

# **DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO POR GRAVIDADE**

**Ana Luíza Ferreira Mamede (Universidade Federal de Goiás)**

**analuiza\_mamede@hotmail.com**

**André Alves de Resende (Universidade Federal de Goiás) aaresende@gmail.com**

**Ricardo Ribeiro Moura (Universidade Federal de Goiás)**

**ricardoribeirimoura@gmail.com**

## **Resumo**

A utilização de processos de soldagem mecanizados pode proporcionar às indústrias melhor utilização do tempo e maior qualidade ao processo, porém, normalmente é um processo de alto custo de implementação. Dessa forma, os objetivos deste estudo de caso são realizar um levantamento bibliográfico, pesquisa, construção, testes, análise e definição de um dispositivo de soldagem por gravidade que seja capaz de melhorar o processo com o menor custo possível.

**Palavras-Chaves:** soldagem, eletrodo revestido, dispositivo, gravidade.

## **1. Introdução**

A soldagem é o processo de união de metais mais importante e mais utilizado industrialmente, desde a fabricação de estruturas simples até as mais complexas. Existem indicações do uso do processo de soldagem por forjamento desde 4000 a. C., porém a soldagem na sua forma atual é um processo com cerca de 100 anos.

O processo de soldagem consiste, segundo Machado (1996), na “união de dois materiais através da fusão dos mesmos em íntimo contato; ou pela fusão de ambos e adição de outro material fundido; ou, ainda, simplesmente por contato destes materiais, nas fases sólida ou semissólida”.

Sem dúvidas, foi devido ao processo de soldagem ao arco com eletrodo revestido, patenteado em 1907 por Oscar Kjellberg, na Suécia, que a soldagem se tornou o processo de fabricação mais utilizado no mundo. Neste processo, o arco elétrico ocorre entre um eletrodo revestido consumível e a peça.

A simplicidade, flexibilidade e o baixo custo são algumas das vantagens que fazem com que o processo de soldagem com eletrodo revestido seja o mais utilizado no Brasil e na maioria dos

outros países, mesmo não sendo necessariamente o processo mais eficiente (WAINER; BRANDI; DE MELLO, 1992).

O processo de soldagem é manual, o que não garante, portanto, a repetibilidade do processo, pois depende da experiência e qualificação do soldador. Essa é uma das principais desvantagens desse método já que, além de representar baixa produtividade do processo, pode ser causa de falhas de soldagem (BRACARENSE; FELIZARDO, 2007).

Sabe-se que o problema da não repetibilidade dos resultados da solda também acontece nos processos mecanizados, pois ainda depende da interferência humana, mas mesmo assim apresenta melhores resultados que o processo manual. Os processos automatizados são os melhores nesse sentido, já que podem ser programados e reprogramados por meios mecânicos e/ou eletrônicos garantindo que a qualidade da solda será sempre a mesma, porém é necessário um alto investimento para a sua aplicação (FELIZARDO; BRACARENSE, 2006).

Os processos de soldagem estão em contínua evolução, por isso Wainer, Brandi, De Mello (1992) defendem que seja necessária a interação entre três áreas, sendo: projetos de equipamentos soldados, desenvolvimento e aperfeiçoamento dos equipamentos de soldagem, bem como dos materiais, visando obter boa soldabilidade.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um dispositivo de soldagem semi-mecanizado que possa diminuir consideravelmente os problemas de repetibilidade com o menor custo de produção possível. Tal dispositivo tornará o processo de soldagem com eletrodo revestido um processo semi-mecanizado, sendo necessário que o soldador apenas inicie e finalize a soldagem, o deslocamento da porta-eletrodo passará a ser ao longo de uma barra guia através da ação da gravidade.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1. Soldagem a arco elétrico**

Os processos de soldagem a arco elétrico são o tipo de processo de soldagem por fusão de maior utilização industrial na atualidade. São identificados por uma descarga elétrica em um meio gasoso parcialmente ionizado.

Segundo Modenesi (2012), “sua utilização em larga escala se justifica por apresentar uma combinação ótima de características, incluindo a concentração ideal de energia para a fusão localizada da metal base, facilidade de controle, baixo custo relativo do equipamento e um nível aceitável de riscos à saúde dos seus operadores”.

Existem vários processos de soldagem por fusão que utilizam o arco elétrico como fonte de calor, a soldagem com eletrodos revestidos é uma das mais comuns e mais utilizadas.

## 2.2. Soldagem a arco com eletrodo revestido

A soldagem a arco com eletrodos revestidos (Shielded Metal Arc Welding - SMAW) deu início a moderna era da tecnologia da soldagem. Em 1907, Oscar Kjellberg patenteou o eletrodo revestido, o qual tinha o núcleo metálico (“alma”) do eletrodo revestido com um material argiloso (cal), cuja função era proporcionar maior abertura do arco e aumento da estabilidade. Pode-se afirmar que o eletrodo revestido foi o responsável por tornar a soldagem um dos mais importantes processos de fabricação, graças a sua extrema flexibilidade (MACHADO, 1996).

