

# Inteligência Artificial em Processos Robotizados de Soldagem GMAW

Projeto de pesquisa apresentado como critério de obtenção de nota na matéria de Tecnologia de Manufatura, sob orientação do Professor Luiz Gimenes Jr.

Sidcley L. Dos Reis - [sidcleyreis22@hotmail.com](mailto:sidcleyreis22@hotmail.com)

Professor Luiz Gimenes – Orientador [gimenes@infosolda.com.br](mailto:gimenes@infosolda.com.br)

Fatec-SP Novembro/2014

# **Inteligência Artificial em Processos Robotizados de Soldagem GMAW**

## **1. Introdução**

GMAW é a sigla de Gas Metal Arc Welding – soldagem a arco gás metal. Identifica os processos de soldagem ao arco elétrico que utilizam gases inertes, ativos ou a mistura deles para proteger a poça de fusão adjacente a ela contra os gases da atmosfera que possam prejudicar a soldagem. A principal característica deste processo é a proteção feita por gases à poça de fusão. Este processo é utilizado para união de peças metálicas utilizando-se de aquecimento e fusão das mesmas a partir de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico e a peça de trabalho. Amplamente difundido na indústria, este processo é aplicado na soldagem de materiais com varias espessuras, ferrosos ou não ferrosos, como alumínio, cobre, magnésio, níquel e suas ligas, aços de alta resistência e aços inoxidáveis. É indicado na fabricação e manutenção de equipamentos e peças metálicas. Sua produtividade é alta visto que podem ser empregados de processos semi-automaticos até células robotizadas totalmente independentes.

## **2. Objetivo**

Este projeto tem como objetivo expor como as tecnologias de inteligência artificial aplicada em processos robotizados de soldagem podem alavancar a eficácia da aplicação de robôs em relação a: velocidade de programação, alteração de parâmetros durante a soldagem, erros do operador do robô, colisões com outras peças e outros pontos relevantes na rotina de processos robotizados. Este projeto também tem o objetivo de abordar os seguintes tópicos:

- a- Descrever a relação homem-máquina para soldagem GMAW robotizada
- b- Relatar a atividade de soldagem GMAW executada por robôs
- c- Mostrar os dispositivos de inteligência artificial que podem ser empregados numa célula robotizada.

### **3. Questões a serem respondidas**

A partir das pesquisas e estudos do assunto abordado é possível responder as questões:

*O que é um robô e o que é inteligência artificial?*

*Como se dá a soldagem GMAW executada por robôs industriais?*

*Quais são os sensores utilizados para dotar os robôs de inteligência?*

*Como é a interação do homem com uma célula robotizada independente?*

### **4. Relevância do Estudo**

Nos processos GMAW robotizados, frequentemente são empregados manipuladores de seis eixos mais eixos externos para se produzirem um ou mais cordões de solda numa junta. Atualmente as células robotizadas contam com máquinas de eletrônica avançada, porém os recursos disponíveis não são em sua totalidade utilizados. Existem no mercado, dispositivos inteligentes que podem interagir eletronicamente com o robô e seu controlador, eixos externos e máquinas de solda de uma célula, tornando-a uma célula inteligente, fazendo com que a mesma ganhe em produtividade.

### **5. Robôs Industriais**

Robôs são sistemas físicos que executam tarefas manipulando o universo físico. Para isso, são dotados de efetadores que tem o propósito de exercer forças físicas sobre o ambiente. São exemplos de efetadores: pernas, rodas, garras e ferramentas para aplicações específicas.

A maioria dos robôs encontrados na indústria atualmente são os robôs de coordenadas de revolução (ou articulado), mais conhecidos como robôs manipuladores, estes tem grande semelhança com o braço humano conforme ilustra a figura 1, esta concepção de robô foi inicialmente projetada para cumprir exigências da indústria automobilística.

São fisicamente fixos em sua área de trabalho, por exemplo, em uma célula de soldagem GMAW. Os movimentos desses manipuladores são complexos exigindo o movimento controlado de uma série de articulações, porém por meio desse sistema de movimentos eles

são capazes de colocar seus efetadores em qualquer ponto do espaço de seu local de trabalho. Na atual situação da indústria mundial poucos fabricantes de automóveis sobreviveriam no mercado sem estes recursos.

