



Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de pós-graduação em Eng. Mecânica
LABSOLDA – Laboratório de Soldagem



Desenvolvimento de um Sistema de Seguimento de Junta que Utiliza o Próprio Arco como Sensor (SEAM TRACKERS)

Mestrando: Afrânio R. Costa Filho

Orientador: Prof. Jair Carlos Dutra



PROGRAMA DE RECURSOS HUMANOS DA ANP
PARA O SETOR PETRÓLEO E GÁS - PRH-ANP/MME/MCT

INTRODUÇÃO

- **Ambiente de trabalho altamente agressivo;**
- **“Ciclo de trabalho” ou “tempo de arco aberto” reduzido;**
- **Aumentar o “tempo de arco aberto” sem influenciar na qualidade da solda;**
- **Uso de tecnologia apropriada na automação dos processos de soldagem.**

INTRODUÇÃO

- **Dificuldades da Automação da Soldagem:**
 - ✓ **Ausência da sensibilidade do soldador;**
 - ✓ **Garantia da repetitividade no posicionamento das peças;**
 - ✓ **Deformação sofrida pela peça durante a soldagem;**
 - ✓ **Necessidade da utilização de sensores.**

INTRODUÇÃO

- **Objetivo do trabalho:**

- ✓ **Desenvolvimento de Sistema de Seguimento de Junta que utiliza as próprias variáveis elétricas do arco voltaico como sensor de posição.**
- ✓ **Tais sistemas são capazes de detectar e corrigir possíveis erros no posicionamento da tocha durante a soldagem.**

INTRODUÇÃO

- **Vantagens do sistema proposto:**
 - ✓ **Aumento do “ciclo de trabalho” ou “tempo de arco aberto”;**
 - ✓ **Acessível às pequenas e microempresas nacionais.**

RESUMO DAS INFORMAÇÕES DA LITERATURA

- **Classificação dos Métodos de Aplicação da Soldagem**
 - **Dificuldade de Classificação – Dutra (1989)**
 - **Classificação proposta por Malin (1985)**
 - **Soldagem Mecanizada;**
 - **Soldagem Automatizada.**

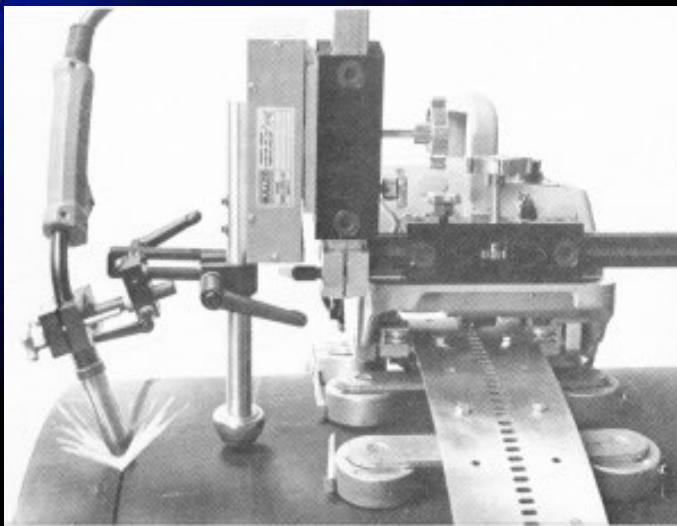
• Estado da Arte dos SSJ

- **“General Motors” – início da década de 80 - CULLISON E IRVING (1992);**
- **Avanço dos computadores a partir da segunda metade da década de 80;**
- **Consciência por parte dos pesquisadores de que os equipamentos envolvidos deveriam ser imunes ao ambiente de soldagem;**

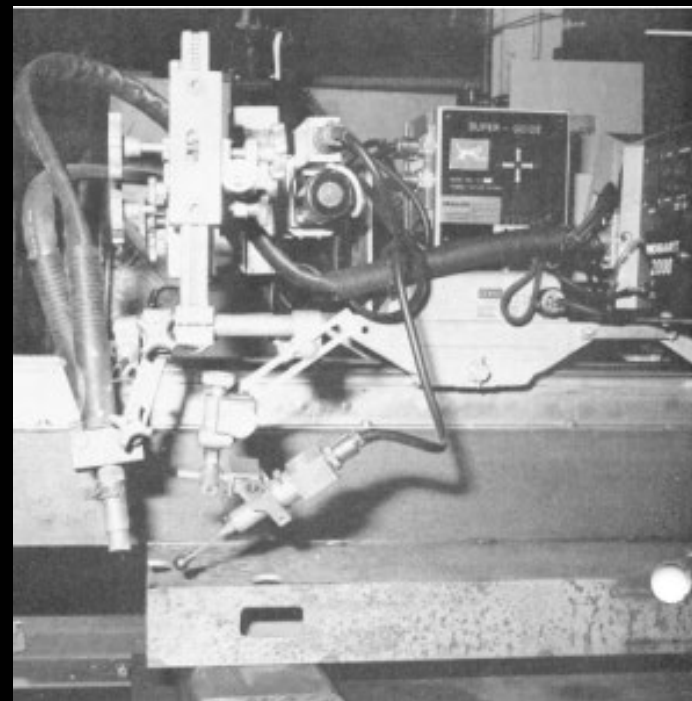
- **Estado da Arte dos SSJ**

- **O uso correto do termo “SEGUIMENTO DE JUNTA”- Malin (1988)**
- **Não deve ser atribuído a sistemas que utilizam trajetórias pré-estabelecidas e, tampouco, a sistemas que traçam o padrão da junta antes de iniciar a soldagem (sistemas de malha-aberta). Deve ser atribuído a sistemas que utilizam sensores (malha-fechada ou realimentados).**

- **Sensores de Contato – LINDEN (1988):**



✓ **Sistema esfera-mola**



✓ **Sonda de Contato**

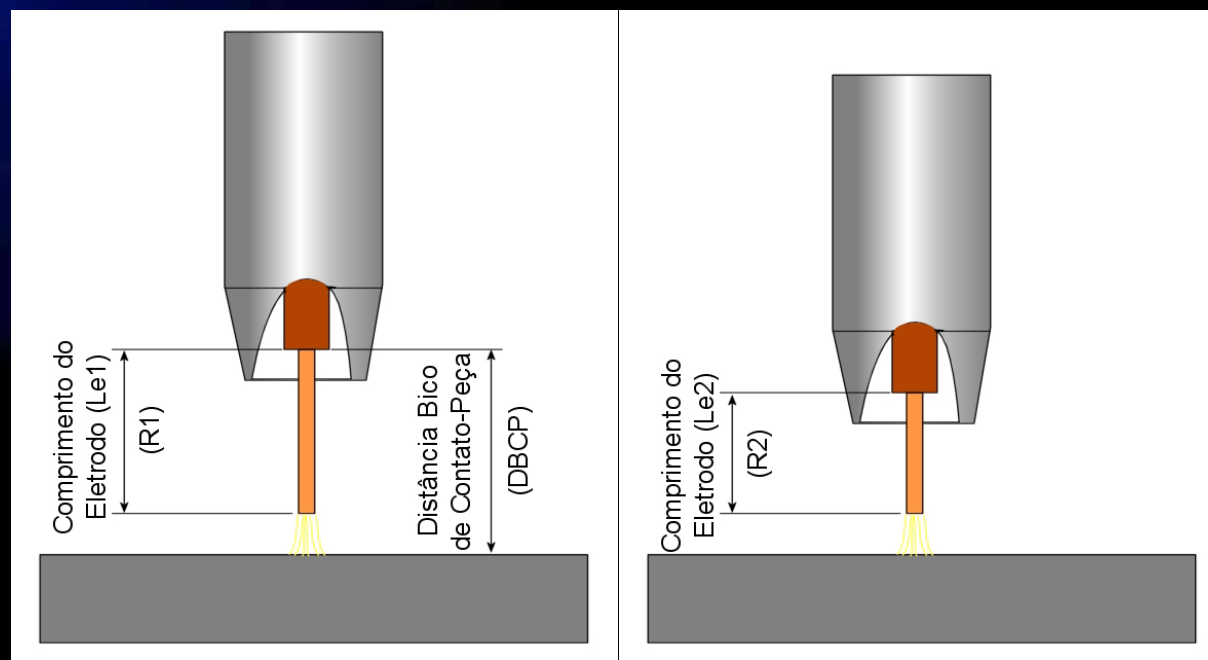
• **Sensores de Não Contato – LINDEN (1988):**

- **Ultra-som;**
- **Magnéticos (corrente parasita);**
- **Indutivos (Corrente Induzida);**
- **Sensores Óticos;**
- **Sensores de Arco.**