No processo de soldagem em questão, o arco elétrico ocorre entre duas partes metálicas, sendo a extremidade do eletrodo revestido consumível e a peça. A união dos metais acontece pelo aquecimento dos mesmos com o arco estabelecido. O eletrodo consiste da alma, que conduz a corrente elétrica e serve como metal de adição, revestida por uma massa composta de diversos minerais e produtos químicos. A decomposição do revestimento gera gases e escória que protegem a poça de fusão e o metal de solda da atmosfera durante a solidificação.

Figura 1 - Soldagem a arco com eletrodo revestido



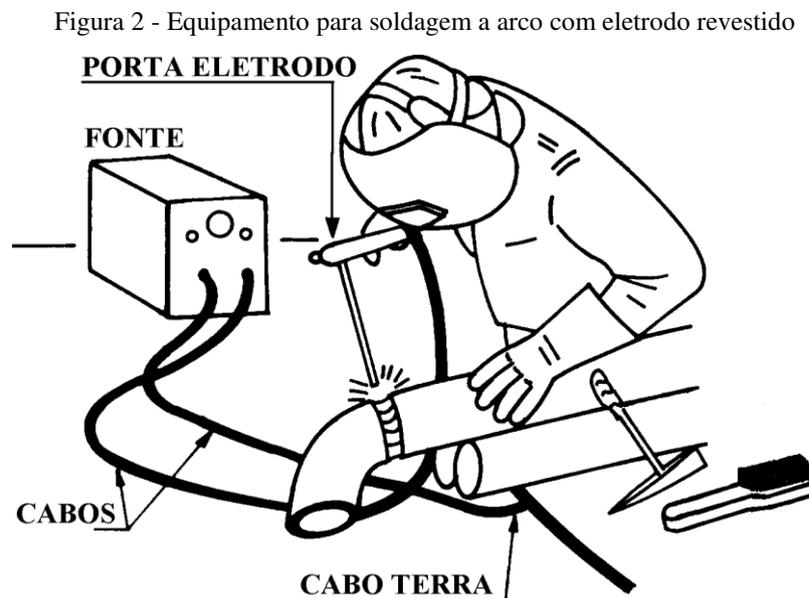
Fonte: <http://plasmac.com.br/> (2016)

Um dos motivos para a larga utilização deste processo de soldagem é a simplicidade do equipamento utilizado, que consiste de:

- Fonte de energia: pode operar em corrente contínua (CC) ou alternada (CA), porém a fonte selecionada deve ser do tipo corrente constante, por se tratar de um processo manual, sendo impossível manter completamente estável o comprimento do arco;

- Porta-eletrodos: Instrumento que permite ao soldador movimentar o eletrodo. Conecta o cabo de solda e conduz a corrente de soldagem até o eletrodo, deve ter isolamento elétrico e pouco peso;
- Cabos de conexão: O cabo eletrodo e cabo terra devem ser flexíveis, ter isolamento adequado à tensão utilizada, ser resistente ao calor e propagação de chamas, e ter seção adequada para conduzir a corrente elétrica.

Além disso, são necessárias ferramentas de limpeza (picador e escova de aço, para remoção da escória) e os equipamentos de segurança (máscaras, óculos, casaco, avental, mangas, luvas, polainas e gorro).



Fonte: (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2005)

Uma das principais vantagens deste processo de soldagem é a existência de uma grande variedade de eletrodos revestidos, facilmente encontrados a um baixo custo, que permitem que o processo seja utilizado para inúmeros materiais, como aços baixo carbono, baixa liga, média liga e alta liga, aço inoxidável, ferro fundido, alumínio, cobre, níquel e ligas destes. Pode ser usado em todas as posições (plana, vertical, horizontal, sobre cabeça), em áreas de acesso limitado, em oficinas e no campo.