O emprego dos robôs na indústria automotiva teve início nos EUA na década de 60, onde executavam soldagem por resistência. Posteriormente com o grande avanço da eletrônica e microeletrônica estes robôs puderam executar soldagem ao arco elétrico pelo processo GMAW onde se necessita de máquinas de soldagem dotadas de sistemas eletrônicos mais avançados em comparação com a soldagem por resistência. Mais adiante as fontes de soldagem já possuíam uma eletrônica avançada a ponto de monitorarem suas funções, resultando em precisão e qualidade da soldagem, ausência de interferência humana nas possíveis correções de parâmetros de soldagem entre outros. Estas máquinas vieram para operar juntamente com os manipuladores os quais são multifuncionais e podem ser controlados por operadores ou sistemas dotados de inteligência.

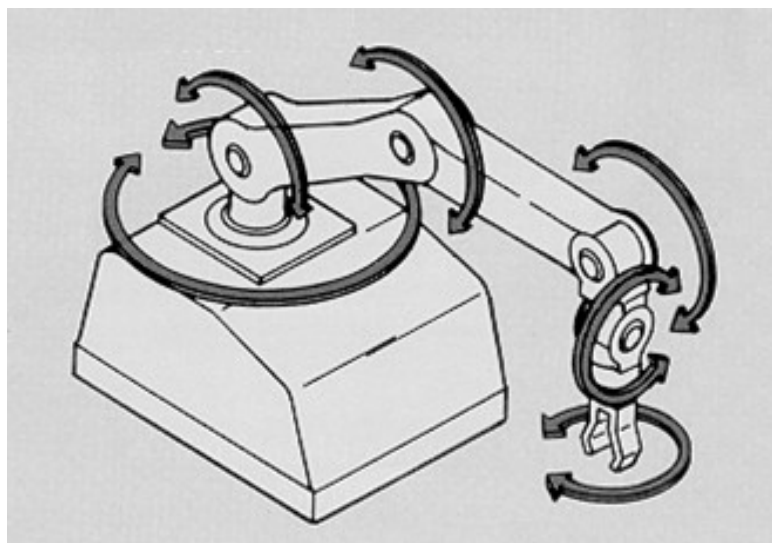


Figura 1-Robô de Coordenadas de Revolução

## 6. Configuração de uma célula robotizada para o processo GMAW

A configuração básica de uma célula para soldagem robotizada GMAW é ilustrada na figura 2, e deve contar com itens específicos de soldagem robotizada, são eles:

- Robô articulado e sua unidade de controle: para a escolha do robô adequado deve-se levar em consideração aspectos que serão decisivos para o sucesso da

aplicação, são eles o volume de trabalho ou envelope do robô, precisão, repetibilidade, graus de liberdade (número de eixos) e capacidade de carga.

- Fonte de soldagem: com o forte avanço da eletrônica a indústria pode contar hoje com fontes de soldagem específicas para processos robotizados e a escolha da mesma deve ser criteriosa. Os robôs atuais possuem unidades de processamento que interagem diretamente com a fonte de soldagem e seus recursos eletrônicos os quais possibilitam uma soldagem com qualidade.
- Alimentador de arame: para obter uma sincronização ideal do sistema o deve-se levar em consideração que o alimentador de arame seja fornecido juntamente com a fonte de soldagem, quando estes itens são adquiridos separadamente a ocorrência de perda de precisão na comunicação entre robô, fonte de solda e alimentador de arame pode ocorrer.
- Acessórios de soldagem: fazem parte desse item a tocha de soldagem e seus componentes internos, sistema de mangueiras (para passagem de cabos, gás de proteção, arame de solda, refrigerante da tocha de soldagem caso necessário).

