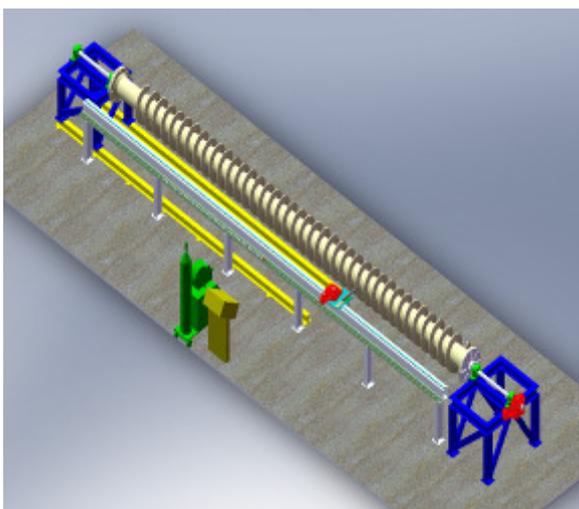
**FIGURA 3** - Cavalete para soldagem

Neste quadro de insatisfação e desconforto existe a probabilidade da existência de imperfeições na solda decorrentes das más condições de trabalho. Ao término do processo, percebemos que o custo pode ser reduzido, pois um soldador leva mais de 4 dias de trabalho para executar a solda completa nas hélices de uma roscas de 12 metros, um equipamento comum.

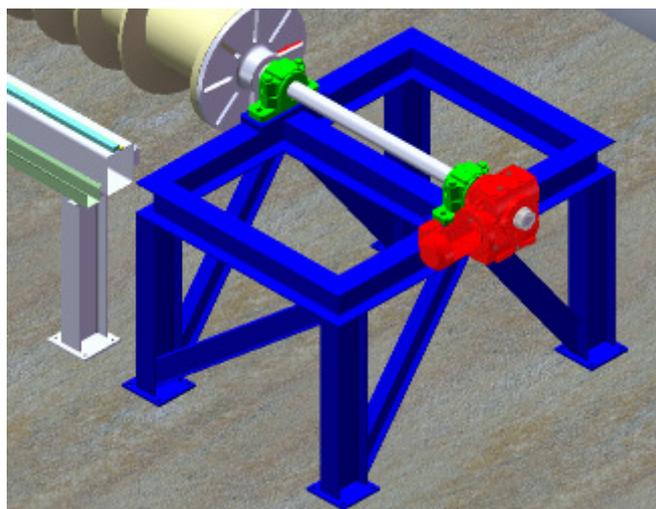
Portanto, além de se tratar de uma operação desgastante, morosa, onerosa, trata-se um “gargalo” na fabricação destes equipamentos, comprometendo assim a entrega final do produto e a satisfação do cliente.

O novo sistema de soldagem de roscas é formado pelos quatro componentes principais: Cavalete motorizado, Cavalete guia, Carro móvel de soldagem e o Painel de comando.

Este item é composto de uma estrutura metálica em perfis tipo “I” fixa ao chão por meio de chapas e chumbadores dimensionados para tal situação. Sobre esta estrutura estão fixos por parafusos dois mancais acoplados a um eixo que, em uma extremidade possui um flange para fixação da rosca a ser soldada e na outra extremidade está montado o moto redutor de velocidades tipo eixo sem fim, responsável pelo acionamento da rotação da rosca durante a operação.

