

06

---

# SOLDAGEM

Engenharia Mecânica

Prof. Luis Fernando Maffeis Martins

# Solda MIG/MAG



# Solda MIG/MAG

MIG = Metal Inert Gas  
MAG = Metal Active Gas



# Solda MIG/MAG

MIG = Metal Inert Gas

MAG = Metal Active Gas

GMAW = Gas Metal Arc Welding

# Solda MIG/MAG

## Processo de soldagem por arco elétrico

Assim como a soldagem por eletrodo revestido e a solda TIG, os processos de soldagem MIG e MAG também utilizam um arco elétrico como fonte de calor.

Neste processo é utilizado um eletrodo de **não revestido consumível**.

A proteção da junta soldada é feita através de um fluxo de gás que pode ser inerte ou ativo.

# Solda MIG/MAG

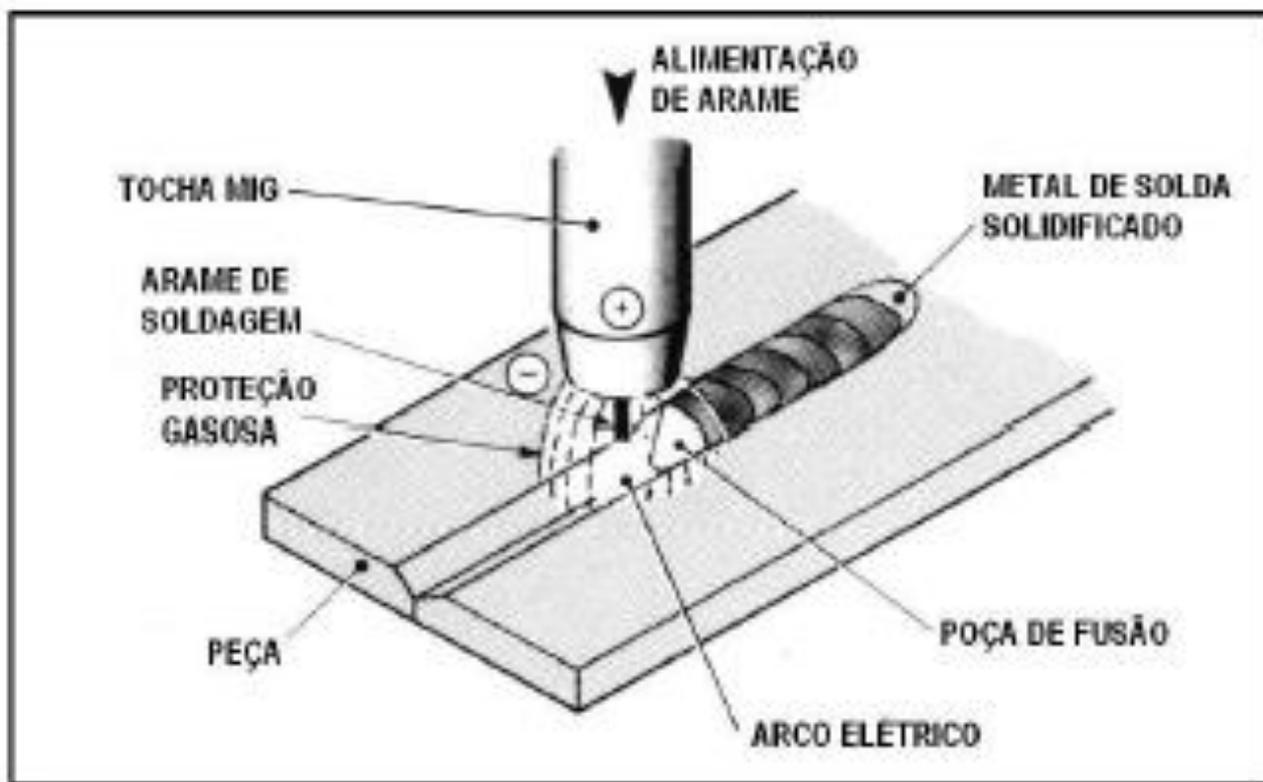


Figura 1 – Processo básico de soldagem MIG/MAG

# Solda MIG/MAG

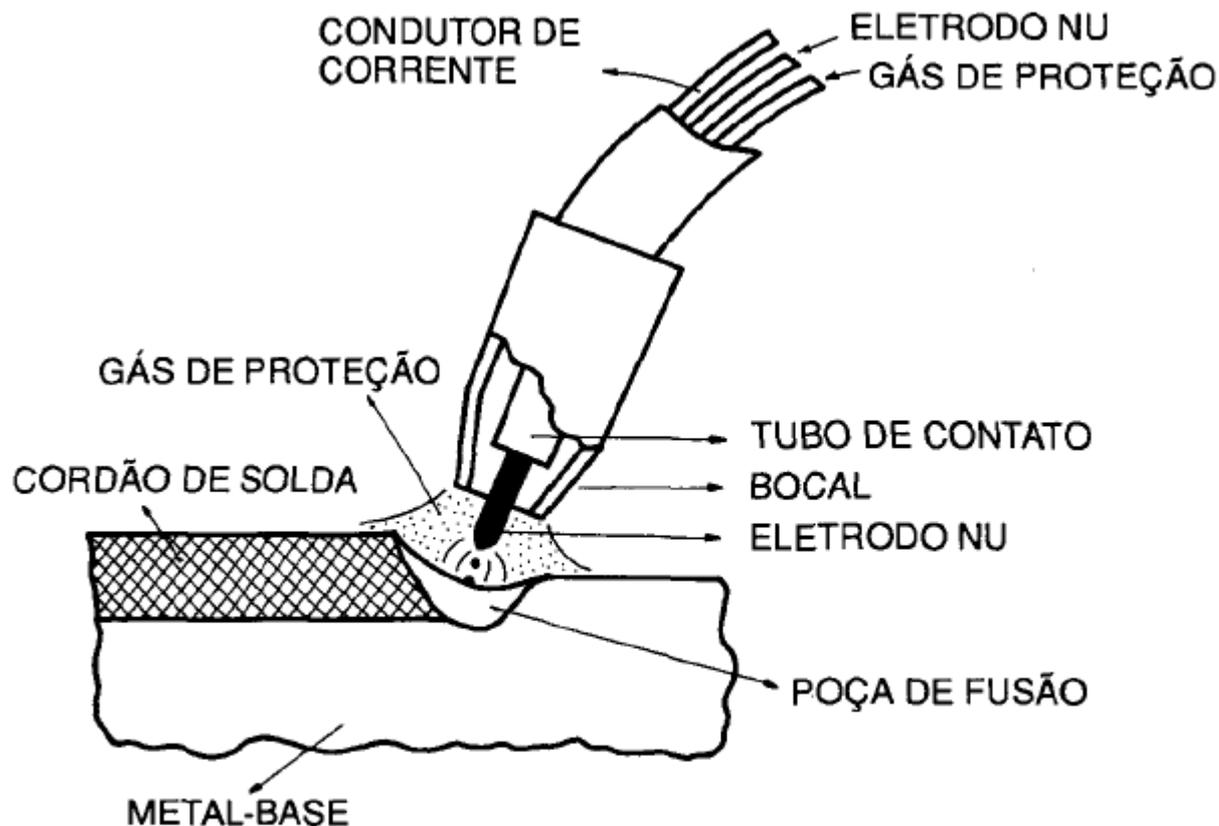


Figura 2.53 — Processo de soldagem MIG/MAG

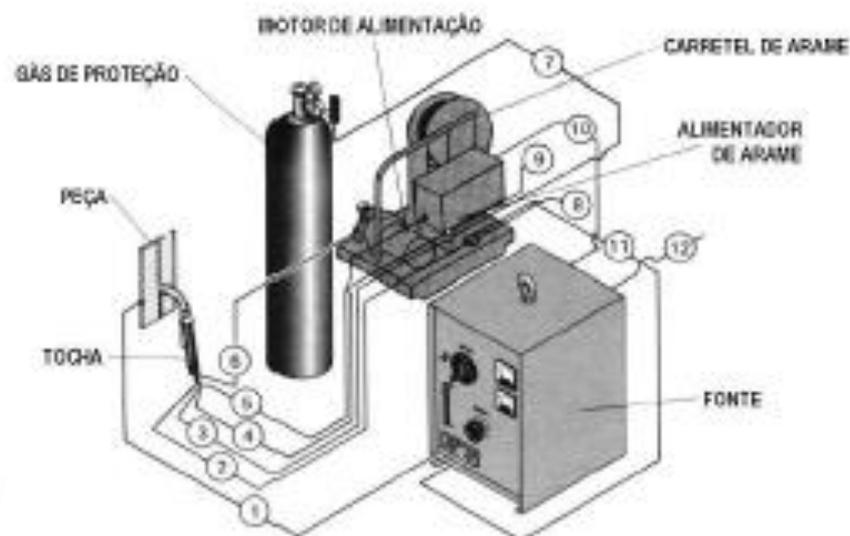
# Solda MIG/MAG

## Processo de soldagem por arco elétrico

O eletrodo é continuamente fundido pelo arco elétrico, sendo adicionado à poça de fusão.