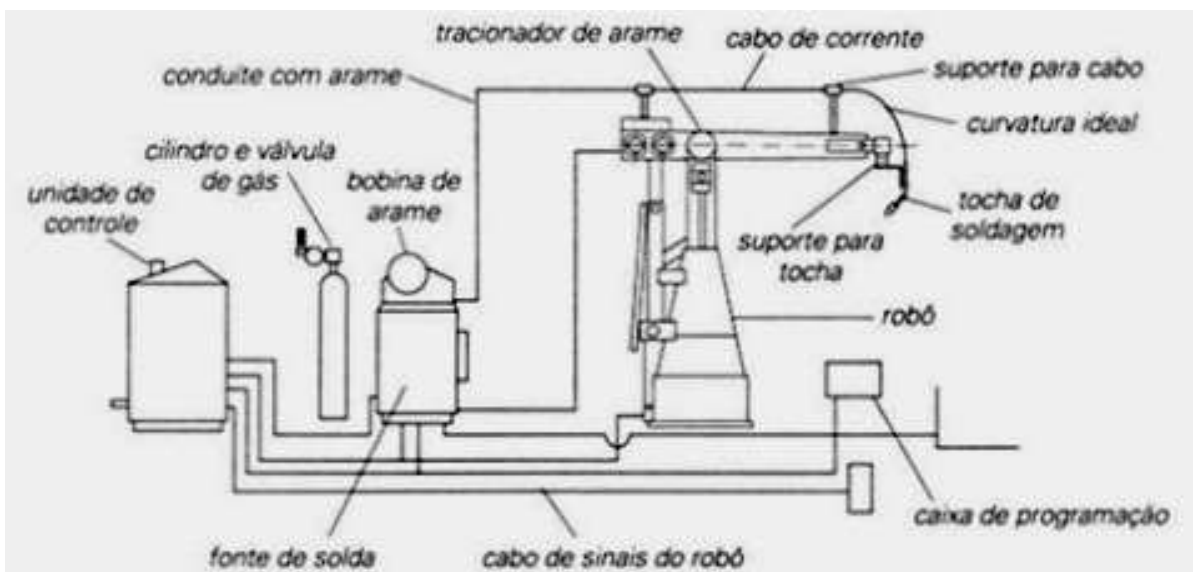


Figura 2-Configuração de uma célula robotizada GMAW (Fonte: Coleção de Tecnologia SENAI)

## 7. Definição de Inteligência artificial

Não temos uma definição para a IA, as definições variam em relação as suas dimensões as quais existem duas principais: abordagem centrada no comportamento humano e abordagem centrada em torno da racionalidade. Abaixo temos definições de IA de acordo

com oito livros didáticos, do lado esquerdo encontram-se as definições baseadas no comportamento humano, na direita encontram-se as definições baseadas na racionalidade. Os estudos com base no comportamento humano necessitam de dados empíricos tendo como objetivo modelar seres humanos, envolvendo hipóteses e confirmações experimentais. Estudos com base na racionalidade têm como princípio partir de um modelo ideal e necessitam de dados combinados entre matemática e engenharia.

Sistemas que pensam como seres humanos	Sistemas que pensam racionalmente
"O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem... <i>Máquinas como mentes</i> , no sentido total e literal." (Haugeland, 1985)	"O estudo das faculdades mentais, pelo uso de modelos computacionais." (Charniak e McDermott, 1985)
"Automatização de atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado..." (Bellman, 1978)	"O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir." (Winston, 1992)
Sistemas que atuam como seres humanos	Sistemas que atuam racionalmente
"A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas." (Kurzweil, 1990)	"A inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes." (Poole et al., 1998)

Para ensinar um determinado programa de computador a pensar como um ser humano precisou-se saber como estes pensam. Quais são os reais componentes reais da mente humana? O campo da ciência cognitiva une os modelos computacionais da IA e as técnicas experimentais da psicologia no intuito de construir teorias precisas e testáveis a respeito do funcionamento da mente humana.

Para isto um computador necessita ter a capacidade de reproduzir os princípios básicos da inteligência:

- Processamento de linguagem natural para prover meios de comunicar-se com o programador em uma linguagem conhecida (por exemplo, o idioma inglês).
- Representação de conhecimento para guardar/salvar dados que sabe ou recebe.

- Raciocínio automatizado para responder questionamentos e tirar novas conclusões com base nos dados armazenados.
- Aprendizado de máquina para se adaptar a situações desconhecidas e para perceber e extrapolar padrões.
- Visão de computador para perceber os objetos.
- Robótica para manipular os objetos e movimentar-se.

A IA teve a contribuição ao longo da história de diversas disciplinas que contribuíram com ideias, pontos de vista e técnicas para a IA. Algumas questões foram estudadas pelas seguintes áreas:

- Filosofia (de 428 a.C até a atualidade)
- Matemática (de 800 até a atualidade)
- Economia (de 1776 até a atualidade)
- Neurociência (de 1861 até a atualidade)
- Engenharia de computadores (de 1940 até a atualidade)
- Teoria de controle e cibernética (de 1948 até a atualidade)
- Linguística (de 1957 até a atualidade)

Resumidamente os filósofos tornaram a IA concebível, estudando ideias de que a mente é parecida a uma máquina, que ela atua sobre o conhecimento codificado em uma estrutura de linguagem interna e o pensamento pode ser empregado para definir ações que serão executadas.

Os matemáticos definiram maneiras de usar ou manipular declarações de certeza lógica, bem como declarações incertas e probabilísticas. Os matemáticos também definiram conhecimentos de base para a computação e raciocínio com algoritmos

Os economistas ajudaram com ferramentas que maximizam o resultado esperado para quem toma as decisões.