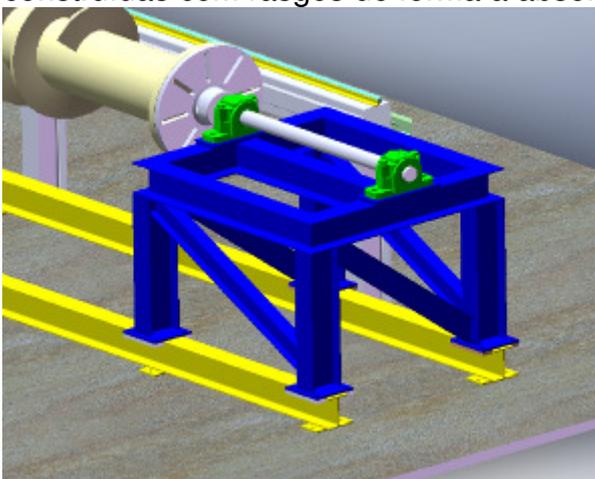


**FIGURA 4** - Vista geral do sistema  
Fonte: Acervo do autor

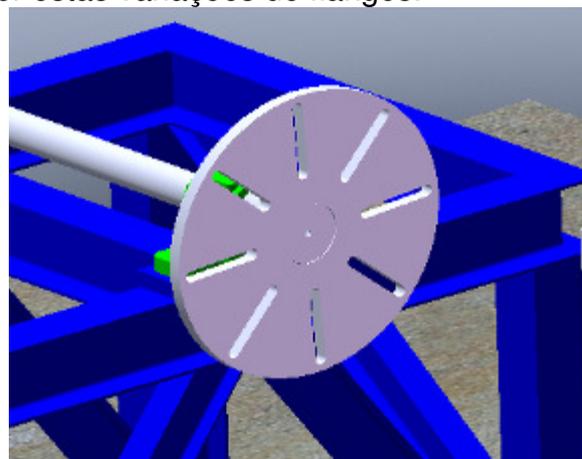


**FIGURA 5** - Desenho do cavelete motorizado

A exemplo do cavelete motorizado (figura 7), também se trata de uma estrutura em perfis tipo “I”. Possui também um conjunto de eixo, mancais e flange para fixação à rosca. Para absorver as variações de comprimentos que temos de roscas, de 4 até 12 metros, o carro guia é móvel deslocando-se longitudinalmente sobre vigas tipo trilho, através de guias que impedem saída do curso normal. Este trilho, por sua vez, é fixo ao chão por meio de chapas e chumbadores. Vale lembrar que também em função das variações de tamanhos de roscas, as flanges foram construídas com rasgos de forma a absorver estas variações de flanges.



**FIGURA 6** - Desenho do cavelete guia  
Fonte: Acervo do autor



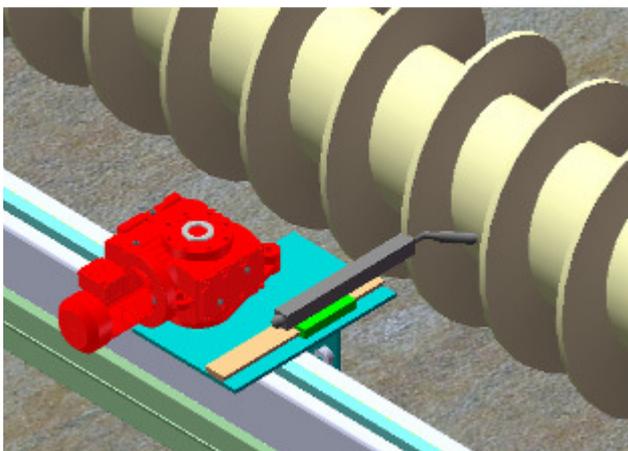
**FIGURA 7** - Desenho com detalhe do rasgo no flange

O conjunto é constituído pelo redutor de velocidades, responsável pelo deslocamento do carro, e pela tocha de solda MIG, fixa por um anel e parafuso de aperto a uma mesa, similar à mesa do carro transversal de tornos convencionais. Este carro de possui deslocamento transversal de aproximadamente 300 mm e, assim, absorver as variações de diâmetro dos tubos das roscas.

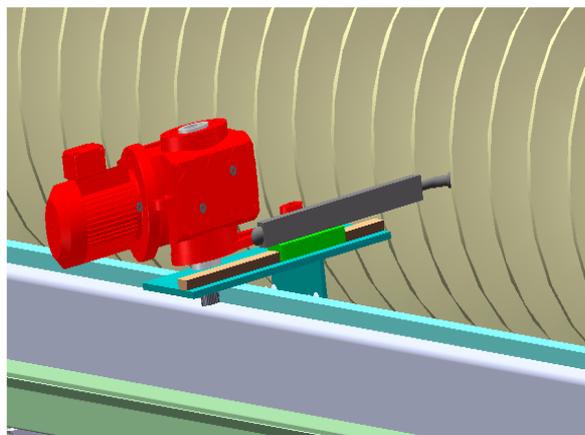
Além do carro de soldagem, temos seu trilho de deslocamento longitudinal, formado por tubo quadrado extremamente resistente apoiado por vigas tipo I chumbadas ao chão, dando rigidez ao conjunto.

Para formar o caminho de rolamento do carro móvel teremos uma chapa parafusada que por sua vez é fresada para encaixe de rodas usinadas em “V” as quais são fixas ao carro móvel.

Já o tracionamento do carro é feito por uma engrenagem acoplada ao eixo de saída do moto redutor, gira em contato com uma cremalheira, fixa ao trilho. Este movimento resulta no deslocamento do conjunto de solda MIG.