O gás pode ser inerte (argônio) ou ativo ( $\text{CO}_2$ )

# Solda MIG/MAG



1. CABO DE SOLDA (NEGATIVO)
2. REFRIGERAÇÃO DA TOCHA (ÁGUA)
3. GÁS DE PROTEÇÃO
4. GATILHO DA TOCHA
5. ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO PARA A TOCHA
6. CONDUÍTE DO ARAME
7. GÁS DE PROTEÇÃO VINDO DO CILINDRO
8. SAÍDA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO
9. ENTRADA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO
10. ENTRADA DE 42 V (CA)
11. CABO DE SOLDA (POSITIVO)
12. CONEXÃO PARA A FONTE PRIMÁRIA (220/380/440 V)

Figura 6 - Instalações para a soldagem manual

# Solda MIG/MAG

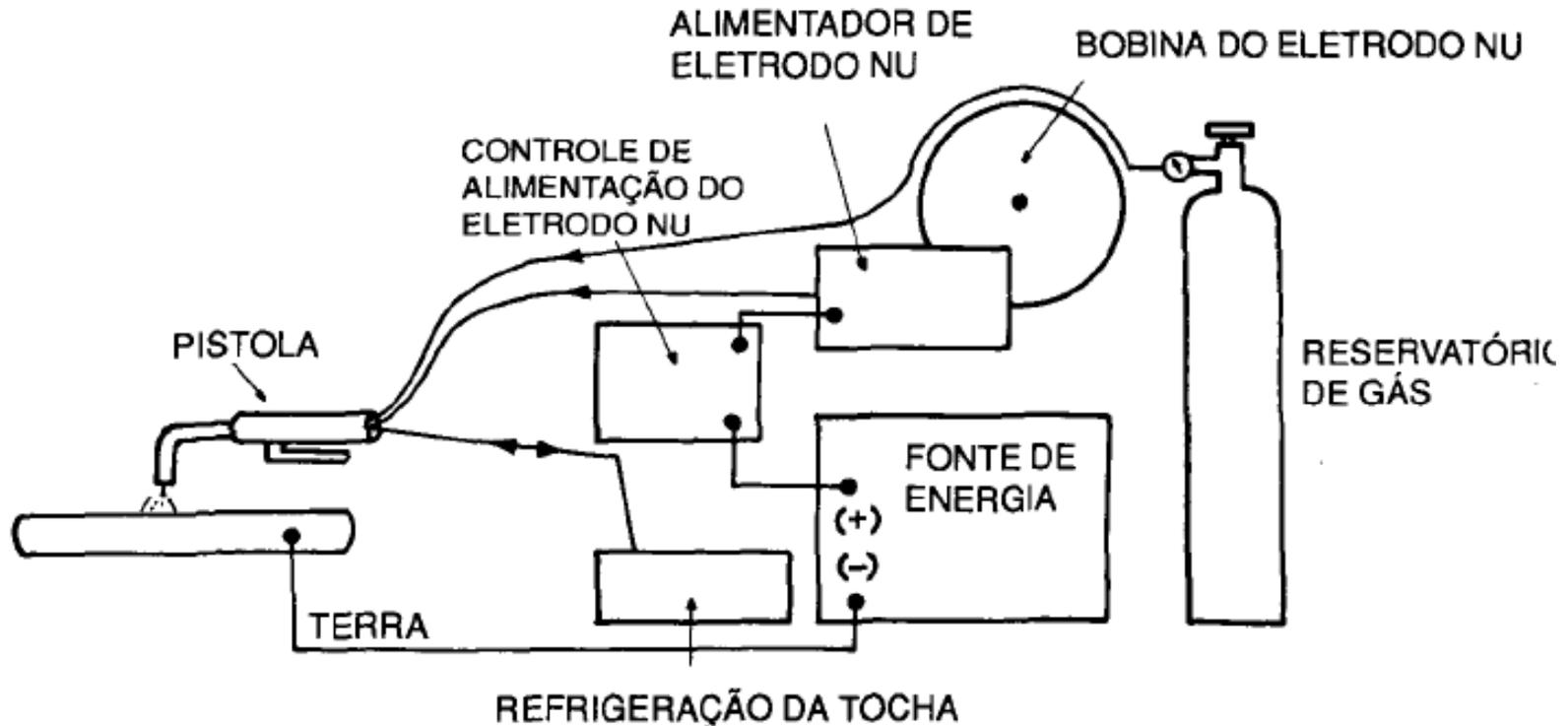


Figura 2.54 — Esquema dos equipamentos para o processo MIG/MAG

# Solda MIG/MAG

Processo desenvolvido na década de 30 do século passado, inicialmente com gás ativo, porém só viabilizado comercialmente após 2ª Guerra Mundial, com gás inerte. Posteriormente voltou-se a utilizar o gás ativo.