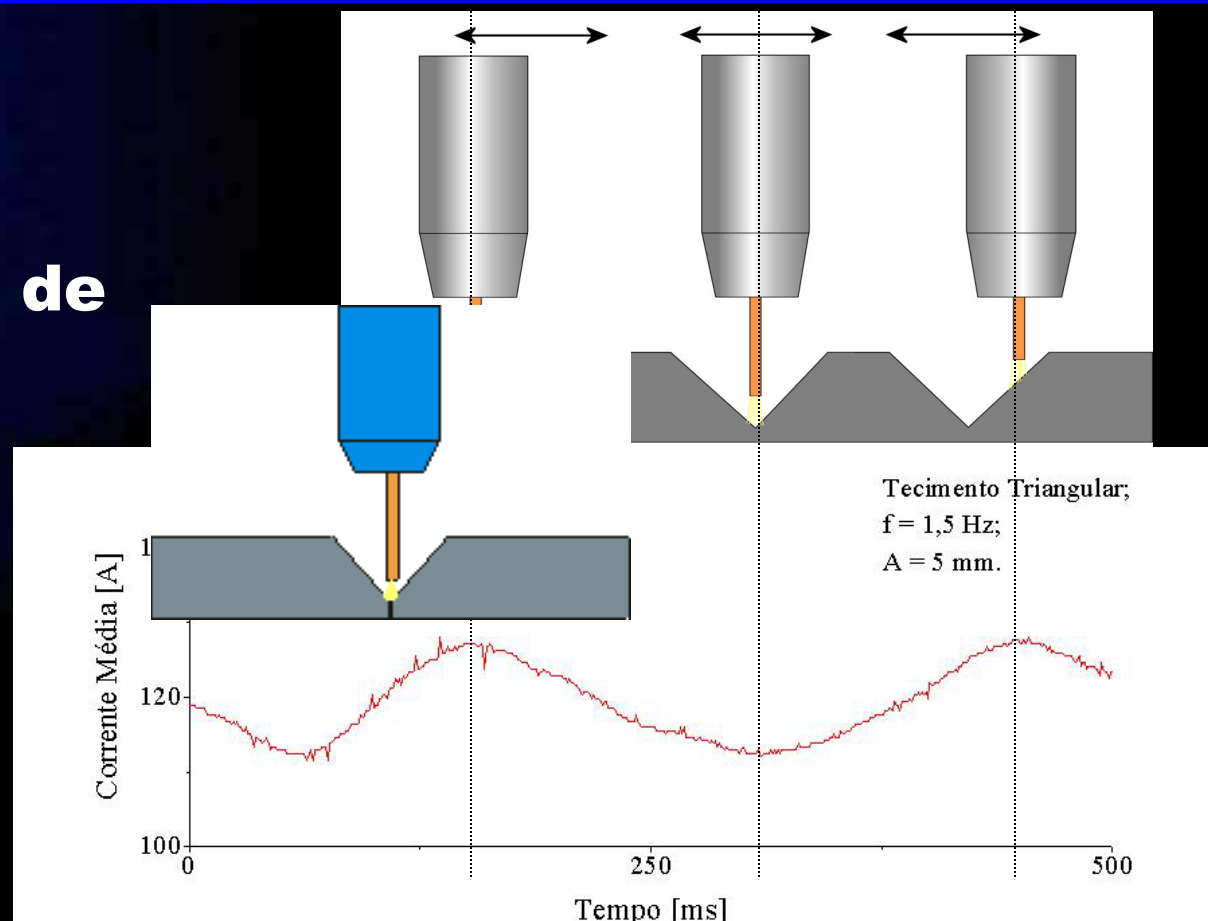
LASER

- **Princípio de Funcionamento do Sistema**
 - **Variação do comprimento do eletrodo e da resistência total do sistema com a DBCP;**



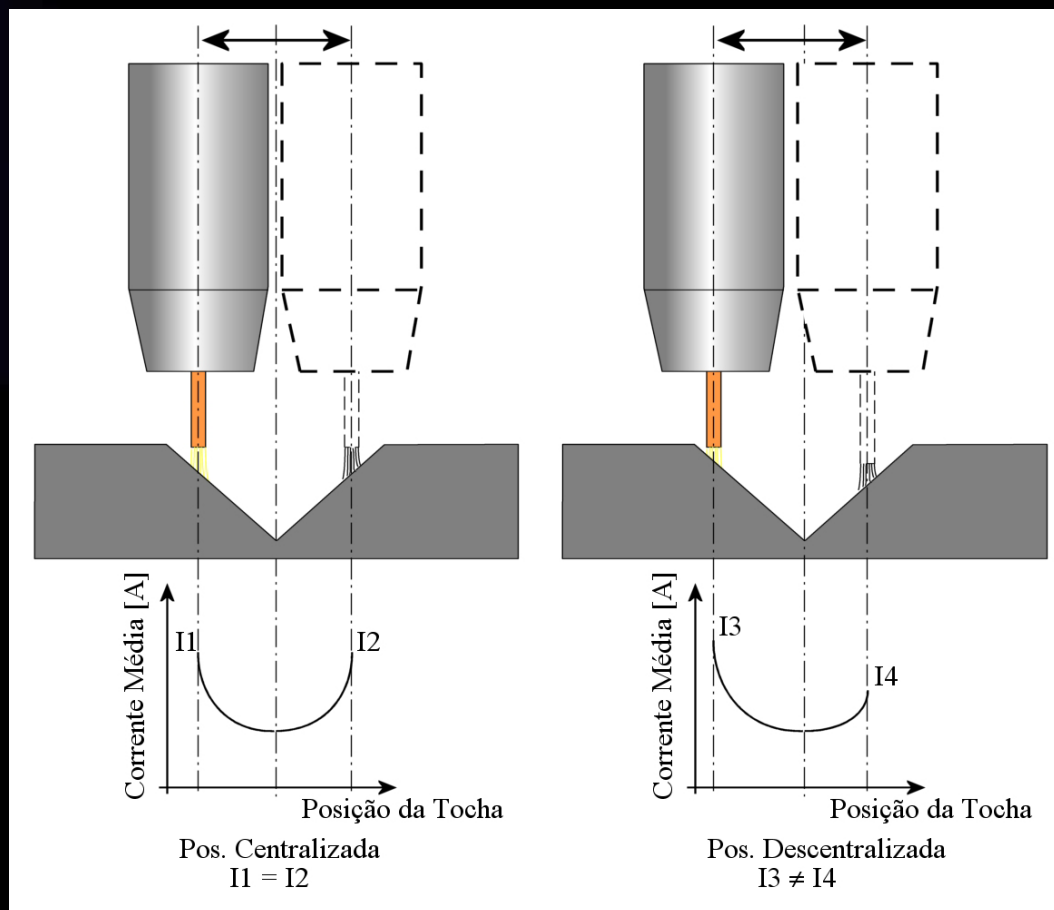
➤ Movimento de
tecimento;

➤ Variação da
Corrente de
Soldagem
($U=RI$);

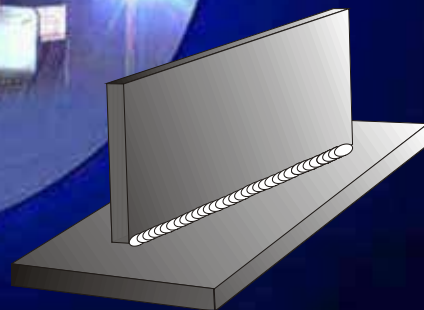


✓ **Aquisição dos valores da corrente nas bordas do chanfro;**

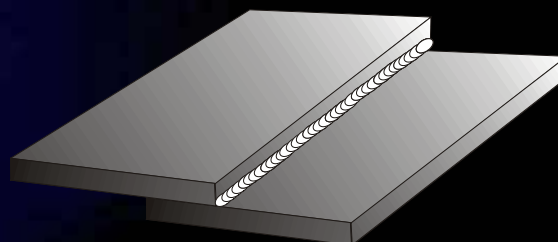
✓ **Tratamento dos dados via software para ajuste de trajetória.**



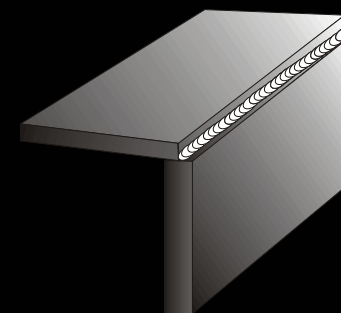
• Tipos de Juntas



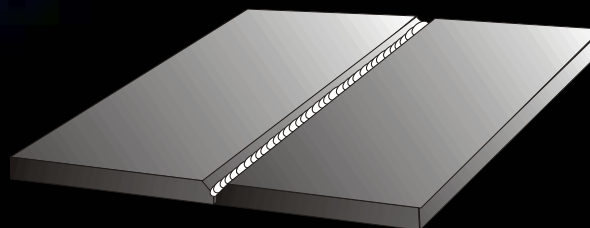
Junta em T



Junta Sobreposta



Junta de Canto



Junta de Topo

- **Métodos de Implementação**

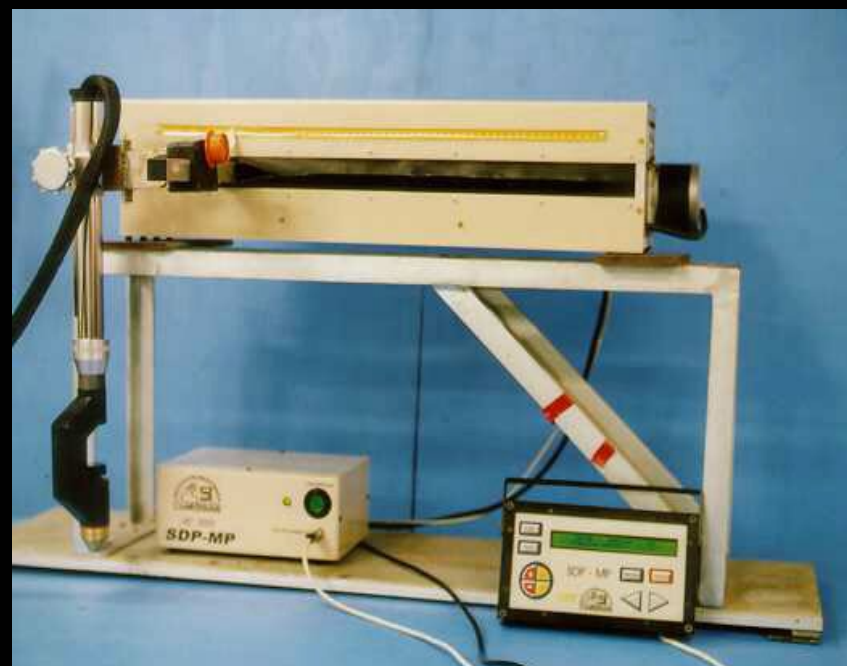
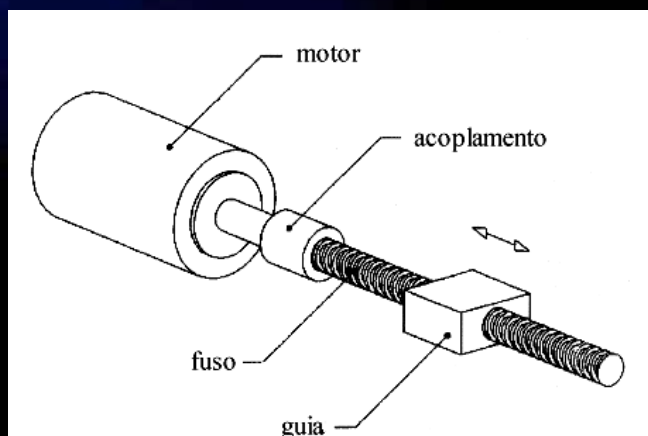
Modos	Planos de Movimentação da Tocha	Frequência de Tecimento	Equacionamento
1	XY	Constante	Linear
2	XY	Constante	Quadrático
3	XYZ	Variável	Linear