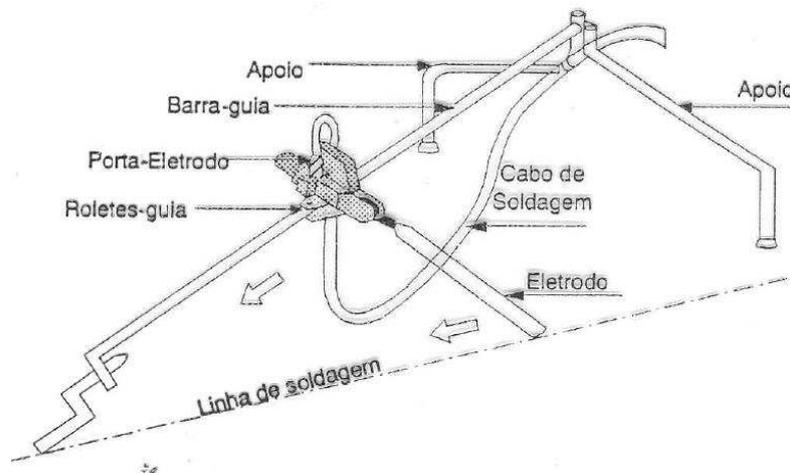
### 2.3. Dispositivo de soldagem com eletrodo revestido por gravidade

O processo de soldagem a arco com eletrodo revestido é totalmente manual, o que acaba causando baixa produtividade. Na busca pelo aumento da produtividade e também da qualidade, redução do tempo de execução e mão de obra é comum a busca pela soldagem

robotizada, mas o custo de robotização é alto. É possível, no entanto, conseguir tais resultados utilizando processos mecanizados, cujo investimento é menor.

A soldagem por gravidade é a variação mais comum do processo de soldagem com eletrodo revestido e se apresenta como uma boa alternativa para atingir tais objetivos a um custo reduzido. Trata-se de um processo que permite a execução de soldas de filete de uma forma mecanizada, utilizando uma guia onde o porta-eletrodos desliza através da ação da gravidade, à medida que o eletrodo vai sendo consumido, conforme mostra a figura 3 (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2005).

Figura 3 - Dispositivo de soldagem com eletrodo revestido por gravidade



Fonte: (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2005)

Ao usar esse dispositivo são necessários alguns cuidados, Machado (1996), recomenda o uso de um eletrodo mais longo (com aproximadamente 700mm), com diâmetro maior e revestimento mais espesso. Uma das grandes vantagens do uso do dispositivo é permitir que um só soldador opere dois ou mais dispositivos ao mesmo tempo.

### 3. Metodologia

O presente trabalho foi realizado com o objetivo exploratório, sendo feito um levantamento bibliográfico para identificar o modelo de dispositivo mais indicado para uso, juntamente com entrevistas com pessoas capacitadas para analisar qual dispositivo teria melhor usabilidade (GIL, 2008).

Em relação ao procedimento utilizado, pode ser classificado como uma pesquisa experimental, onde se determinou um objeto de estudo e todas as variáveis que poderiam influenciá-lo. Após as pesquisas e planejamentos, foi realizado o projeto e fabricação do dispositivo e, posteriormente, os testes.

Dessa forma, foi estudado e projetado três variações de dispositivos de soldagem por gravidade a fim de determinar o que produzisse a melhor qualidade de solda e maior facilidade de uso, para assim minimizar a interferência manual no processo. Com os dispositivos já projetados foi possível realizar a fabricação dos mesmos em laboratório e iniciar os testes. Devido ao surgimento de falhas no dispositivo, passou-se a buscar melhorias e adequações.

Para a realização de análises foi realizado o estudo experimental do dispositivo, através de vários testes, variando os tipos de eletrodo, o ângulo de ataque do eletrodo e o ângulo da guia vertical onde o componente móvel desliza através da ação da gravidade, para assim comparar e identificar quais os resultados mais satisfatórios.

#### **4. Estudo de Caso**

O estudo de caso teve como objetivo propor a análise de três dispositivos de soldagem por gravidade e definição de qual a melhor opção ao se analisar a qualidade e repetibilidade da solda, bem como a facilidade de uso e custo do dispositivo.

Inicialmente projetou-se um dispositivo bastante simples, composto por duas roldanas fixas um suporte de madeira, que desliza entre duas barras circulares dispostas em uma base. No suporte de madeira, que pode ser chamado de “carrinho”, também foi fixado um porta eletrodo. Após a fabricação do dispositivo, procedeu-se para a fase de testes.

Para realizar o teste foram utilizados eletrodo revestido E7018 de 3,25 mm e de 2,5 mm, o arco foi estabelecido manualmente e depois disse o “carrinho” realizou a solda através da ação da gravidade. Observou-se nesse modelo que o suporte de madeira com duas roldanas ficou leve e, por isso, deslizou por entre as barras com facilidade e uma boa velocidade, proporcionando um cordão de solda, aparentemente, de boa qualidade.

Figura 4 – Primeiro dispositivo fabricado



Fonte: Autores

Apesar disso, as roldanas não proporcionam a estabilidade necessária ao deslizar por entre as barras, o que acaba gerando alguns pequenos defeitos e instabilidade na solda. Com isso, o primeiro dispositivo fabricado apresenta um bom resultado quando se observa a facilidade de uso e o custo final do dispositivo, mas falha no quesito qualidade e repetibilidade da solda.