O processo MIG é adequado principalmente à soldagem de aço-carbono, aços ligados (baixa, média e alta liga), aços inoxidáveis, ligas de alumínio, ligas de magnésio e ligas de cobre.

O processo MAG é adequado principalmente na soldagem de aço-carbono e aços de baixa liga.

Como o processo tem as mesmas características, atualmente é utilizado internacionalmente o termo GMAW, embora no Brasil ainda é mais comum o uso dos termos MIG e MAG.

# Solda MIG/MAG

## Vantagens:

- soldagem pode ser efetuada em todas posições;
- processo semi-automático, versátil, podendo ser facilmente automatizado;
- eletrodo nu é adicionado continuamente;
- velocidade de soldagem elevada;
- taxa de deposição do metal elevada;
- não há formação de escória, portanto não é necessária sua remoção;
- penetração mais uniforme quando comparado com eletrodo reversível;
- baixo teor de hidrogênio;
- tensões e distorções reduzidas;
- facilidade de operação;

# Solda MIG/MAG

## Limitações:

- a ausência de escória aumenta velocidade de resfriamento, o que pode facilitar a formação de trincas;
- necessidade de proteção contra correntes de ar;
- operação não é fácil em locais de difícil acesso, em função da necessidade de proximidade entre pistola e peça;
- projeções de gotas durante a soldagem;
- grande emissão de raios ultravioleta;
- equipamento mais caro e menos portátil que o de eletrodo revestido;
-

# Solda MIG/MAG

Tabela 2.45 — Resumo das características da soldagem pelo processo MIG/MAG;  
adaptado de<sup>(1)</sup>

<p><b>Tipo de operação:</b> semi-automática ou automática</p>	<p><b>Equipamentos:</b> Gerador, retificador Pistola Cilindro de gases Unidade de alimentação do eletrodo nu</p>
<p><b>Características:</b> Taxa de deposição: 1 a 15 kg/h Espessuras soldadas: 3 mm mínima na soldagem semi-automática e 1,5 mm na soldagem automática Posições de soldagem: todas Diluição: 10 a 30% Tipo de juntas: todas Faixa de corrente: 60 a 500 A</p>	<p><b>Custo do equipamento:</b> 5 a 10 vezes o custo do equipamento de eletrodo revestido</p>
	<p><b>Consumíveis:</b> Eletrodo nu 0,5 a 1,6 mm Bocal Gases: argônio, hélio, CO<sub>2</sub> e misturas (argônio + CO<sub>2</sub>; argônio + oxigênio)</p>
<p><b>Vantagens:</b> Taxa de deposição elevada Poucas operações de acabamento Solda com baixo teor de hidrogênio Facilidade de execução da soldagem</p>	<p><b>Limitações:</b> Velocidade de resfriamento elevada com possibilidade de trincas Dificuldade na soldagem em locais de difícil acesso</p>
<p><b>Segurança:</b> Proteção ocular Proteção da pele para evitar queimaduras pela radiação ultra-violeta e projeções metálicas</p>	

# Solda MIG/MAG - equipamentos

## Fonte de energia:

Utiliza-se corrente contínua, normalmente com polaridade reversa (eletrodo positivo / peça negativo). A polaridade direta raramente é utilizada em razão da transferência deficiente do metal fundido para a junta soldada.

A fonte de energia pode ser um retificador ou um gerador.

# Solda MIG/MAG - equipamentos

## Alimentador de eletrodo:

Ligado à fonte de energia, possui controle para velocidade de alimentação. Eletrodo fornecido em forma de arames.



# Solda MIG/MAG - equipamentos

Pistola refrigerada a ar:

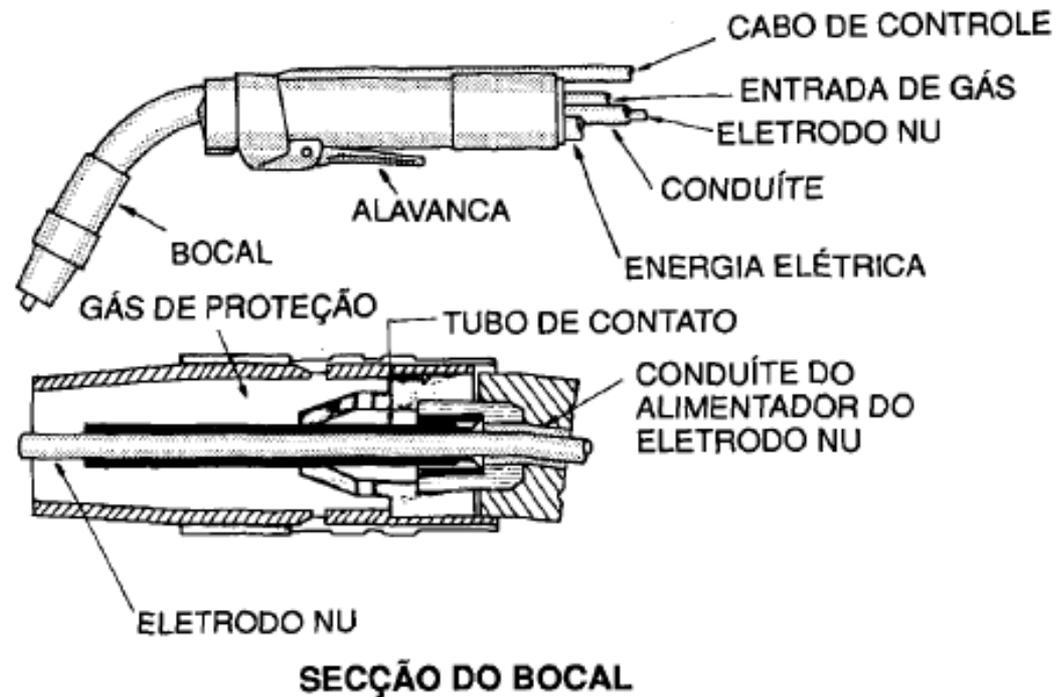


Figura 2.55 — Pistola manual refrigerada a ar<sup>(2)</sup>

# Solda MIG/MAG - equipamentos

Pistola refrigerada a água:

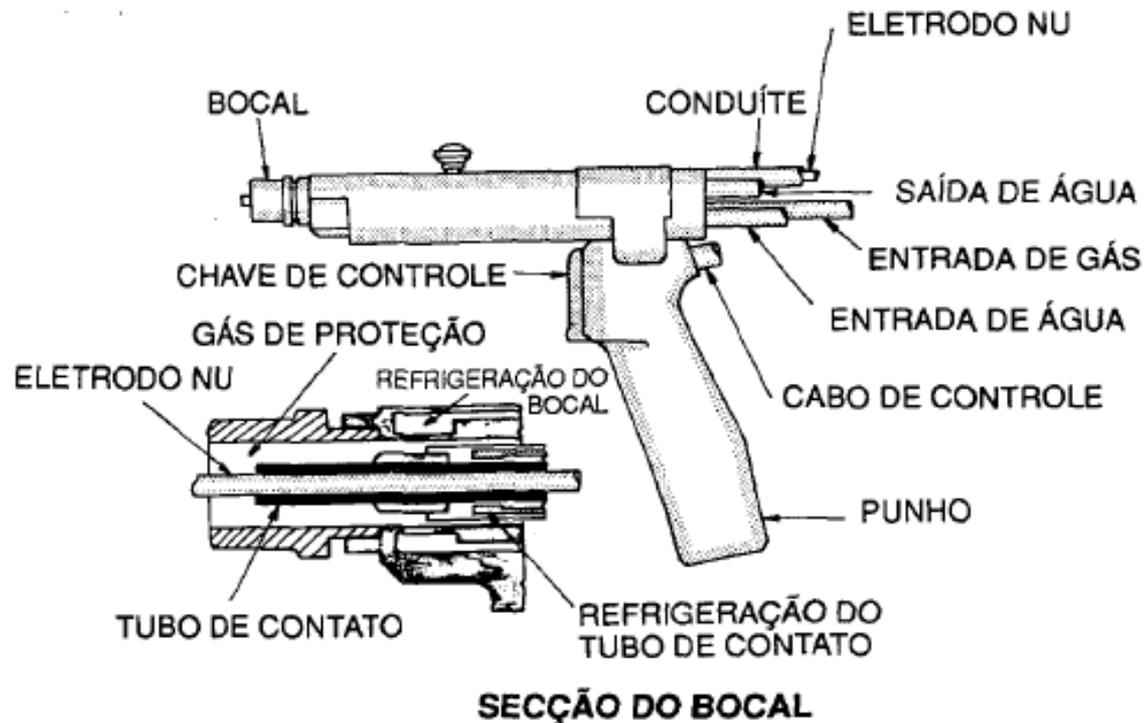


Figura 2.56 — Pistola manual refrigerada a água<sup>(2)</sup>

# Solda MIG/MAG - equipamentos

## Reservatório de gás:

Cilindro de aço com válvula de abertura, regulador de pressão, medidor e controlador de vazão do gás de proteção.



# Solda MIG/MAG – transferência metálica

## **Transferência metálica:**

O processo de soldagem MIG/MAG pode produzir 4 diferentes tipos de transferência metálica:

- globular
- por curto-circuito
- por pulverização
- por arco pulsado

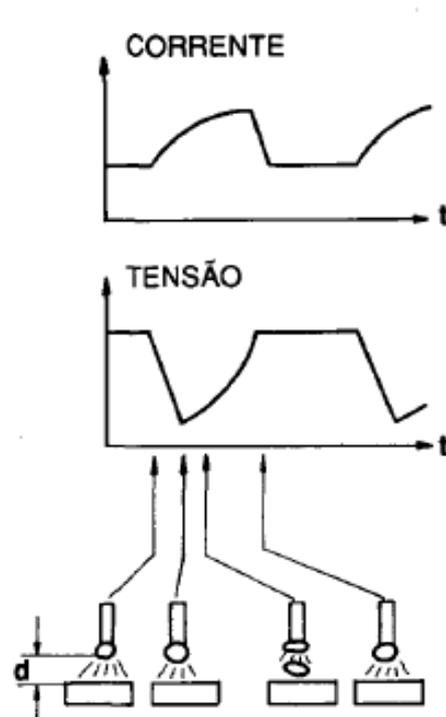
# Solda MIG/MAG – transferência metálica

## **Transferência globular:**

Ocorre para baixas densidades de corrente e qualquer gás de proteção. O diâmetro da gota é maior do que o diâmetro do arame, o que dificulta a soldagem fora de posição.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

## Transferência globular:



SOLDAGEM: PROCESSOS E METALURGIA

Figura 2.57 — Esquema do modo de transferência globular, mostrando como varia a tensão e a corrente de soldagem durante a transferência. Nesse tipo de transferência, a gota viaja através do arco, para somente depois tocar a poça de fusão.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

## **Transferência por curto circuito:**

Ocorre para eletrodos nus com menores diâmetros (0,8 a 1,2 mm), para valores mais baixos de corrente que a transferência globular e para qualquer tipo de gás de proteção.

É adequado para todas as posições de soldagem, pois, ao tocar na peça, a gota é puxada para a poça de fusão pela tensão superficial.

Provoca menor aquecimento na peça do que a transferência globular, sendo adequada para a soldagem de chapas finas. Susceptível a respingos.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

Transferência por curto circuito:

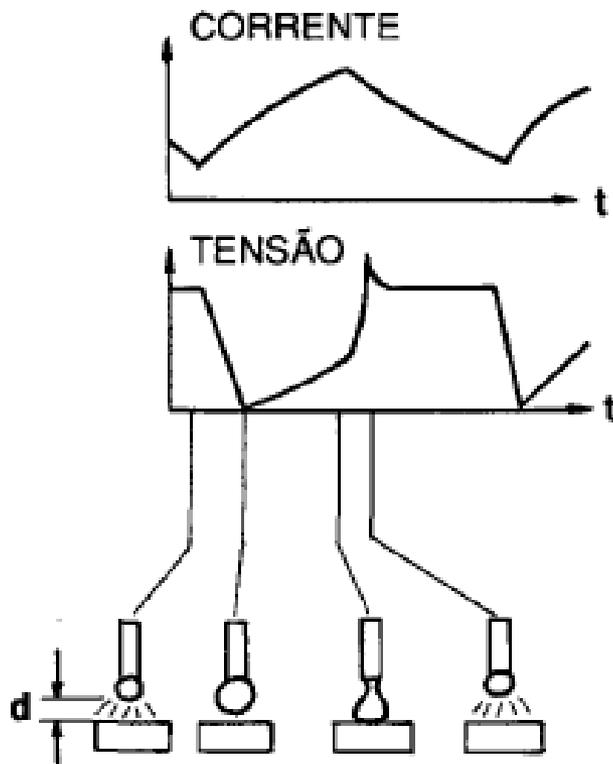


Figura 2.58 — Esquema da transferência metálica por curto-circuito, mostrando o comportamento da tensão da tensão e corrente de soldagem durante a transferência.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

## **Transferência por pulverização:**

Ocorre para elevadas densidades de corrente e quando se utiliza argônio (puro ou em altas concentrações) como gás protetor.