- **Fatores importantes para o desempenho do sistema - Farkas (1991):**

- **Sensibilidade do sistema;**
- **Amplitude de tecimento;**
- **Frequência de tecimento;**
- **Ângulo de chanfro;**
- **Velocidade de soldagem.**

O SISTEMA MECÂNICO DE DESLOCAMENTO DA TOCHA

- **Em um eixo :**
- **SDP-600 e SDP-MP**



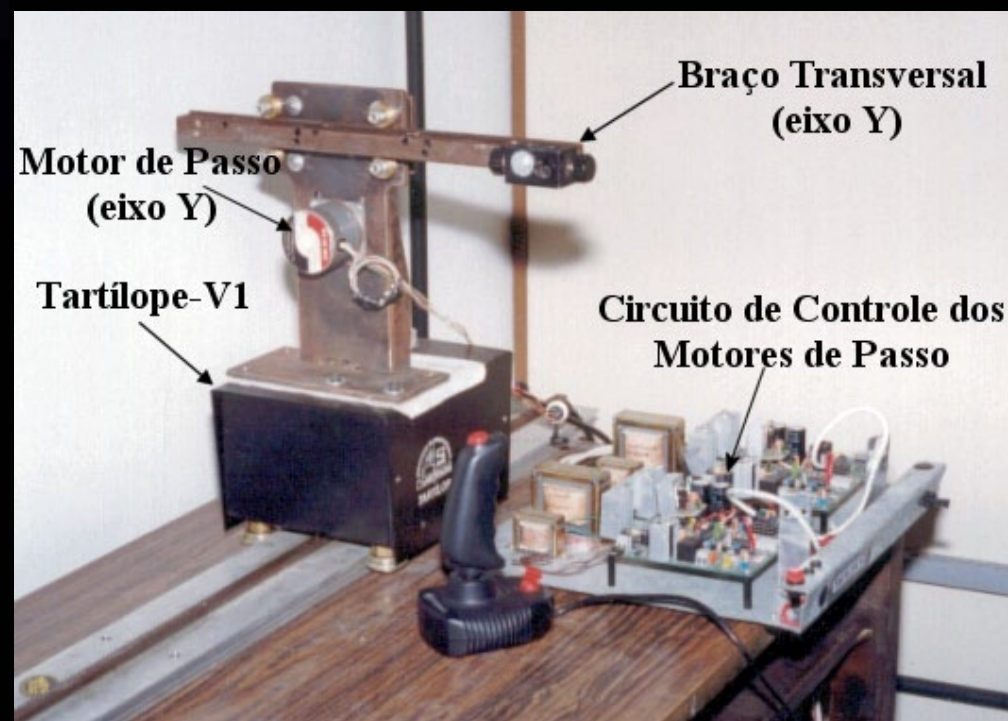
O SISTEMA MECÂNICO DE DESLOCAMENTO DA TOCHA

- **Em um eixo :**
 - **Tartílope-V1**



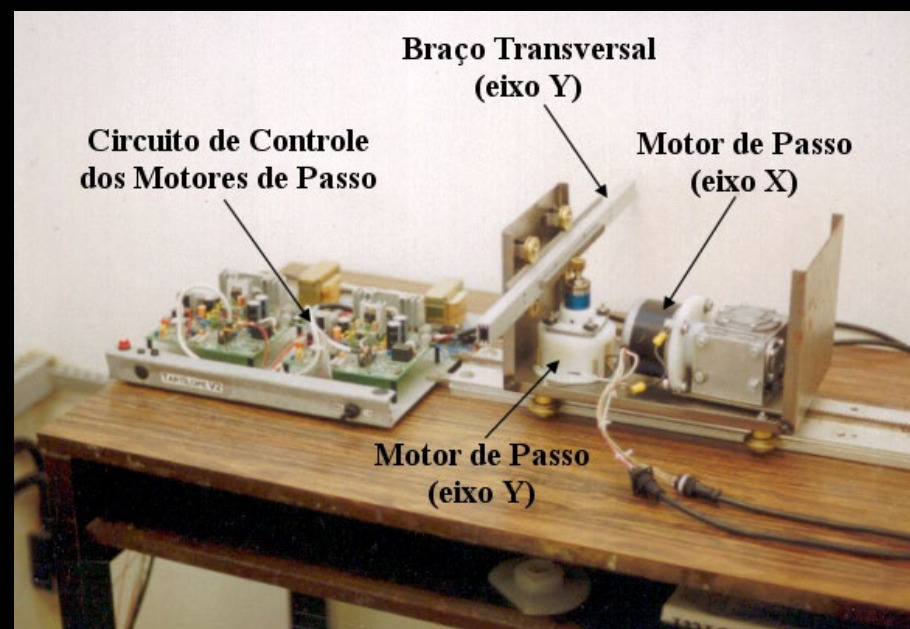
O SISTEMA MECÂNICO DE DESLOCAMENTO DA TOCHA

- **Em dois eixo :**
 - **Protótipo – Tartílope-V2**

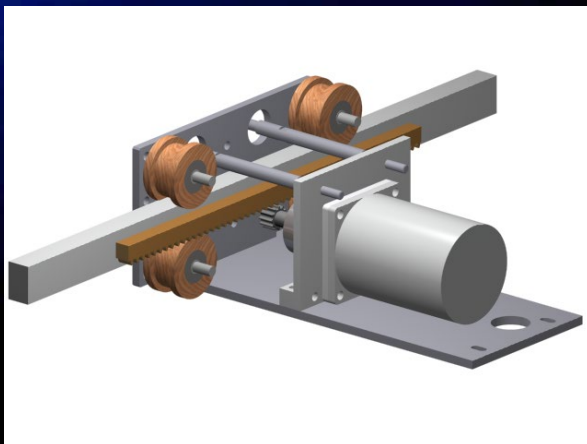


O SISTEMA MECÂNICO DE DESLOCAMENTO DA TOCHA

- **Em dois eixo :**
 - **Primeira versão – Tartílope-V2**



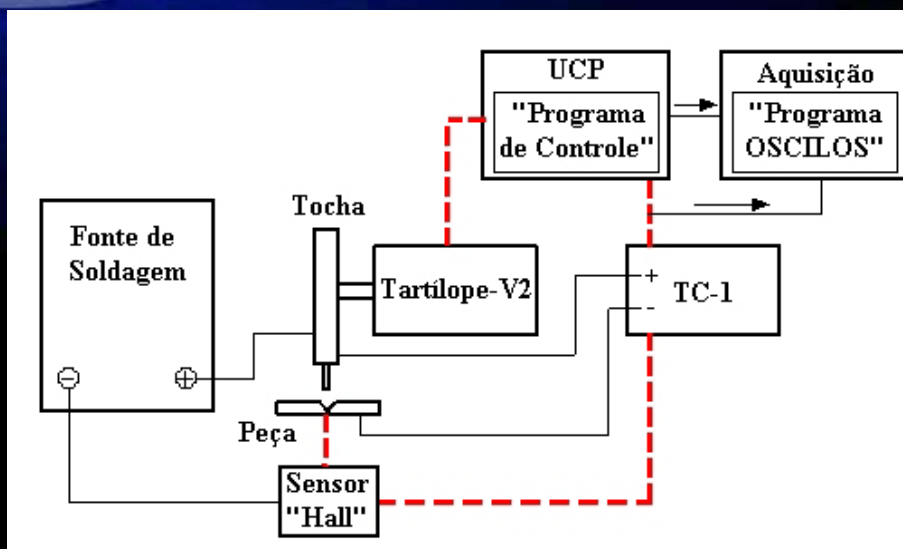
➤ **Tartílope-V2 – Versão Final**



BANCADA EXPERIMENTAL

- **Bancada de Desenvolvimento**
- **Bancada de Avaliação**
- **Módulos comuns:**
 - **Fonte de Soldagem – Inversal 300;**
 - **Sistema de Medição INTERDATA-TC-1.**

- **Bancada de Desenvolvimento:**



- **Bancada de Avaliação:**

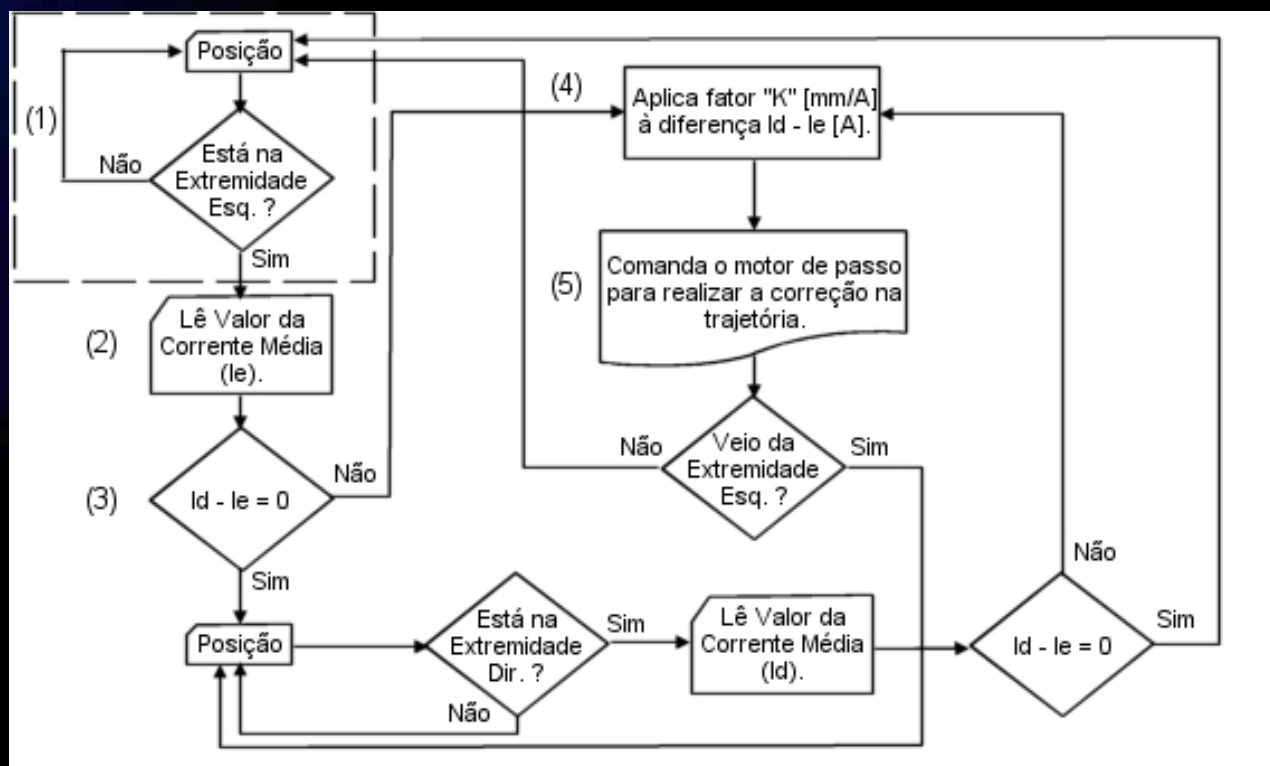
- **Robô Motoman-UP6**



MATERIAIS E MÉTODOS

• Determinação do Algoritmo de Controle

• Algoritmo geral:



- **Variantes testadas:**

Ensaio	Funções Implementação/Modificação
I (A,B)	Limitação dos Valores de Correção ($L_i = 0,2$ mm e $L_s = 2,0$ mm), Correções a Cada Extremidade do Movimento de Tecimento.
II (A,B)	Verificação do Lado da Correção, Diminuição do Limite Superior ($L_s = 1,0$ mm), Correções a Cada Extremidade do Movimento de Tecimento.
III (A,B)	Mudança no Cálculo da Correção (Média), Correções a Cada Duas Extremidades do Movimento de Tecimento.

➤ **Dois ensaios para cada algoritmo.**

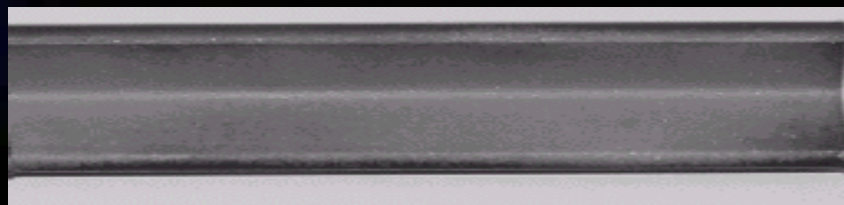
- **Parâmetros de soldagem utilizados:**

Tensão de Soldagem (V)	22,0
Velocidade de Alimentação de Arame (mm/s) (AWS ER70S-6 de Ø 1,0 mm)	83,3 ⁽¹⁾
Velocidade de Soldagem (mm/s)	2,5 ⁽²⁾
Vazão de Gás ($\times 10^{-3}$ m ³ /s) (85% Ar + 15% CO ₂)	0,21 ⁽³⁾
Frequência de Tecimento (Hz)	1,5
Amplitude de Tecimento (mm)	8
Distância Bico-de-Contato Peça (mm)	25

⁽¹⁾ $V_a = 5,0$ m/min ; ⁽²⁾ $V_s = 15$ cm/min ; ⁽³⁾ $V_g = 12,5$ l/min

- **Corpos-de-prova:**

- **Perfis em “L” de aço ABNT-1020 com dimensões de 200 mm de comprimento, 25,4 mm de abas e 6,35 mm de espessura.**



- **Propositalmente posicionados com desvio de 10° em relação a linha central de tecimento.**

- **Ensaio de comprovação da eficiência do algoritmo de controle escolhido**
 - ✓ **Verificar se o sistema é capaz de identificar quando ocorrem ou não desvios durante a operação de soldagem.**
 - ✓ **Três corpos-de-provas foram ensaiados.**



- **Determinação da Faixa de Operação do Sistema e Estudo do Efeito dos Principais Parâmetros de Soldagem no Seu Funcionamento**

- **Parâmetros Estudados:**

- ✓ **Velocidade de Soldagem**
- ✓ **Frequência de Tecimento**
- ✓ **Amplitude de Tecimento**

- ✓ **Corrente Média Empregada**
- ✓ **Ângulo de Desvio da Junta**

- **Parâmetros de soldagem utilizados:**

Parâmetros de Soldagem	Modo de Transferência Metálica	
	Curto-Circuito	Goticular Axial
Tensão de Soldagem (V)	22,0	32,0
Velocidade de Alimentação de Arame (mm/s) (AWS ER70S-6 de Ø 1,0 mm)	83,3 ⁽¹⁾	175,0 ⁽²⁾
Vazão de Gás ($\times 10^{-3}$ m ³ /s) (85% Ar + 15% CO ₂)	0,21 ⁽³⁾	0,21 ⁽³⁾
Distância Bico-de-Contato Peça (mm)	25	25
(1) $V_a = 5,0$ m/min ; (2) $V_a = 10,5$ m/min ; (3) $V_g = 12,5$ l/min		



• Projeto dos Experimentos

✓ Curto-circuito

Ensaio	Vs (mm/s)	f (Hz)	A (mm)	θ (graus)
V33C	3,3	1,5	8	10,0
V25C	2,5	1,5	8	10,0
F15C				
A80C				
D100C				
V17C	1,7	1,5	8	10,0
F10C	2,5	1,0	8	10,0
F20C	2,5	2,0	8	10,0
A60C	2,5	1,5	6	10,0
A40C	2,5	1,5	4	10,0
D00C	2,5	1,5	8	0
D25C	2,5	1,5	8	2,5
D50C	2,5	1,5	8	5,0
D150C	2,5	1,5	8	15,0

✓ Goticular axial

Ensaio	Vs (mm/s)	f (Hz)	A (mm)	θ (graus)
V50G	5,0	1,5	6,0	10,0
V42G	4,2	1,5	6,0	10,0
F15G				
A60G				
D100G				
V33G	3,3	1,5	6,0	10,0
F10G	4,2	1,0	6,0	10,0
F20G	4,2	2,0	6,0	10,0
A40G	4,2	1,5	4,0	10,0
A20G	4,2	1,5	2,0	10,0
D00G	4,2	1,5	6,0	0
D25G	4,2	1,5	6,0	2,5
D50G	4,2	1,5	6,0	5,0
D150G	4,2	1,5	6,0	15,0

• Comparação entre o Sistema de Seguimento de Junta Desenvolvido e um Sistema Comercial

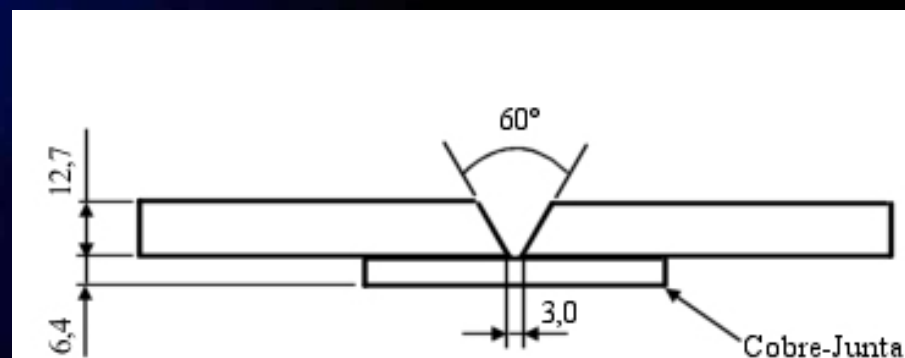
✓ Curto-circuito

Ensaio	Vs (mm/s)	f (Hz)	Ângulo (graus)
COMP1	2,5	3,0	2,5
COMP2	2,5	3,0	5
COMP3	2,5	3,0	10
COMP4	2,5	3,0	15
COMP5	1,7	3,0	15

✓ Goticular axial

Ensaio	Vs (mm/s)	F (Hz)	Ângulo (graus)
COMP6	6,7	2,0	2,5
COMP7	6,7	2,0	5
COMP8	6,7	2,0	10
COMP9	5,0	2,0	10
COMP10	3,3	2,0	10
COMP11	3,3	2,0	15

• Aplicação do Sistema de Seguimento de Juntas Soldadas em Juntas de Chapas



• Dados e Materiais Utilizados:

- ✓ Arame de \varnothing 1,0 mm;
- ✓ Arame de \varnothing 1,2 mm.