Figura 5 – Solda realizada pelo primeiro dispositivo fabricado



Fonte: Autores

Para a fabricação do segundo dispositivo procurou-se corrigir a falta de estabilidade observada no dispositivo anterior. Para isso projetou-se um suporte de alumínio com três roldanas e um porta eletrodo, onde uma barra guia quadrada feita em metalom de 20x20 mm se encaixava entre essas roldanas, de forma a proporcionar maior estabilidade ao “carrinho” enquanto o mesmo desliza pela barra através da ação da gravidade.

Figura 6 – Segundo dispositivo fabricado



Fonte: Autores

Ao iniciar os testes com o segundo dispositivo observou-se que o mesmo ficou pesado e, por isso, algumas vezes travava ao longo da guia, o que fazia com que o arco de solda ficasse bastante instável chegando a interromper o arco e deixando o eletrodo grudado na chapa, danificando o mesmo.

Com isso, o segundo dispositivo não proporcionou bons resultados, uma vez que, por não ter estabilidade do arco, não gera um cordão de solda de boa qualidade e seu custo é mais alto quando comparado ao primeiro dispositivo.

Como o resultado ainda não havia sido satisfatório passou-se para o projeto do terceiro dispositivo. Com o intuito de corrigir os erros observados nos dois primeiros dispositivos buscou-se um dispositivo que não tivesse problemas de estabilidade durante o deslizamento, com peso e velocidade ideal.

Para isso, foram utilizados dois trilhos telescópicos usados em marcenaria para fixação e movimentação de gavetas, fixados em lados opostos de uma barra, de forma que em um fosse colocado o porta eletrodo e o outro servisse como contra-peso. Um cabo de aço fino fazia a ligação entre os dois passando por uma roldana fixada no topo da barra, para que o porta eletrodo não deslizesse muito rápido.

Ao realizar a soldagem com o terceiro dispositivo observou-se que o mesmo continuava pesado, sendo que no início do curso o arco elétrico ficava a uma distância grande da peça, depois de certo tempo o porta eletrodo pesava e o arco era interrompido, grudando o eletrodo na peça. Apesar das mudanças projetadas para o terceiro dispositivo o resultado esperado não foi atingido, uma vez que a solda feita não alcançou a qualidade desejada.

Figura 7 – Terceiro dispositivo fabricado



Fonte: Autores

Encerrado os testes com os três dispositivos percebeu-se que o principal fator de erro encontrado foi o peso do “carrinho” que transporta o porta eletrodo, uma vez que influencia no deslocamento e na velocidade durante o processo de soldagem. Além disso, a soldagem com eletrodos mais grossos foi mais fácil de fazer, nos testes o eletrodo de 3,25 mm apresentou melhores resultados do que o de 2,5 mm.

### **5. Considerações finais:**

Ao fim do presente trabalho comparou-se o comportamento dos três protótipos de dispositivos de soldagem por gravidade e, assim como indicou Cavalcanti (2011), ficou provado que o peso de dispositivo é de grande relevância para a eficiência do processo de soldagem.

Apesar das dificuldades em se construir um dispositivo ideal os objetivos do trabalho foram alcançados pois, com os testes obteve-se cordões de solda de boa qualidade utilizando o eletrodo básico E7018 de 3,25 mm. Os dispositivos foram construídos com um baixo custo e a facilidade de uso do dispositivo também foi comprovada.

Com isso, sugere-se para estudos futuros a correção das falhas encontradas no presente estudo de caso, como a eliminação da instabilidade, obtenção do peso ideal para o “carrinho” e controle da velocidade. Dessa forma será possível a obtenção de soldas de boa qualidade, com a repetibilidade adequada, bem como a diminuição do tempo gasto com mão de obra.

### **REFERÊNCIAS**

BRACARENSE, A. Q.; FELIZARDO, I. **Soldagem Robotizada**. Mecatrônica Atual, 2007.

CAVALCANTI, C. A. N. **Comparação entre o comportamento de eletrodos revestidos utilizando dispositivos de soldagem por gravidade e com controle automático do comprimento do arco elétrico**. Trabalho de conclusão de graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

FELIZARDO, I.; BRACARENSE, A. Q. **Método de Aplicação da Soldagem: Manual, Mecanizado ou Automatizado**. In: XXXII Congresso Nacional de Soldagem, Belo Horizonte. XXXII Consolda, 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

MACHADO, I. G. **Soldagem & Técnicas Conexas: Processos**. Porto Alegre, editado pelo autor; 1996.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MODENESI, P. J. **Introdução à física do arco elétrico: E sua aplicação na soldagem dos metais**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Mecânica UFMG, 2012.

WAINER, E.; BRANDI, S. D.; DE MELLO, F. D. H. **Soldagem, Processos e Metalurgia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.