A gota que se forma tem diâmetro menor do que o diâmetro do eletrodo

A quantidade de calor transferida para a peça é alta, gerando alta penetração o que a torna adequada para soldagem de grandes espessuras.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

Transferência por pulverização:

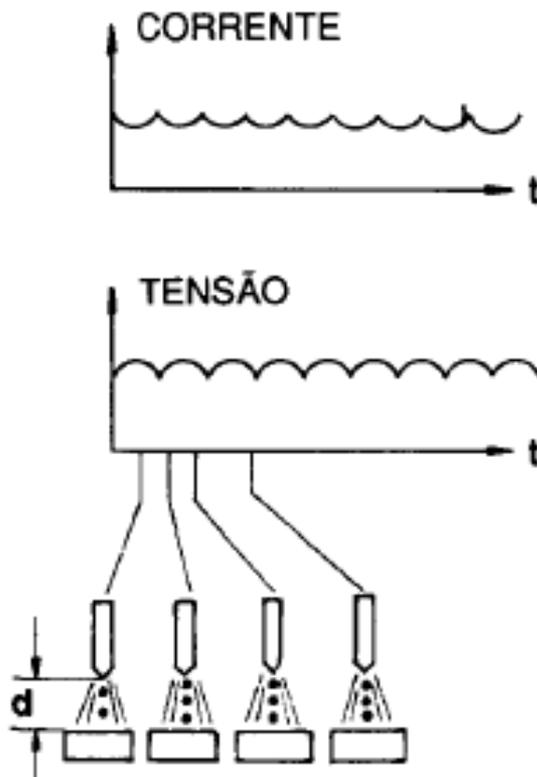


Figura 2.59 — Esquema de transferência metálica por pulverização axial, mostrando o comportamento da tensão e da corrente de soldagem durante a transferência. Nota-se que, a menos de pequenas variações, a tensão e a corrente são constantes.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

## **Transferência por pulverização:**

Para um dado diâmetro de eletrodo, o tipo de transferência metálica é alterado de globular para pulverização com o aumento da densidade de corrente.

➡ Corrente de transição globular/pulverização.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

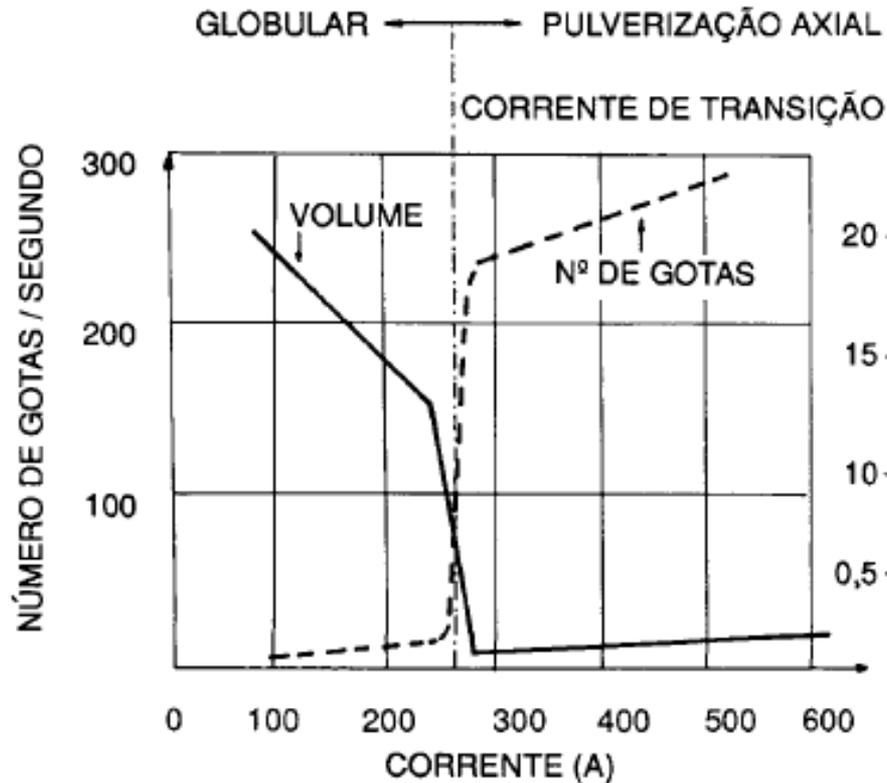


Figura 2.60 — Variação no volume e no número de gotas por segundo em função da corrente de soldagem, para as seguintes condições: eletrodo de aço-carbono, com diâmetro de 1,6 mm; CCPR; gás de proteção argônio com 1% de oxigênio; comprimento do arco, 6 mm<sup>(3)</sup>

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

Tabela 2.46 — Corrente de transição globular/pulverização para diversos eletrodos nus em diferentes bitolas<sup>(3)</sup>

Tipo de eletrodo nu	Diâmetro do eletrodo (mm)	Gás de proteção	Corrente mínima para transf. por pulverização (A)
Aço-carbono	0,76	Argônio + 2% oxig.	150
	0,89		165
	1,14		220
	1,59		275
Aço inoxidável	0,89	Argônio + 1% oxig.	170
	1,14		225
	1,59		285
Alumínio e ligas	0,76	Argônio	95
	1,14		135
	1,59		180
Cobre desoxidado	0,89		180
	1,14		210
	1,59		310
Bronze silício	0,89		165
	1,14		205
	1,59		270

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

## **Transferência por arco pulsado:**

No nível mais baixo de corrente (corrente de base) não há transferência metálica, apenas ocorre o início da fusão da ponta do eletrodo.

No nível mais alto (corrente de pico) a corrente é superior à corrente de transição globular/pulverização e ocorre a transferência de uma única gota por pulverização.

Assim, a transferência tem características de pulverização, mas com uma corrente média mais baixa. O aquecimento é menor do que o da pulverização, permitindo a soldagem com espessuras menores e em todas as posições.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

Transferência por arco pulsado:

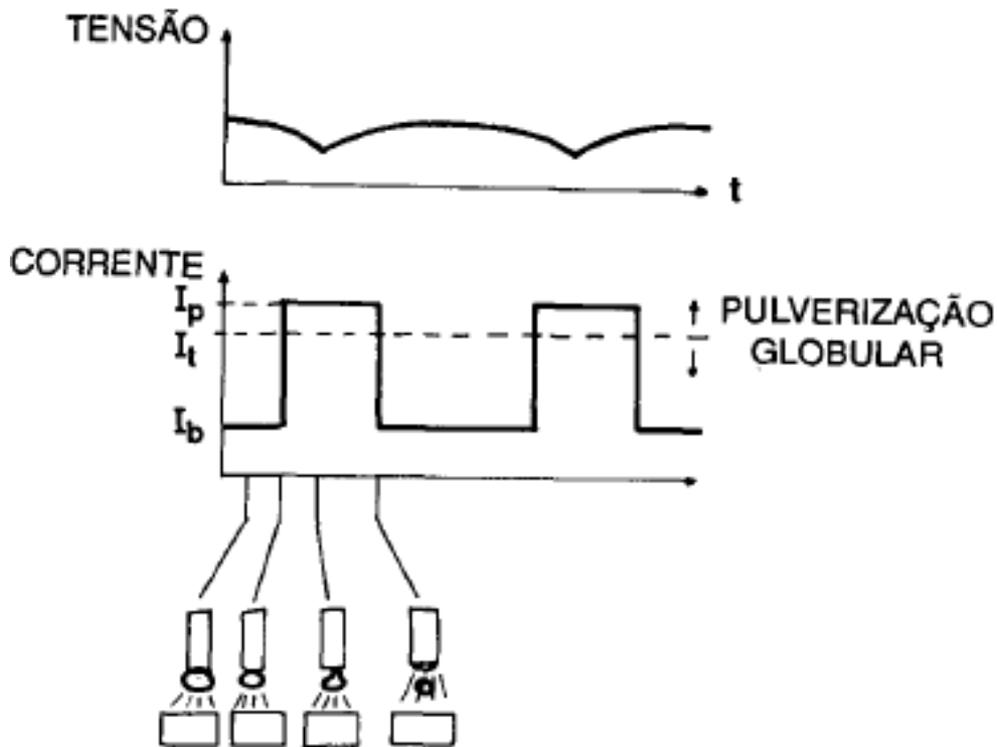


Figura 2.61 — Esquema do modo de transferência por arco pulsado. Observa-se a transferência de uma única gota por pulso de corrente

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

Tabela 2.47 — Características gerais dos modos de transferência metálica

Tipo de transferência metálica	Gás de proteção	Posição de soldagem	Energia de soldagem (1)	Penetração (1)	Estabilidade do arco
Globular	todos	plana	1,2	1,2	intermediário
Curto-circuito	todos	todas	1,0	1,0	ruim
Pulverização axial	argônio e misturas ricas em argônio	plana/horizontal (em ângulo)	1,8	1,8	boa
Arco pulsado		todas	1,2 - 1,6	1,2 - 1,6	boa

(1) Valores relativos tomando como base a transferência por curto-circuito.

# Solda MIG/MAG – transferência metálica

A transferência por pulverização é a mais indicada por apresentar arco mais estável e alta taxa de deposição.

A transferência globular é pouco utilizada em função da alta taxa de respingos. Normalmente reduz-se a distância do eletrodo gerando a transferência por curto circuito.

A transferência por arco pulsado tem vantagens em relação à por pulverização em razão de permitir soldagem em todas as posições.

# Solda MIG/MAG – corrente de soldagem

Corrente Contínua com Polaridade Reversa (CCPR):

Normalmente é o processo utilizado, sendo o mais recomendável.

Corrente Contínua com Polaridade Direta (CCPD)

Não é utilizada normalmente em função de ocorrer uma transferência metálica instável (desvio da gota), dificultando a soldagem.

# Solda MIG/MAG – gás de proteção

O tipo do gás de proteção utilizado tem influência no modo de transferência metálica e nos formatos do arco elétrico e do cordão de solda.

Podem ser utilizados gases inertes (argônio, hélio ou misturas) ou gases ativos (gás carbônico –  $\text{CO}_2$ , oxigênio, em misturas)

# Solda MIG/MAG – gás de proteção

Tabela 2.48 — Comparação entre argônio e hélio puros

Característica	Argônio	Hélio
Condutividade térmica	Baixa	Elevada
Tensão do arco	Menor	Maior
Calor gerado no arco	Menor	Maior
Aplicações	Chapas finas Metais de baixa condutividade térmica	Chapas grossas Metais de elevada condutividade térmica
Penetração central	Maior que nas laterais	Menor
Largura do cordão	Mais estreito	Mais largo
Transferência metálica	Todos os tipos	Globular ou curto-circuito
Estabilidade do arco	Boa	Instável
Velocidade de soldagem	Menor	Maior
Efeito de limpeza na soldagem de alumínio e suas ligas	Maior	Menor
Custo/volume de gás	Menor	Maior
Peso em relação ao ar	38% a mais	14% do ar

# Solda MIG/MAG – gás de proteção

Tabela 2.49 — Gases de proteção para os processos MIG e MAG; adaptado de<sup>(6)</sup>

Gás de proteção	Comportamento químico	Aplicações típicas
Argônio (A)	inerte	todas a ligas, exceto aços
Hélio (He)	inerte	alumínio, magnésio e cobre; para maiores espessuras e reduzir a porosidade
A+(20 - 80%) hélio	inerte	alumínio, magnésio e cobre; para maiores espessuras e reduzir a porosidade; tem melhor ação que 100% He
A+(1 - 2%) oxigênio	levemente oxidante	aços inoxidáveis e aços ligados
A+(3 - 5%) oxigênio	oxidante	aço-carbono e alguns aços de baixa liga
CO <sub>2</sub>	oxidante	aço-carbono e alguns aços de baixa liga
A+(20 - 50%) CO <sub>2</sub>	oxidante	aço-carbono (transferência por curto-circuito)
A+10%CO <sub>2</sub> +5%oxigênio	oxidante	aços-carbono (Europa)
CO <sub>2</sub> +20%oxigênio	oxidante	aços-carbono (Japão)
90%He+7,5%A+2,5%O <sub>2</sub>	levemente oxidante	aços inoxidáveis para boa resistência à corrosão (transferência por curto-circuito)
(60 - 70%)He+(25 - 35%)A+(4 - 5%)CO <sub>2</sub>	oxidante	aços de baixa liga para boa tenacidade (transferência por curto-circuito)

# Solda MIG/MAG – gás de proteção

Tabela 2.50 — Seleção de gases para soldagem com transferência por pulverização axial; adaptado de<sup>(6)</sup>