- **Aplicação do Sistema de Seguimento de Junta na Soldagem de Juntas Chanfradas**

✓ **Posição Inicial**



✓ **Posição Final ($\theta=5^\circ$)**



**• Parâmetros de soldagem utilizados
(arame de $\varnothing 1,2$ mm):**

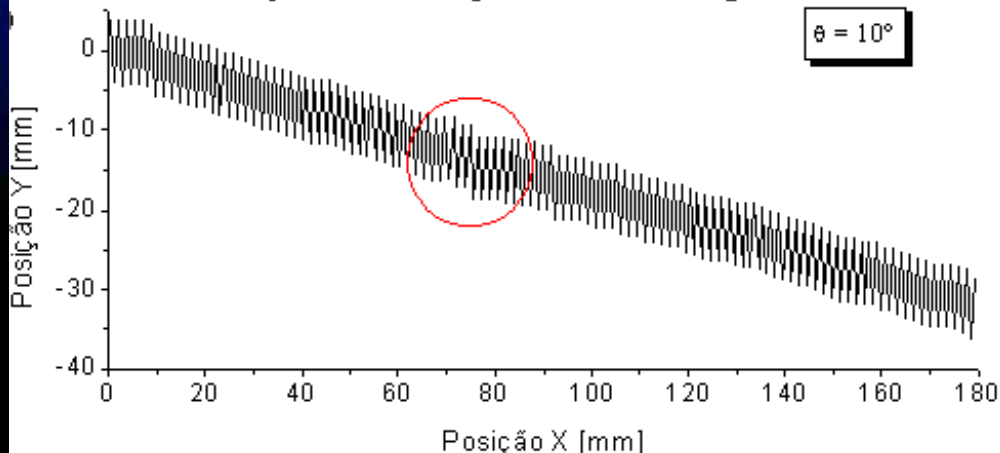
Tensão de Soldagem (V)	24,0
Velocidade de Alimentação de Arame (mm/s) (AWS ER70S-6 de $\varnothing 1,2$ mm)	100,0 ⁽¹⁾
Velocidade de Soldagem (mm/s)	3,3 ⁽²⁾
Vazão de Gás ($\times 10^{-3}$ m ³ /s) (85% Ar + 15% CO ₂)	0,21 ⁽³⁾
Frequência de Tecimento (Hz)	1,5
Amplitude de Tecimento (mm)	6,0
Distância Bico-de-Contato Peça (mm)	25

⁽¹⁾ $V_a = 6,0$ m/min ; ⁽²⁾ $V_s = 20$ cm/min ; ⁽³⁾ $V_g = 12,5$ l/min

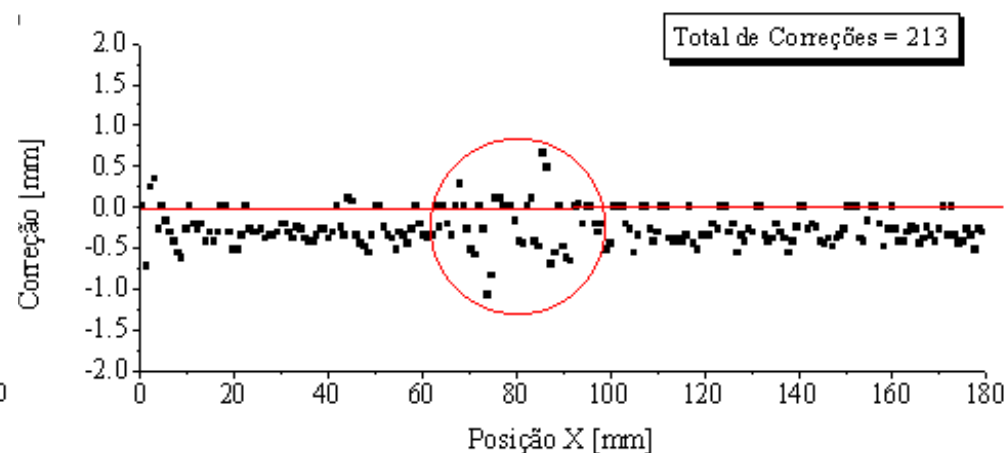
RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Determinação do Algoritmo de Controle
- Ensaio IA:

Trajétória Descrita pela Tocha de Soldagem

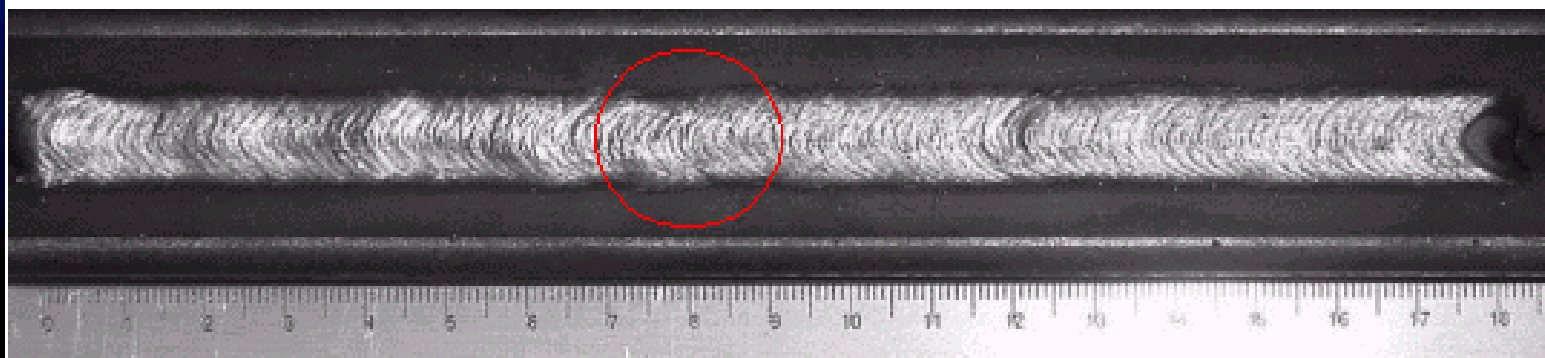


Correções Calculadas pelo Sistema



- **Cordão de solda (ensaio IA):**

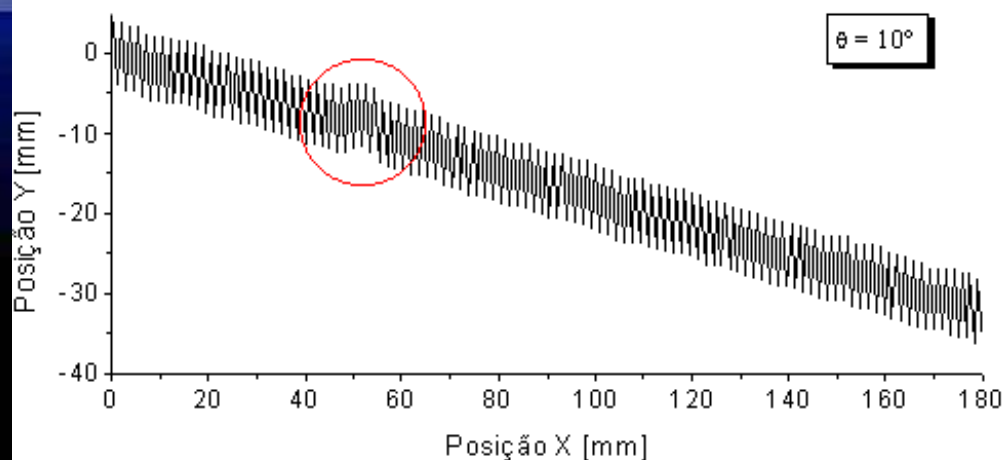
Cordão de Solda Resultante



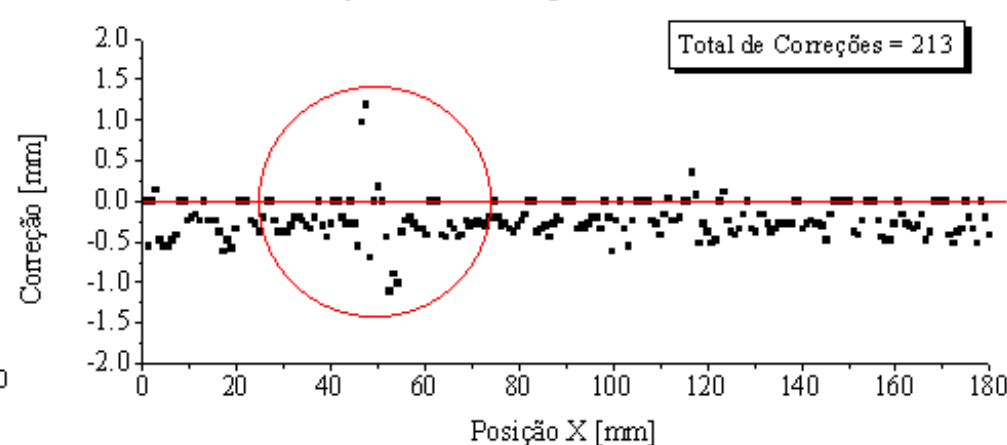
$U = 22,0 \text{ V}$; $V_a = 83,3 \text{ mm/s}$; $V_s = 2,5 \text{ mm/s}$; $f = 1,5 \text{ Hz}$; $A = 8,0 \text{ mm}$; $K = 0,05 \text{ mm/A}$

- Ensaio IB:

Trajetória Descrita pela Tocha de Soldagem

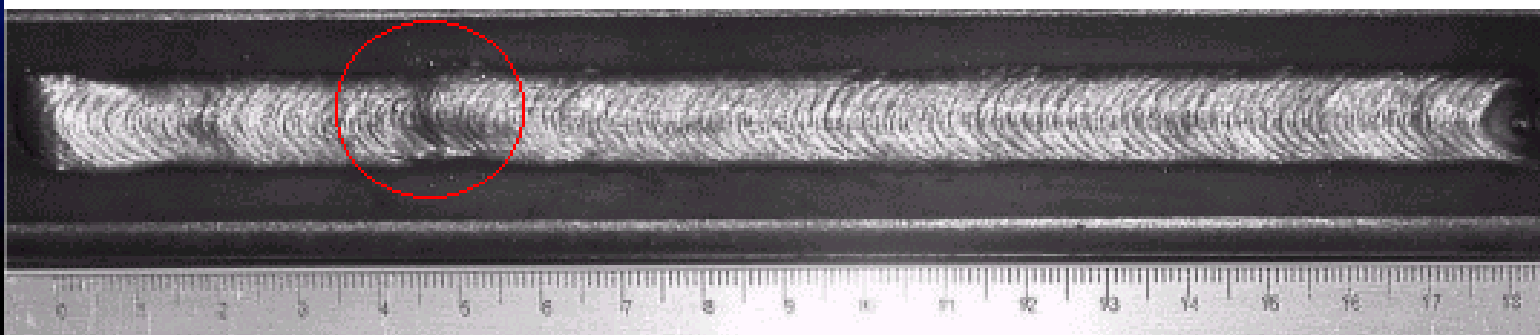


Correções Calculadas pelo Sistema



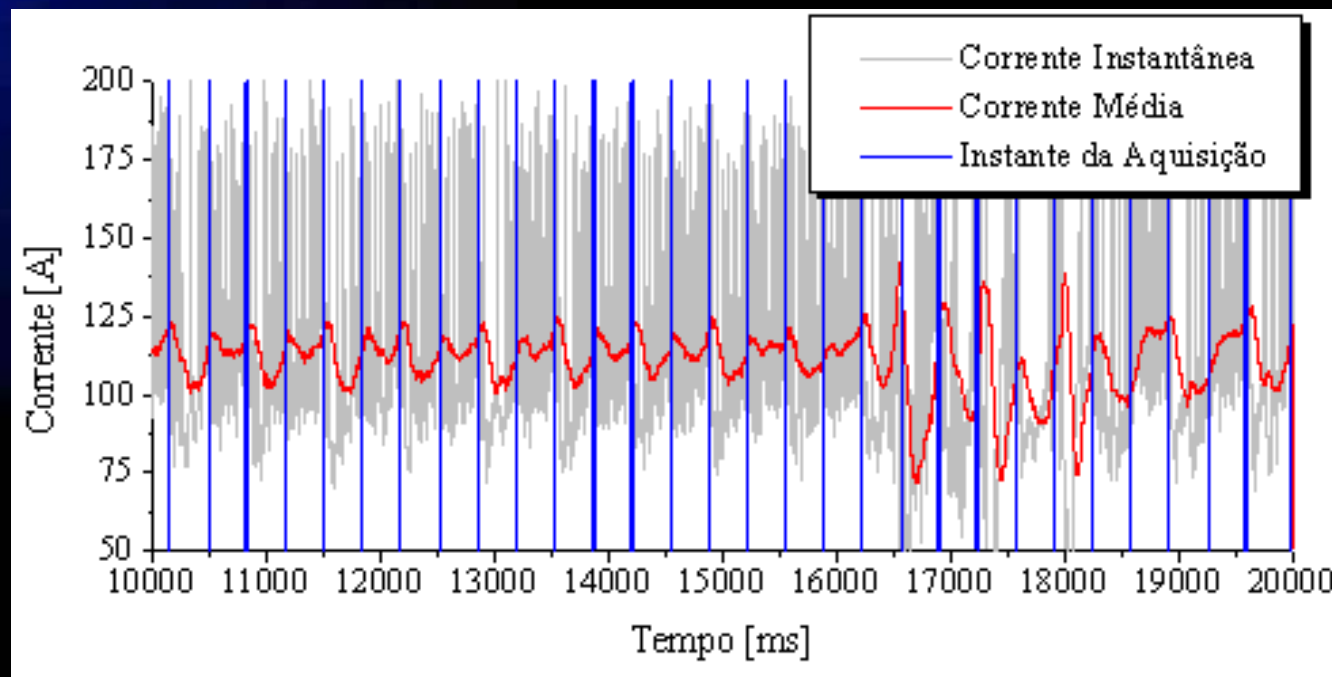
- **Cordão de solda (ensaio IB):**
 - ✓ **Defeito no cordão.**

Cordão de Solda Resultante



$U = 22,0 \text{ V}$; $V_a = 83,3 \text{ mm/s}$; $V_s = 2,5 \text{ mm/s}$; $f = 1,5 \text{ Hz}$; $A = 8,0 \text{ mm}$; $K = 0,05 \text{ mm/A}$

- **Oscilograma mostrando instabilidades no processo:**

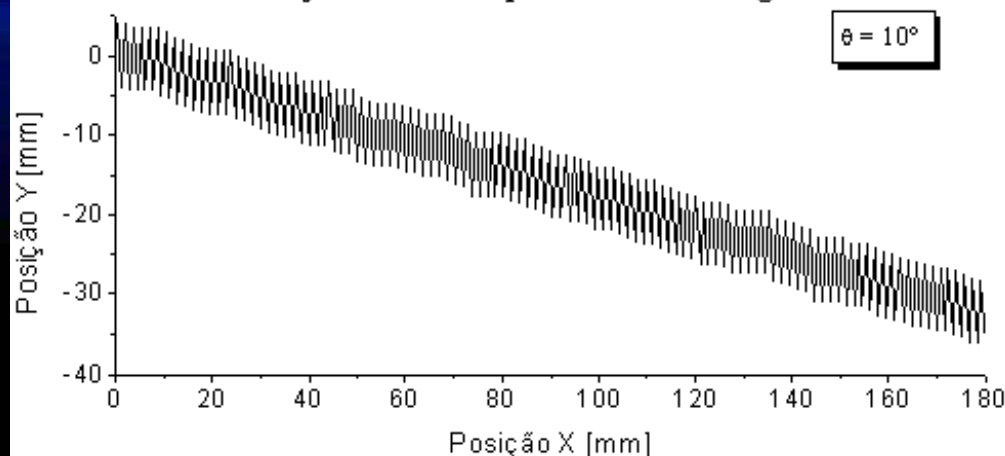


- **Resultados parciais:**

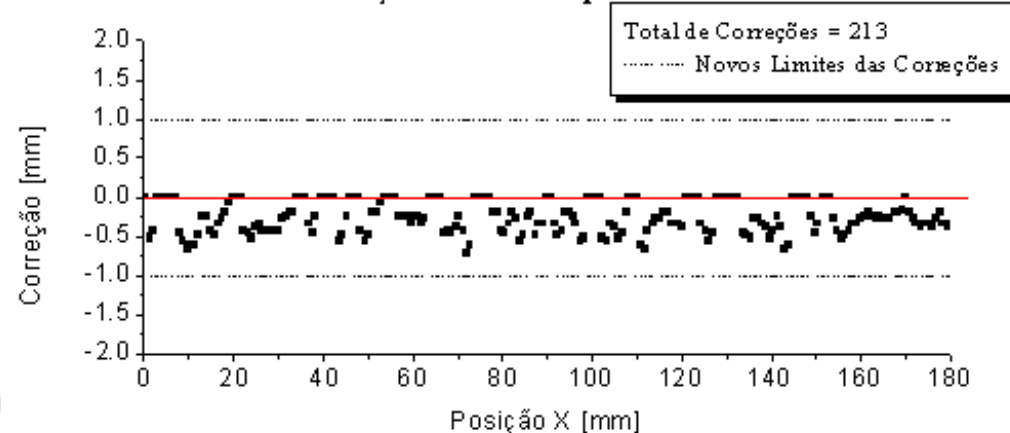
- ✓ **Manter os valores de correção baixos;**
- ✓ **Evitar que o sistema efetue correções para o lado contrário.**

- **Ensaio IIA:**
- ✓ **Novos limites de correção ($L_s = 1,0$ mm).**

Trajatória Descrita pela Tocha de Soldagem

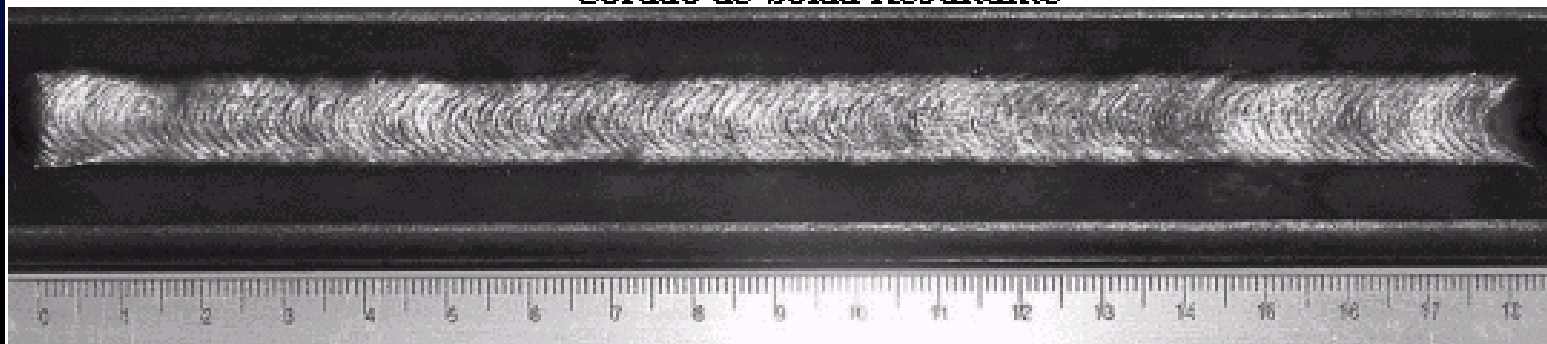


Correções Calculadas pelo Sistema



- **Cordão de solda (ensaio IIA):**

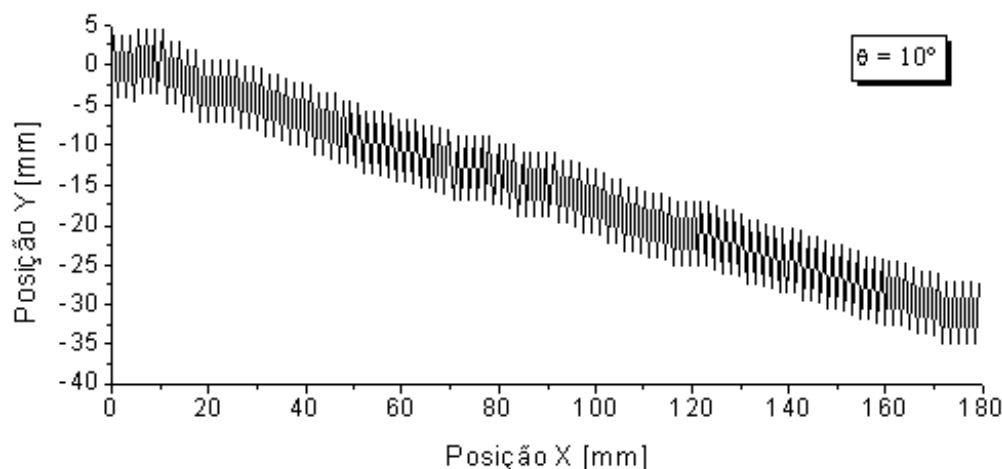
Cordão de Solda Resultante



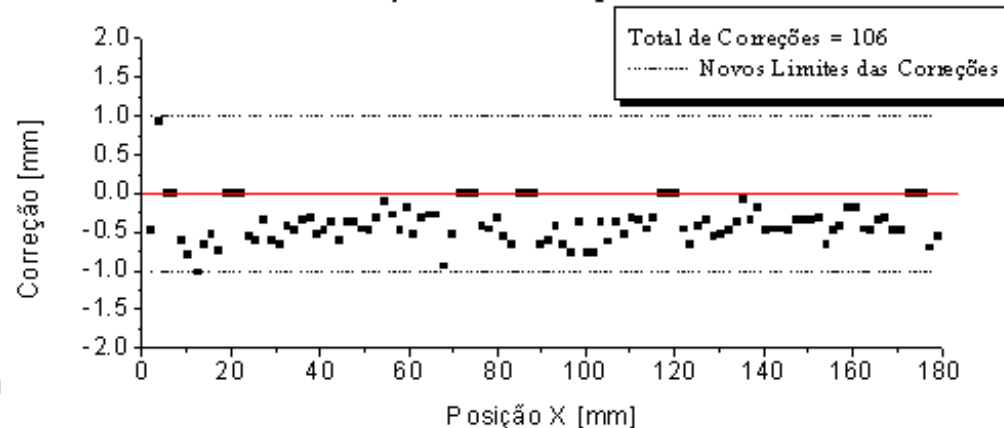
$U = 22,0 \text{ V}$; $V_a = 83,3 \text{ mm/s}$; $V_s = 2,5 \text{ mm/s}$; $f = 1,5 \text{ Hz}$; $A = 8,0 \text{ mm}$; $K = 0,05 \text{ mm/A}$