**FIGURA 8** - Desenho do carro móvel de soldagem  
Fonte: Acervo do autor



**FIGURA 9** - Desenho com detalhe do trilho do carro móvel

No painel de comando estão montados internamente os componentes elétricos e eletrônicos para o funcionamento do sistema. O CLP, os inversores dos acionamentos, além dos contadores e relés de sobrecarga serão montados dentro deste painel. Externamente, teremos os comandos de posicionamento manual para posicionamento do sistema, chaves de emergência além dos displays dos equipamentos.



**FIGURA 10** - Esteira porta cabos  
Fonte: Acervo da empresa

O sistema móvel será alimentado eletricamente e pelo cabo da tocha, os quais se movimentarão ao longo dos 12 metros de curso. Tendo em vista a redução de custos e a funcionalidade do sistema, faremos a alimentação no centro do curso máximo, ou seja, a 6 metros do início. As mangueiras e cabos elétricos terão esteiras porta cabos distintos, mas possuirão a mesma calha de deslocamento para suas esteiras.

Além de todos estes componentes teremos ainda a máquina de solda MIG, a qual se trata de uma máquina comum como todas as outras utilizadas nas soldas de estruturas. Seu único diferencial é o comprimento da tocha, que normalmente é de 3 metros e que agora para nosso percurso, terá 6 metros.

O objetivo com a implantação desta melhoria do sistema de fabricação das roscas na empresa não é robotizar o processo de soldagem ou torná-lo

automático, mas somente agregar um valor bem como maior qualidade ao produto, automatizando de forma viável operações repetitivas e prejudiciais ao operador.

É evidente que soldagem automatizada e soldagem automática têm muito em comum. Há muitas semelhanças, mas há uma diferença principal. Soldagem automática envolve elaborados sistemas de fixação dedicados com ferramentas, dispositivos fixadores, localização precisa e orientação das peças.

A soldagem automática foi desenvolvida e está sendo usada com um alto nível de eficiência nas indústrias de elevado volume de produção, onde o custo do equipamento é justificado pelo grande número de peças a serem fabricadas. A soldagem automática reduz as exigências de força de trabalho, constantemente produz cordões de alta qualidade, mantém o programa de produção e reduz o custo das peças soldadas. Porém, a principal desvantagem é o alto custo inicial da máquina de solda. Outra desvantagem é a necessidade de se manter o equipamento de soldagem automática em operação todo o tempo.

A soldagem automatizada elimina as caras e elaboradas instalações, *times* automáticos e os interruptores de fim de curso necessários para controlar o arco com a peça de trabalho. Um programa de soldagem automatizada substitui complexos dispositivos rígidos e fixos de seqüenciamento. A soldagem automatizada fornece a mesma economia de tempo e a precisão que a soldagem automática, contudo pode ser aplicada na produção de pequenos lotes, até mesmo para a produção de um único lote. O novo sistema de soldagem das roscas transportadoras será:

- a. Após terem sido pré-montadas, as roscas são trazidas por pontes rolantes até a posição adequada sobre o cavalete de solda. Inicialmente fixa-se o flange da rosca ao cavalete motorizado. Na seqüência, ajusta-se o cavalete guia ao comprimento da rosca, fixando sua flange a flange da rosca.
- b. Em seguida, ajusta-se a tocha a posição inicial do programa de soldagem através da movimentação longitudinal do carro de solda. É feita a aproximação do bico da tocha em direção ao tubo, ou seja, no sentido transversal mediante ajuste manual da mesa.
- c. Regula-se e verificam-se os parâmetros da máquina de solda antes de iniciar a execução do programa em CLP. O programa é elaborado previamente mediante o projeto de fabricação da rosca e os parâmetros necessários para a soldagem, como por exemplo, velocidade de solda, passo, diâmetro da rosca, diâmetro do tubo da rosca dimensões do flange da rosca para o “start” do programa.
- d. Após a execução da solda de um lado o carro pára e o soldador deve virar o sentido do bico da tocha, de modo que possa executar a solda no lado oposto. Feito isto, dá-se o início o programa para executar a soldagem.

Os custos para a execução e implantação deste projeto são basicamente os de construção dos componentes apresentados na tabela 1

**TABELA 1** - Custo total do equipamento

<b>CAVALETE COM ACIONAMENTO</b>	520,11 Kg	<b>R\$ 7.531,16</b>
<b>CAVALETE GUIA</b>	801,46 Kg	<b>R\$ 3.768,04</b>
<b>CARRO DA TOCHA</b>	881,77 Kg	<b>R\$ 12.309,62</b>
<b>PAINEL DE COMANDO E MOVIMENTAÇÃO</b>	107,10 Kg	<b>R\$ 7.282,49</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2.310,43 Kg</b>	<b>R\$ 30.891,31</b>

Fonte: Acervo do autor

Como podemos observar, o custo total do equipamento para o projeto proposto é R\$ 30.891,31, incluindo materiais, fabricação. Por se tratar de uma empresa metalúrgica, os materiais são adquiridos com preços diferenciados devido

às quantidades negociadas. Já a fabricação pode ser executada com mão-de-obra disponível da própria empresa.