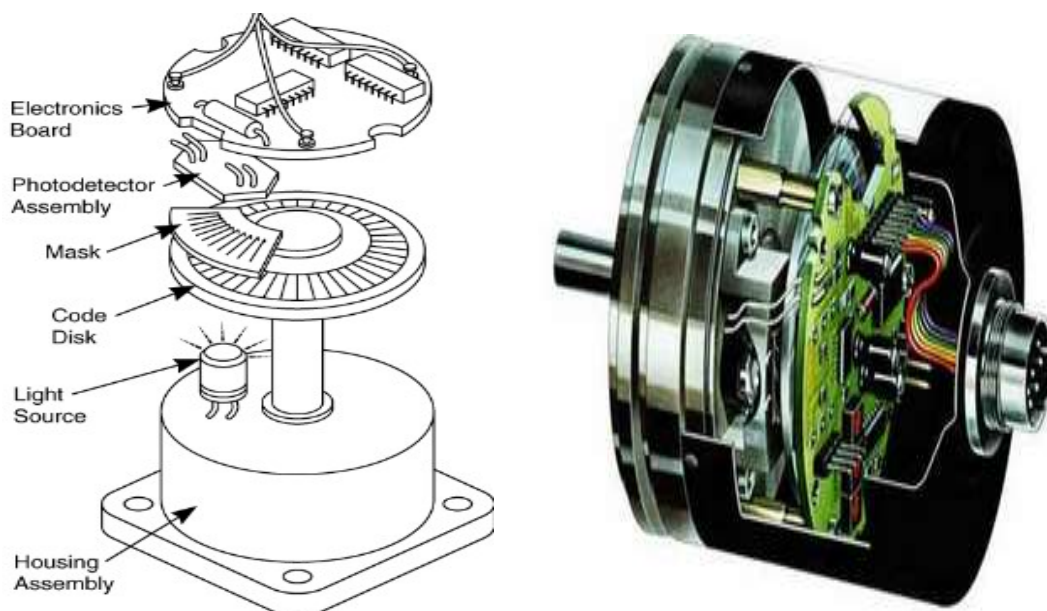
## **8. Sensores e seu uso com robôs**

No desenvolvimento da soldagem robotizada percebeu-se a necessidade de diminuir a interferência do ser humano nos processos, visando além de melhorias na produtividade e qualidade, tirar o ser humano de atividades perigosas, repetitivas e de difícil manuseio. Dentre as tecnologias que se desenvolveram nas últimas décadas os sensores contribuíram significativamente para alavancar o emprego de sistemas robotizados.

Sensores são dispositivos dotados de tecnologia eletroeletrônica e que por isso possuem a propriedade de transformar em sinal elétrico um estímulo físico ou químico de maneira específica e analogicamente mensurável, estes sinais elétricos são enviados aos sistemas de controle, que os usam conforme programado.

O uso de sensores em soldagem robotizada permite com que o robô obtenha informações sobre ele mesmo e sobre seu ambiente de trabalho permitindo que seu trabalho seja executado com eficácia e em alguns casos sem intervenção humana. Estes sensores são classificados em duas categorias principais:

- Sensores internos ou proprioceptivos: a maior parte dos robôs industriais instalados são os convencionais de seis eixos que desenvolvem tarefas pré-programadas e repetitivas, para tal, necessitam apenas de sensores internos, estes se situam nas juntas do robô. Estes sensores geralmente são decodificadores óticos (*encoders*) de tipo incremental, absoluto, resolvers, potenciômetros multi-volta, tacômetros, etc. Destes, os codificadores óticos incrementais (figura 3) estão entre os sensores mais utilizados, devido a sua ótima precisão para a maioria das aplicações e baixo custo. São dispositivos eletromecânicos que convertem a rotação angular do eixo do robô em pulsos elétricos de saída na forma de ondas quadradas. Dessa forma é possível saber o sentido de rotação, a posição e a velocidade dos eixos do robô.