- **Ensaio IIIA:**
- ✓ **Valores médios.**

Trajetória Descrita pela Tocha de Soldagem

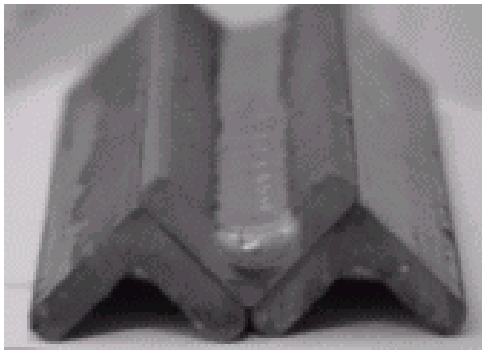


Correções Calculadas pelo Sistema



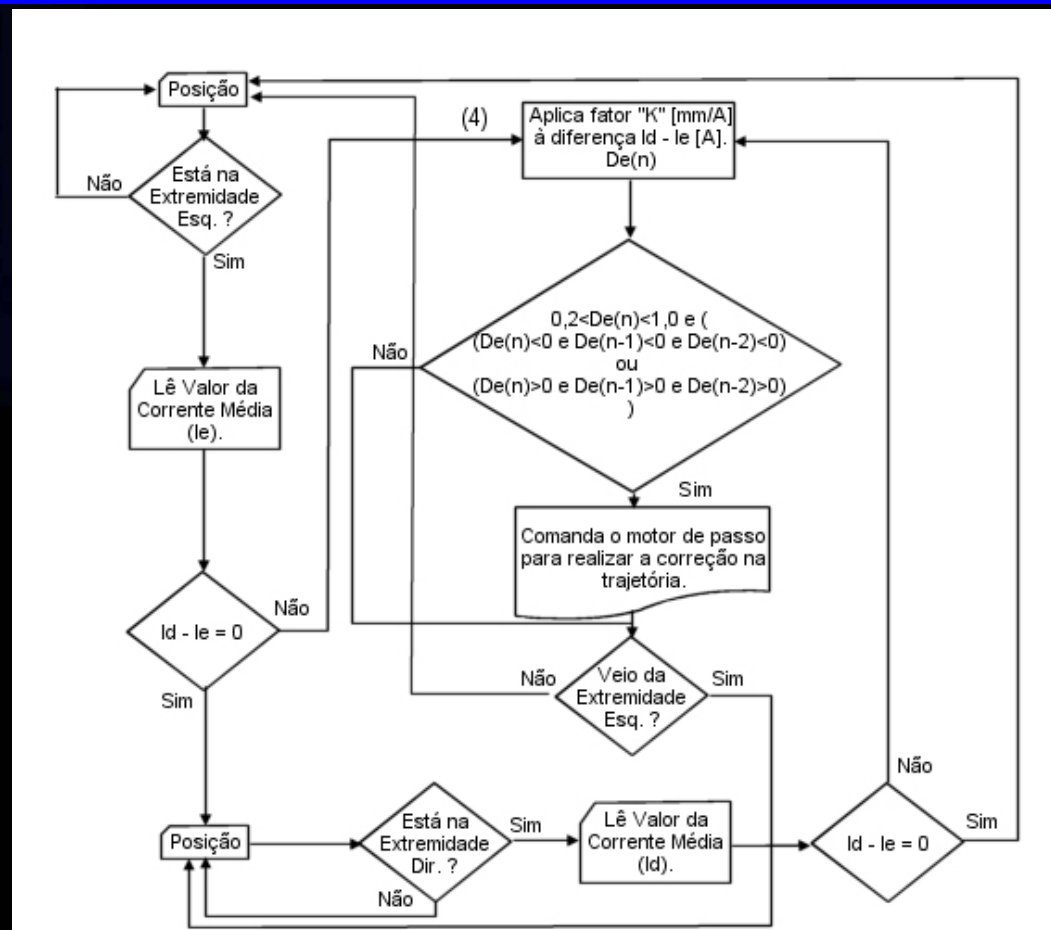
- **Cordão de solda (ensaio IIIA):**
- ✓ **Cordão de solda descentralizado.**

Cordão de Solda Resultante



$U = 22,0 \text{ V}$; $V_a = 83,3 \text{ mm/s}$; $V_s = 2,5 \text{ mm/s}$; $f = 1,5 \text{ Hz}$; $A = 8,0 \text{ mm}$; $K = 0,05 \text{ mm/A}$

✓ Algoritmo final:





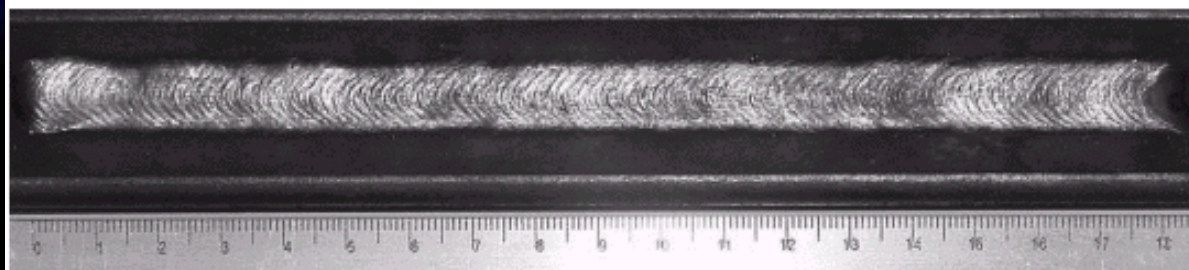
- **Ensaio de comprovação do algoritmo:**
- ✓ **Garantia da repetitividade e da qualidade das soldas.**



- **Determinação da Faixa de Operação do Sistema e Estudo do Efeito dos Principais Parâmetros de Soldagem no Seu Funcionamento**

✓ **Ensaio de referência para o modo de transferência por curto-circuito (V25C, F15C, A80C e D100C).**

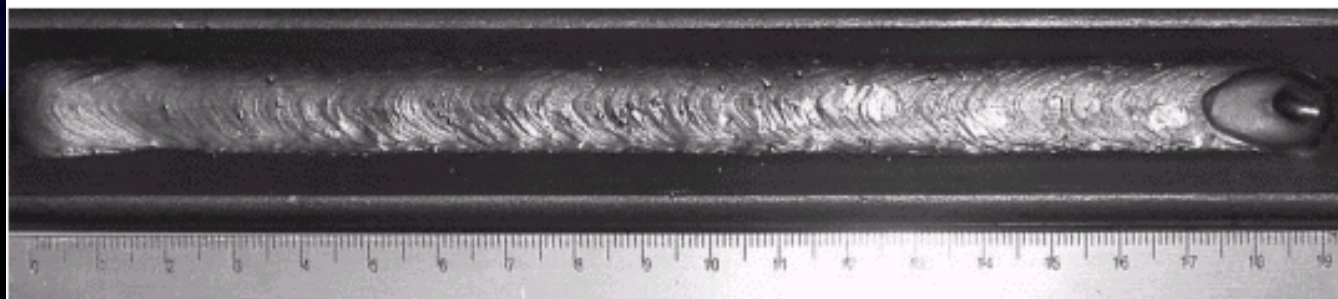
Cordão de Solda Resultante



$U = 22,0 \text{ V}$; $V_a = 83,3 \text{ mm/s}$; $V_s = 2,5 \text{ mm/s}$; $f = 1,5 \text{ Hz}$; $A = 8,0 \text{ mm}$; $K = 0,05 \text{ mm/A}$

✓ **Ensaio de referência para o modo de transferência goticular axial (V42G,F15G,A60G e D100G)**

Cordão de Solda Resultante



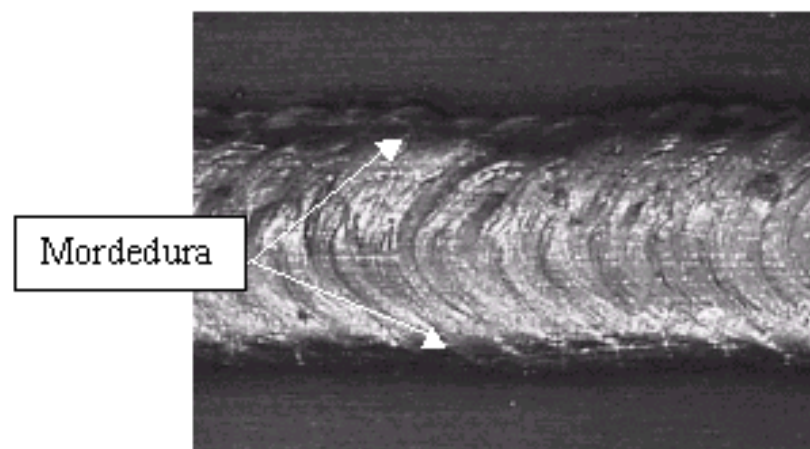
$U = 32,0 \text{ V}$; $V_a = 175,0 \text{ mm/s}$; $V_s = 4,2 \text{ mm/s}$; $f = 1,5 \text{ Hz}$; $A = 6,0 \text{ mm}$; $K = 0,05 \text{ mm/A}$