Para analisarmos a viabilidade do projeto proposto realizamos um comparativo entre este e o processo utilizado hoje, mediante a solda completa de uma rosca com as seguintes características:

- Comprimento da rosca: 12 metros
- Diâmetro externo da rosca: 650 mm
- Diâmetro do Eixo da rosca: 324 mm

Esta rosca trata-se de uma das maiores e mais comuns comercializadas pela empresa e é também utilizada no desenvolvimento dos cálculos de velocidades e rotação. Para fazermos uma análise financeira de investimento necessitamos inicialmente apurar os custos, conforme a tabela 2.

**TABELA 2** – Comparação de custo atual x proposto

Atual	Proposto
- Número de operadores: <b>01 soldador</b>	- Número de operadores: <b>01 soldador</b>
- Tempo de soldagem: <b>5,3 dias</b>	- Tempo de operação: <b>4,97 horas</b>
- Horas diárias: <b>8,8 horas</b>	Onde:
- Tempo total: 5,3 dias x 8,8 h	• Tempo de solda: <b>4,72 horas</b>
<b>46,64 horas</b>	Comp. Da rosca: <b>12 metros (p/ lado)</b>
- Custo hora/homem: <b>R\$ 12,95</b>	Velocidade desloc.: <b>0,00141m/s</b>
- Custo total de operação: 46,64h x R\$ 12,95 =	12 m / 0,00141m/s = 8510s → 141,84min. →
<b>R\$ 603,99</b>	<b>2,36 horas</b>
	Para soldar ambos os lados dos discos:
	2,36 h x 2 lados = <b>4,72 horas</b>
	• Tempo de setup: <b>0,25 horas</b>
	• Tempo total: 4,72h + 0,25 h = <b>4,97 horas</b>
	- Custo hora/homem: <b>R\$ 12,95</b>
	- Custo total de operação: 4,97h x R\$ 12,95 = <b>R\$ 64,36</b>

Fonte: Acervo do autor

No custo do sistema proposto levamos em consideração setup de máquina, preparo, posicionamento correto do equipamento. Nestes levantamentos de custo dos processos atuais e do novo projeto não foram considerados os itens comuns às duas formas de trabalho, como o arame de solda, o gás inerte (argônio) e outros consumíveis utilizados em ambos os processos.

Se analisarmos os dados anteriores e a Tabela 3, constatamos que obtivemos uma redução de aproximadamente 94% no custo de operação. Mas o que é mais importante que devemos observar é que conseguimos também uma redução de quase 94% no tempo da operação.

**TABELA 3** - Redução custo e tempo de operação

	Processo atual	Novo processo	Redução
<b>Tempo (h)</b>	46,64	4,97	<b>93,84%</b>
<b>Custo (R\$)</b>	603,99	64,36	<b>93,85%</b>

Fonte: Acervo do autor

Fazendo um levantamento do histórico de vendas da empresa constatamos que são vendidas em média 10 roscas por ano. Levando em consideração os custos apresentados do novo projeto temos a seguinte situação:

- Custo de operação atual: R\$ 603,99
- Custo operação novo processo: R\$ 64,36
- Economia no novo processo: R\$ 539,63
- Custo do projeto: R\$ 30.891,31
- Quantidades de roscas: R\$ 30.891,31 / 539,63 = 57, 2 (**58 roscas**)

Com a economia na operação no novo processo o investimento neste projeto teria retorno em praticamente 6 anos, mantendo a média de vendas. Porém, há perspectivas de que a demanda sobre este equipamento irá aumentar, o que fará com que o equipamento se pague em menos tempo.

Como o processo até aqui utilizado expunha diretamente o soldador aos gases e a irradiação da solda, além de mantê-lo numa posição desconfortável durante a operação, estimamos um ganho de qualidade ao posto de trabalho com a implementação do novo equipamento.

Se antes o operador era obrigado a fazer várias paradas para descanso, alongamento, com o novo processo ele está mais livre podendo permanecer de pé ou sentado durante o seu trabalho, que agora se restringe a monitorar o andamento da solda. Estas paradas, embora que necessárias para a saúde do soldador, agravavam ainda mais a entrega final do equipamento.