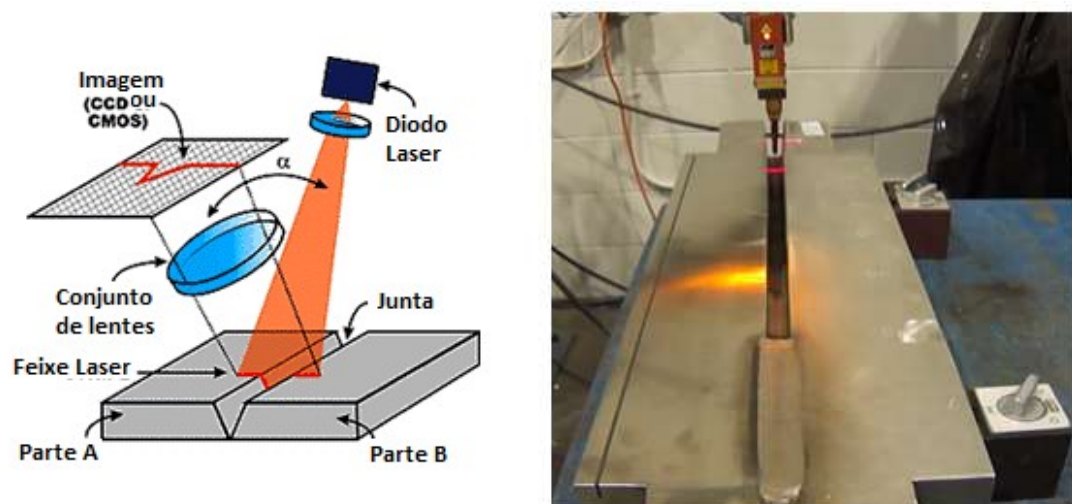


**Figura 3-Encoder ótico incremental detalhado a esquerda e montado a direita**



- Sensores externos ou exteroceptivos: São sensores os quais fornecem informações do ambiente ao redor do robô, sua aplicação potencializa as aplicações permitindo que os robôs trabalhem de forma jamais vista. Com o aparecimento da nova geração de robôs industriais foi possível conectar estes sensores exteroceptivos diretamente ao controlador do robô, dando-o condições de utilizar tais sensores para obter informações do ambiente e a partir destas tomar as melhores decisões com base em um programa. Dessa forma realizam hoje tarefas complexas, como realizar inspeção/controle de qualidade de peças, efetuar busca e identificação de objetos, seguir objetos em movimento em um ambiente 3D, executar montagem de dispositivos mecânicos, agarrar objetos posicionados e orientados aleatoriamente, etc.

O sensor de proximidade laser (figura 4) é um exemplo de aplicação comercialmente utilizado na soldagem GMAW que permitiu um sistema mais inteligente e com menor intervenção humana, este sensor produz um laser de baixa potencia, com potência máxima radiada de 1.5mW e tem a capacidade de detectar superfícies a serem soldadas, reconstruir topografias das juntas de soldagem, além de seguir o cordão a soldar, podendo dessa forma guiar a tocha com precisão mesmo que a geometria da junta se altere dentro das tolerâncias.



**Figura 4-Esquema de montagem do sistema de visão artificial a laser a esquerda e aplicação em ambiente fabril a direita**

## 9. A Interação do Homem em uma célula Robotizada Independente

Por muitos anos, durante o desenvolvimento das aplicações robotizadas o homem além de ser responsável pela programação do robô ainda necessitava estar presente em seu ambiente de trabalho para ajudar no posicionamento de peças, acompanhar as variáveis do processo, verificar o início e fim das operações, verificar se o robô estava operando conforme programado, entre outras atividades. Com todos os recursos existentes atualmente como, sensores, máquinas de solda integradas aos controladores de robôs, softwares específicos para aplicações robotizadas entre outros, verifica-se nas fábricas menor intervenção do homem, muitas vezes sua ausência. Isso se deve a elevação do nível de inteligência dos robôs que, providos de sensores e softwares são capazes de tomar decisões de maneira autônoma, dispensando assim a necessidade de um operador para cada robô. Nas células de soldagem para a indústria automotiva ou outra espécie de produção seriada verificam-se setores repletos de robôs e pouco ou nenhum homem (figura 5). Os robôs são capazes perceber seu ambiente e tomar decisões com base em um programa desenvolvido.



Figura 5-Foto de uma Célula de soldagem de automóveis dotada de inteligência artificial

## 10. BIBLIOGRAFIA

Livros:

Pazos, Fernando. **Automação de Sistemas & Robótica**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2002, p.02

Fernandes, Anita Maria da Rocha. **Inteligência Artificial: Noções Gerais**. São Paulo: Visual Books, 2003, p.02

Russel, Stuart; Norvig, Peter. **Inteligência Artificial**. São Paulo: Campus, 2004

Thomazini, Daniel; Albuquerque, Pedro Urbano Braga. **Sensores Industriais - Fundamentos e aplicações**. Érica, p.17

SENAI-SP. **Coleção Tecnologia Senai**. São Paulo: 1997, p. 403

Monografias:

Tremonti, Marcos Antonio. **Incorporar a Robótica Aplicada a Soldagem**. São Paulo (SP): Fatec-SP

Filho, Teodiano Freire Bastos. **Aplicação de robôs na indústria**. Vitória (ES): UFES/1999