- **Efeito da velocidade de soldagem:**

- **Velocidades baixas:**

- ✓ **V17C – Ocorrência de instabilidades na trajetória da tocha devido ao arco sofrer significativa influência da poça metálica (diminuição da sensibilidade do sistema);**
- ✓ **V33G – Apesar da ocorrência de instabilidades, não se verificou nenhuma alteração no cordão devido à alta taxa de deposição do modo goticular axial.**

- **Velocidades altas:**
 - ✓ **V33C e V50G – Ocorrência de mordeduras devido ao excesso de velocidade de soldagem:**



$U = 22,0 \text{ V}$; $V_a = 83,3 \text{ mm/s}$; $V_s = 3,3 \text{ mm/s}$; $f = 1,5 \text{ Hz}$; $A = 8,0 \text{ mm}$; $K = 0,05 \text{ mm/A}$

- **Efeito da frequência de tecimento:**

- **Frequências baixas:**

- ✓ **F10C – Ocorrência de mordeduras;**
- ✓ **F10G – O número de correções efetuadas pelo sistema, para um mesmo comprimento da junta, diminui com a frequência de tecimento. Assim, o sistema não foi capaz de manter a tocha alinhada.**

✓ **Ensaio F10G:**

Cordão de Solda Resultante



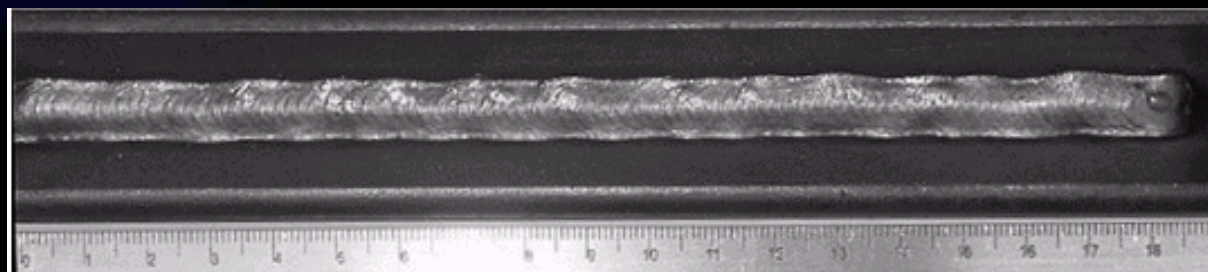
$U = 32,0 \text{ V}$; $V_a = 175,0 \text{ mm/s}$; $V_s = 4,2 \text{ mm/s}$; $f = 1,0 \text{ Hz}$; $A = 6,0 \text{ mm}$; $K = 0,05 \text{ mm/A}$

- **Frequências altas:**

- ✓ **F20C e F20G – Apesar do sistema ter seguido a junta a contento, observou-se certas instabilidades na trajetória da tocha devido à ocorrência de vibração excessiva do sistema de deslocamento (limite da faixa de operação do equipamento).**

- **Efeito da amplitude de tecimento:**
- **Amplitudes menores:**
 - ✓ **A60C e A40G – Ambos os ensaios apresentaram resultados satisfatórios.**
 - ✓ **A40C –O cordão não ficou devidamente centralizado na junta. Devido à menor variação do comprimento do eletrodo, o sistema não foi capaz de perceber o erro de alinhamento da junta satisfatoriamente.**

- ✓ **Devido à possível aplicação prática da configuração $A = 4 \text{ mm}$ para o modo de transferência por curto-circuito, tentou-se aumentar a sensibilidade do sistema através do incremento do fator de conversão “K”.**
- ✓ **Entretanto, não se obteve sucesso:**



$U = 22,0 \text{ V}$; $V_a = 83,3 \text{ mm/s}$; $V_s = 2,5 \text{ mm/s}$; $f = 1,5 \text{ Hz}$; $A = 4,0 \text{ mm}$; $K = 0,08 \text{ mm/A}$

- **Efeito do ângulo de desvio da junta:**
- **Todos os ensaios apresentaram resultados satisfatórios, demonstrando a capacidade do sistema em reconhecer diferentes ângulos de desvio :**
 - ✓ **D00C, D25C, D50C, D150C;**
 - ✓ **D00G, D25G, D50G, D150G;**

Ensaio	Vs (mm/s)	f (Hz)	A (mm)	θ (graus)	Resultado
V33C	3,3	1,5	8	10,0	Velocidade Alta. Mordeduras.
V25C F15C A80C D100C	2,5	1,5	8	10,0	Sucesso
V17C	1,7	1,5	8	10,0	Velocidade Baixa. Instabilidade no Cordão.
F10C	2,5	1,0	8	10,0	Frequência Baixa. Mordeduras.
F20C	2,5	2,0	8	10,0	Sucesso. Limite do Sistema.
A60C	2,5	1,5	6	10,0	Sucesso
A40C	2,5	1,5	4	10,0	Não Seguiu
D00C	2,5	1,5	8	0	Sucesso
D25C	2,5	1,5	8	2,5	Sucesso
D50C	2,5	1,5	8	5,0	Sucesso
D150C	2,5	1,5	8	15,0	Sucesso

Ensaio	Vs (mm/s)	f (Hz)	A (mm)	θ (graus)	Resultado
V50G	5,0	1,5	6,0	10,0	Velocidade Alta Mordedura
V42G F15G A60G D100G	4,2	1,5	6,0	10,0	Sucesso
V33G	3,3	1,5	6,0	10,0	Sucesso Obs.: instabilidades na trajetória
F10G	4,2	1,0	6,0	10,0	Não Seguiu
F20G	4,2	2,0	6,0	10,0	Sucesso Limite do Sistema
A40G	4,2	1,5	4,0	10,0	Sucesso
A20G	4,2	1,5	2,0	10,0	Não Seguiu
D00G	4,2	1,5	6,0	0	Sucesso
D25G	4,2	1,5	6,0	2,5	Sucesso
D50G	4,2	1,5	6,0	5,0	Sucesso
D150G	4,2	1,5	6,0	15,0	Sucesso

• Comparação entre o Sistema de Seguimento de Junta Desenvolvido e um Sistema Comercial

- ✓ **Para que o sistema funcionasse satisfatoriamente , para as mesmas condições empregadas nos ensaios com o sistema proposto (curto-circuito), foi necessário aumentar a frequência de tecimento para 3 Hz;**
- ✓ **Para o ensaio $\theta=15^\circ$, foi necessário diminuir a Vs de 2,5 mm/s (15cm/min) para 1,7 mm/s (10cm/min);**

- **Comparação entre o Sistema de Seguimento de Junta Desenvolvido e um Sistema Comercial**

- ✓ **Para o modo de transferência goticular axial, o máximo ângulo que desvio que o robô conseguiu corrigir satisfatoriamente foi de 5°.**
- ✓ **Entretanto, tais resultados contradizem o que vem no manual do robô, pois neste se diz claramente que o sistema não funciona no modo de transferência goticular axial.**

- **Aplicação do Sistema de Seguimento de Junta na Soldagem de Juntas Chanfradas**



• **Arame $\varnothing 1,0$ mm**



• **Arame $\varnothing 1,2$ mm**

CONCLUSÕES

- ✓ **O sistema de seguimento de junta desenvolvido apresentou excelentes resultados, cumprindo satisfatoriamente a performance pretendida para essa dissertação;**
- ✓ **O sistema foi capaz de reconhecer e corrigir ângulos de desvios da junta compreendidos entre 0° e 15°, tanto no modo de transferência por curto-circuito, como no modo de transferência axial;**

CONCLUSÕES

- ✓ **O sistema proposto apresentou boa repetitividade e qualidade nas soldas depositadas;**
- ✓ **Quanto menor for o valor da velocidade de soldagem, maior será a influência da poça metálica no comportamento do arco voltaico, resultando na diminuição da sensibilidade do sistema;**

CONCLUSÕES

- ✓ **O número total de correções efetuadas ao longo da junta dependerá diretamente da velocidade de soldagem e da frequência de tecimento;**
- ✓ **Tanto para velocidades de soldagem altas, como para frequências de tecimento baixas, foram observadas mordeduras nas laterais dos cordões ;**

CONCLUSÕES

- ✓ **Quanto menor for a amplitude de tecimento, maior será a dificuldade do sistema em reconhecer o desvio da junta;**
- ✓ **Como a taxa de deposição é maior no modo de transferência goticular axial, o cordão de solda se torna menos sensível às instabilidades ocorridas na trajetória da tocha de soldagem;**

PROPOSTA PARA NOVOS TRABALHOS

- ✓ **O sistema comercial testado apresentou difícil implementação e utilização;**
- ✓ **O desvio máximo que o sistema comercial conseguiu corrigir de forma satisfatória foi de 10° para o modo de transferência por curto-circuito e de 5° para o modo de transferência goticular axial.**

PROPOSTA PARA NOVOS TRABALHOS

- ✓ **Analisar a influência do ângulo de chanfro e espessura da chapa no funcionamento do sistema;**
- ✓ **Realizar ensaios com corrente pulsada e suas variações;**
- ✓ **Implementar melhoramentos no algoritmo de controle desenvolvido e testar novos algoritmos de controle;**

PROPOSTA PARA NOVOS TRABALHOS

- ✓ **Analisar o comportamento do sistema com outros materiais de adição e de base;**
- ✓ **Realizar ensaios em outras posições de soldagem;**
- ✓ **Adaptar o sistema para a soldagem de tubos, onde a deformação sofrida pelas peças é acentuada.**



Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de pós-graduação em Eng. Mecânica
LABSOLDA – Laboratório de Soldagem



AGRADECIMENTOS



PROGRAMA DE RECURSOS HUMANOS DA ANP
PARA O SETOR PETRÓLEO E GÁS - PRH-
ANP/MME/MCT



PROGRAMA DE RECURSOS HUMANOS DA ANP
PARA O SETOR PETRÓLEO E GÁS - PRH-ANP/MME/MCT