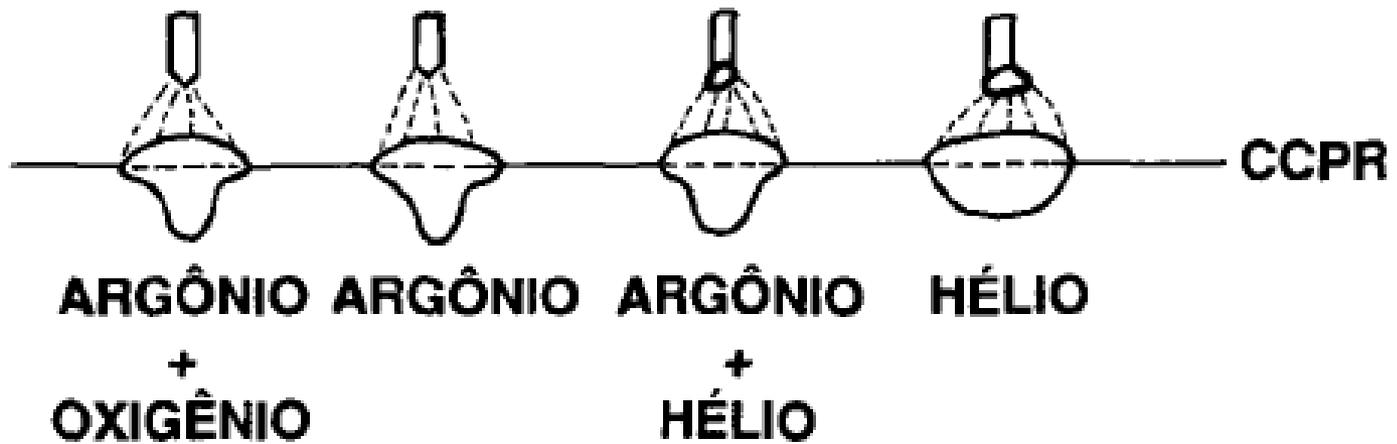
Metal	Gás de proteção	Vantagens
Alumínio	argônio	espessuras até 25 mm; estabilidade do arco, transferência metálica boa, menos respingo
	75% hélio 25% argônio	espessuras de 25 a 75 mm; energia de soldagem maior que o argônio
	90% hélio 10% argônio	acima de 75 mm; energia de soldagem maior que as outras duas misturas; diminui a ocorrência de porosidade
Magnésio	argônio	excelente ação de limpeza
Aço-carbono	argônio+(3-5%)oxigênio	boa estabilidade do arco; poça de fusão facilmente controlável; diminui a ocorrência de mordedura, melhora o contorno de penetração
Aço de baixa liga	argônio+2% oxigênio	diminui a ocorrência de mordedura; proporciona boa tenacidade da solda
Aço inoxidável	argônio+1% oxigênio	boa estabilidade do arco; poça de fusão facilmente controlável; bom contorno de penetração; diminui a ocorrência de mordedura para chapas grossas
	argônio+2% oxigênio	melhor estabilidade do arco; velocidade de soldagem maior que a mistura com 1% de oxigênio para chapas frias
Cobre, níquel e suas ligas	argônio	bom controle da poça de fusão para espessuras até 3,5 mm
	hélio+argônio	elevada energia de soldagem de misturas de 50 a 75% de hélio para grandes espessuras e ligas com condutibilidade térmica elevada
Metais reativos (Ti, Zr, Ta)	argônio	boa estabilidade do arco; contaminação de solda minimizada; cobre-junta com gás inerte, para prevenir a contaminação com ar do passe de raiz

# Solda MIG/MAG – gás de proteção

Tabela 2.51 — Seleção de gases para soldagem com transferência por curto-circuito; adaptado de<sup>(6)</sup>

Metal	Gás de proteção	Vantagens
aço-carbono	argônio+(20 - 25%)CO <sub>2</sub>	espessura até 3,5 mm; velocidade de soldagem elevada; diminui a distorção e respingo; boa penetração
	argônio+50%CO <sub>2</sub>	espessuras maiores que 3,5 mm; diminui os respingos; solda com aparência limpa; bom controle da poça de fusão na posição vertical e sobrecabeça
	CO <sub>2</sub>	grande penetração; velocidade de soldagem elevada; baixo custo
aço de baixa liga	(60 - 70%) hélio + (25 - 35%) argônio + (1 - 5%) CO <sub>2</sub>	tenacidade razoável; estabilidade do arco excelente; poucos respingos
aço inoxidável	90% hélio+7,5% argônio+2,5%CO <sub>2</sub>	zona afetada pelo calor pequena; não há mordedura; minimiza a distorção;boa estabilidade do arco
alumínio, cobre, magnésio e níquel e suas ligas	argônio	adequado para pequenas espessuras
	argônio+hélio	para chapas grossas

# Solda MIG/MAG – gás de proteção



# Solda MIG/MAG – gás de proteção

Soldagem com gás ativo (MAG)

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é utilizado na forma pura ou em misturas com oxigênio e argônio, sendo utilizado exclusivamente para soldagem de aços-carbono ou aços com baixa liga.

Vantagens: menor custo, maior velocidade de soldagem e maior penetração.

Desvantagens: gerar atmosfera oxidante, que pode provocar porosidade e comprometer propriedades mecânicas da solda. É necessário utilizar elementos desoxidantes ao eletrodo nu.

# Solda MIG/MAG – eletrodo

Diâmetro do eletrodo:

Quanto menor o diâmetro do eletrodo, maior será a penetração e a taxa de deposição.

Quanto mais espesso o metal a ser soldado, maior deve ser o diâmetro do eletrodo.

# Solda MIG/MAG – eletrodo

Composição química do eletrodo:

- composição química do metal base
- propriedades mecânicas do metal base
- gás de proteção utilizado
- tipo de junta a ser realizada

# Solda MIG/MAG – eletrodo

AWS	ESAB	C	Mn	Si	S	P	Mo	Outros
ER70S-2	65	0,07	0,90-1,40	0,40-0,70	≤0,035	≤0,025	---	0,05-0,15 Ti 0,02-0,12 Zr 0,05-0,15 Al
ER70S-3	29S ou 82	0,06-0,15	0,90-1,40	0,45-0,75	≤0,035	≤0,025	---	
ER70S-4	85	0,07-0,15	1,00-1,50	0,65-0,85	≤0,035	≤0,025	---	
ER70S-5	---	0,07-0,19	0,90-1,40	0,30-0,60	≤0,035	≤0,025	---	0,50-0,90 Al
ER70S-6	OK 12.51	0,07-0,15	1,40-1,80	0,80-1,15	≤0,035	≤0,025	---	
ER70S-7	87HP	0,07-0,15	1,50-2,00	0,50-0,80	≤0,035	≤0,025	---	
ER80S-D2	83 ou Hi84	0,07-0,12	1,60-2,10	0,50-0,80	≤0,035	≤0,025	0,40-0,60	
ER70S-G	não especificado – requisitos a serem acordados entre o cliente e o fornecedor							

Tabela VI - Requisitos de composição química para arames de aços doces e de baixa liga

# Solda MIG/MAG – eletrodo

AWS	C	Cr	Ni	Mo	Nb+Ta	Mn	Si	P	S
ER308	≤0,08	19,5-22,0	9,0-11,0			1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER308L	≤0,03	19,5-22,0	9,0-11,0			1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER309	≤0,12	23,0-25,0	12,0-14,0			1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER310	0,08-0,15	25,0-28,0	20,0-22,5			1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER312	≤0,15	28,0-32,0	8,0-10,5			1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER316	≤0,08	18,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0		1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER316L	≤0,03	18,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0		1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER317	≤0,08	18,5-20,5	13,0-15,0	3,0-4,0		1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER318	≤0,08	18,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0	8xC-1,0	1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03
ER320	≤0,07	19,0-21,0	32,0-35,0	2,0-3,0	8xC-1,0	≤2,5	0,60	≤0,04	≤0,03
ER347	≤0,08	19,0-11,0	9,0-11,0		8xC-1,0	1,0-2,5	0,25-0,60	≤0,03	≤0,03