A ergonomia e a segurança são aspectos que são imensuráveis economicamente, mas que fazem uma grande diferença na qualidade de trabalho dos operários. A produção de roscas é de um “gargalo” na fábrica. Isso, por diversas vezes, torna-se justificativa para descuidar da qualidade dos trabalhos realizados, e assim, priorizando a rapidez ao invés da qualidade na solda.

O processo a ser implantado garante que a soldagem será executada de acordo com os parâmetros adequados, pré-estabelecidos no programa do CLP, além de ser extremamente mais rápido que o processo atual.

Por se tratar de uma operação automatizada, está bem menos sujeita a ter paradas extraordinárias, com perdas de tempo, mantendo a solda uniforme durante toda a operação. Isso garante também a diminuição significativa nas falhas da solda e o que oferece uma vida útil ainda maior ao equipamento.

Por muitas vezes vivenciamos a necessidade imediata do cliente de um equipamento tipo rosca, seja para uma nova instalação ou mesmo para reposição de equipamento quebrado. São inúmeros os casos em que não podem ser atendidas tais solicitações devido ao tempo de fabricação das roscas, mas precisamente à solda. Com a implantação deste processo de soldagem automatizada, não só garantiremos a entrega dos pedidos em andamento e previstos como também teremos disponibilidade em atender nosso cliente em ocasiões de extrema urgência, transmitindo confiança e credibilidade.

## CONCLUSÃO

Com o término deste trabalho constatamos a real importância da otimização dos processos fabris das empresas, tarefa esta desempenhada pelo Engenheiro de Produção. Com o aprendizado acadêmico adquirido, vimos que somos capazes de apontar um problema, analisar suas causas e propor soluções eficientes.

Exercitamos neste trabalho conceitos e práticas vista em classe. Diante das necessidades do projeto realizamos contatos com diversos setores da empresa como compras, produção, almoxarifado, além de fornecedores.

Vale salientar que os diversos contatos mantidos com a produção para o entendimento do problema, discussão da melhoria e implantação do novo processo, seja a nível gerencial, seja a nível operacional foi de grande valia para o perfeito andamento do trabalho.

Cabe ressaltar que a melhoria proposta trata-se de uma entre outras alternativas, porém, buscou a mais simples, tanto na funcionabilidade como na construção do dispositivo e da facilidade de aquisição dos componentes, além de uma Redução custo e tempo de operação em torno de 93,84%..

## REFERÊNCIAS

AMAURI, G. Citado por ANDRADE, R. B. **Solidificação: Fundamentos e Aplicações**. 2001. Editora da Unicamp. Disponível em: <

- [http://www.fem.unicamp.br/~labaki/Graduacao/fundicao\\_soldagem.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~labaki/Graduacao/fundicao_soldagem.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2008.
- FORTES, Cleber. **Soldagem MIG/MAG. ESAB**, 2005. Disponível em: <[http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/1901104rev0\\_ApostilaSoldagemMIGMAG.pdf](http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/1901104rev0_ApostilaSoldagemMIGMAG.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2008.
- GRANDJEAN, E., **Ergonomia**, 1968. Disponível em: <http://www.ergonomia.com.br/>. Acesso em 03 mai. 2008.
- Hammer e Champy, 1994, citado por MACHADO, Ricardo Luiz, **A Gestão da Qualidade Total como instrumento viabilizador da implantação das ações e estratégias da filosofia Lean Production**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998\\_ART033.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART033.pdf)>. Acesso em: 02 mai 2008.
- JURAN, J.M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1997.
- LEPLAT, **Ergonomia**, 1972. Disponível em: <http://www.ergonomia.com.br/>. Acesso em 03 mai. 2008.
- MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo J. **Soldagem I – Introdução aos processos de soldagem. INFOSOLDA**, nov. 2000. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/download/61ddn.pdf>>. Acesso em: 9 dez. 2008.
- NUNES, Paulo. **Conceito de Análise de Viabilidade**, 2008. Disponível em: <<http://www.knoow.net/cienceconempr/gestao/analiseviabilidade.htm>>. Acesso em: 03 mai. 2008.
- SEW, **Redutores e moto redutores**. Disponível em: [http://www.sew-eurodrive.com.br/news/2007-09-30\\_1198781790.htm](http://www.sew-eurodrive.com.br/news/2007-09-30_1198781790.htm). Acesso em: 12 dez. 2008.
- VACON, **Driven by drives**. Disponível em: <<http://www.br.vacon.com/Default.aspx?id=466036>>. Acesso em: 12 dez. 2008.
- WMA, **Automação industrial**. Disponível em: <http://www.wma.ind.br/automacaoindustrial2.html>. Acesso em: 17 dez. 2008.