Tabela VIII - Requisitos de composição química dos arames de aço inoxidável

# Solda MIG/MAG – eletrodo

AWS	Mg	Fe-Si	Fe	Si	Cu	Mn	Cr	Zn	Ni	Ti
ER1100	---	≤1,0	---	---	0,05-20,0	≤0,05	---	≤0,10	---	---
ER1260	---	≤0,40	---	---	≤0,04	≤0,01	---	---	---	---
ER2319	≤0,02	---	≤0,30	≤0,20	5,8-6,8	0,20-0,40	---	≤0,10	---	0,10-0,20
ER4145	≤0,15	---	≤0,80	9,3-10,7	3,3-4,7	≤0,15	≤0,15	≤0,20	---	---
ER4043	≤0,05	---	≤0,80	4,5-6,0	≤0,30	≤0,05	---	≤0,10	---	≤0,20
ER4047	≤0,10	---	≤0,80	11,0-13,0	≤0,30	≤0,15	---	≤0,20	---	---
ER5039	3,3-4,3	----	≤0,40	≤0,10	≤0,03	0,30-0,50	0,10-0,20	2,4-3,2	---	≤0,10
ER5554	2,4-3,0	≤0,40	---	---	≤0,10	0,50-1,0	0,05-0,20	≤0,25	---	0,05-0,20
ER5654	3,1-3,9	≤0,45	---	---	≤0,05	≤0,01	0,15-0,35	≤0,20	---	0,05-0,15
ER5356	4,5-5,5	≤0,50	---	---	≤0,10	0,05-0,20	0,05-0,20	≤0,10	---	0,06-0,20
ER5556	4,7-5,5	≤0,40	---	---	≤0,10	0,50-1,0	0,05-0,20	≤0,25	---	0,05-0,20
ER5183	4,3-5,2	---	≤0,40	≤0,40	≤0,10	0,50-1,0	0,05-0,25	≤0,25	---	≤0,15
R-CN4A	≤0,03	---	≤1,0	≤1,5	4,0-5,0	≤0,35	---	≤0,35	---	≤0,25
R-CN42A	1,2-1,8	---	≤1,0	≤0,70	3,5-4,5	≤0,35	≤0,25	≤0,35	1,7-2,3	≤0,25
R-SC51A	0,40-0,60	---	≤0,80	4,5-5,5	1,0-1,5	≤0,5	≤0,25	≤0,35	---	≤0,25
R-SG70A	0,20-0,40	---	≤0,60	6,5-7,5	≤0,25	≤0,35	---	≤0,35	---	≤0,25

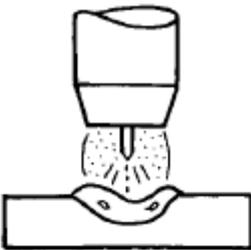
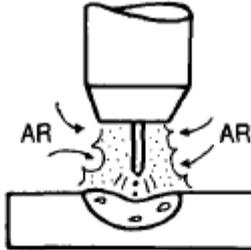
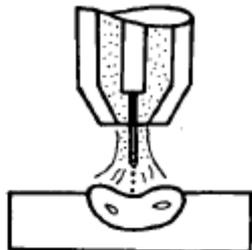
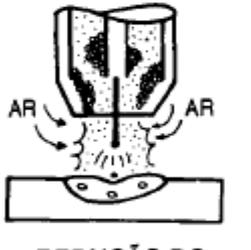
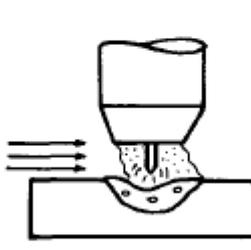
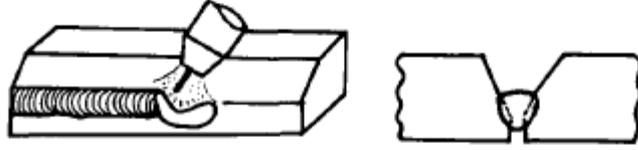
Tabela IX - Requisitos de composição química de arames de alumínio

# Solda MIG/MAG – eletrodo

AWS	ESAB	NOME COMUM	Zn	Sn	Mn	Fe	Si	Ni+Co	P	Al	Pb	Ti	Total Outros
ERCU	DEOX-CU	COBRE	---	≤1,0	≤0,5	---	≤0,5	---	≤0,15	≤0,01	≤0,02	---	≤0,50
ERCUSi	SI-BRONZE	COBRE-SILÍCIO (BRONZE AO SILÍCIO)	---	≤1,5	≤1,50	≤0,5	2,8-4,0	---	---	≤0,01	≤0,02	---	≤0,50
ERCUSN-A	PHOS-BRONZE C	COBRE-ESTANHO (BRONZE FOSFOROSO)	---	4,0-6,0	---	---	---	---	0,10-0,35	≤0,01	≤0,02	---	≤0,50
ERCUSN-C	PHOS-BRONZE C		---	7,0-9,0	---	---	---	---	0,05-0,35	≤0,01	≤0,02	---	≤0,50
ERCUNi	---	COBRE - NÍQUEL	---	---	≤1,0	0,40-0,75	≤0,50	≥29,0	---	---	≤0,02	0,15-1,00	≤0,50
ERCUAI-A2	AL BRONZE AZ	COBRE-ALUMÍNIO	≤0,02	---	---	≤1,5	≤0,10	---	---	9,0-11,0	≤0,02	---	≤0,50
ERCUAI-B	---		≤0,20	---	---	3,0-4,25	≤0,10	---	---	11-12	≤0,02	---	≤0,50

Tabela XI - Requisitos de composição química dos arames de cobre (AWS A5.6-69)

# Solda MIG/MAG – defeitos

<b>POROSIDADE</b>	 <p>FALTA DE GÁS DE PROTEÇÃO</p>	 <p>EXCESSO DE GÁS DE PROTEÇÃO</p>	 <p>BOCAL PEQUENO</p>
	 <p>REDUÇÃO DO DIÂMETRO DO BOCAL DEVIDO A RESPINGOS</p>	 <p>CORRENTE DE AR</p>	 <p>CONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE POR UMIDADE, GRAXA, ÓLEO PINTURA, ZINCO</p>
	 <p>FALTA DE PENETRAÇÃO</p> <p>CORRENTE BAIXA OU VELOCIDADE DE SOLDAGEM ALTA</p>		

# Solda MIG/MAG – defeitos

