

EXERCÍCIOS DE SOLDADURA

135 MIG/MAG

ÍNDICE

NOTA INTRODUTÓRIA VII

GLOSSÁRIO IX

EXERCÍCIOS 11

Exercício 113

Exercício 217

Exercício 321

Exercício 425

Exercício 529

Exercício 633

Exercício 737

Exercício 841

Exercício 945

Exercício 1049

Exercício 1153

Exercício 1257

Exercício 1361

Exercício 1465

Exercício 1569

Exercício 1673

Exercício 1777

Exercício 1881

Exercício 1985

Exercício 2089

Exercício 2193

Exercício 2297

Exercício 23101

Exercício 24105

Exercício 25109

NOTA INTRODUTÓRIA

O objetivo desta coleção de cadernos de exercícios de soldadura, abrangendo os processos mais utilizados, como Soldadura MIG-MAG 135-136, SER e TIG, é fornecer apoio prático em contexto de oficina. Estes cadernos contêm informações técnicas essenciais, conforme as normas reguladoras da arte.

Este guia prático de exercícios de soldadura baseado nas diretrizes da EWF¹/IIW², aborda todas as variantes de cada processo, incluindo nomenclatura, simbologia, tipos de materiais base e sua soldabilidade, preparação dos diferentes tipos de junta, posições de soldadura, fontes de energia e consumíveis, conforme as Especificações do Procedimento de Soldadura (EPS). Cada processo de soldadura, devido à sua exigência técnica e complexidade, é sustentado por informações técnicas especializadas, contidas em documentos normalizados conhecidos como EPS. Embora esta prática seja comum no mercado de trabalho, não existe uma ferramenta compilada e disponível para formação profissional. Por isso, foi integrada no desenvolvimento destes exercícios.

Sendo o processo de soldadura completamente apoiado por normalização estandardizada, no desenvolvimento dos exercícios, será aplicada a nomenclatura normalizada e constante nas normas: AWS³ D1.1 vs. ISO⁴ 9606-1 que regem a generalidade da tecnologia. Destacam-se as normas: EN ISO 4063 que estabelece a nomenclatura e respetivos números de referência (Exemplo: 135 - Soldadura MAG) e EN ISO 6947 que define e estabelece as posições de procedimento (Por exemplo: PF - posição vertical ascendente), no entanto, outras normas terão de ser consultadas para um conhecimento mais aprofundado da generalidade do processo, dos materiais de base, dos materiais de adição, gases de proteção, entre outros. Exemplos de outras normas podem ser encontradas na ASME⁵ Seção IX. A Seção IX da ASME é um segmento do Código ASME para Caldeiras e Vasos de Pressão que compreende regulamentos que regem a qualificação de procedimentos de soldadura e soldadores, com maior incidência no mercado Americano mas com abrangência mundial.

O presente caderno de exercícios tratará da soldadura por arco elétrico com gás de proteção, sigla em inglês GMAW (Gas Metal Arc Welding), comumente conhecida como soldadura MIG/MAG.

A soldadura por arco elétrico com gás de proteção (MIG/MAG) é um processo de soldadura versátil, realizada de forma semiautomática ou totalmente automatizada, onde um arco elétrico é estabelecido entre a peça a ser soldada e um eletrodo consumível na forma de arame. O arco funde continuamente o arame criando a poça de fusão que é protegida da atmosfera pelo fluxo de um gás (ou mistura de gases) inerte ou ativo. O calor gerado pelo arco elétrico funde tanto o material de base quanto o material do eletrodo, formando assim um banho de fusão que, ao solidificar, resulta na união das peças. A alimentação automática e continua do arame e as melhorias contínuas tornaram o processo MIG/MAG aplicável à soldadura dos metais mais comuns como os aços, o alumínio, aços inoxidáveis, cobre entre outros. Considerando a sua produtividade e ampla aplicabilidade, este método é cada vez mais valorizado pelo setor empresarial.

¹ EWF - *European Federation for Welding, Joining and Cutting* - Federação Europeia de Soldadura, União e Corte.

² IIW-IAB - *Education, Training and Qualification System for Welding (and related technologies) Personnel* - Sistema de Educação, Formação e Qualificação de Pessoal de Soldadura (e tecnologias relacionadas).

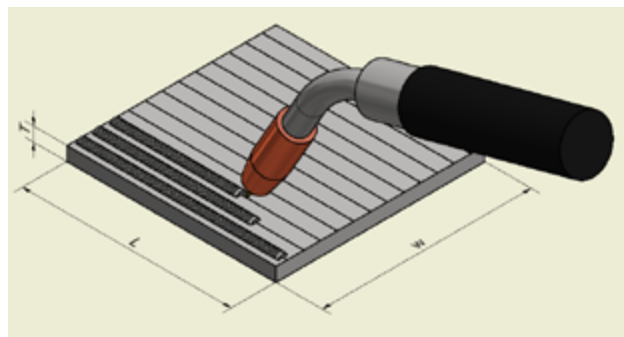
³ AWS - *American Welding Society* - Sociedade Americana de Soldadura.

⁴ ISO - *International Organization for Standardization* - Organização Internacional para a Normalização.

⁵ ASME - *American Society of Mechanical Engineers* - Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos.

OBJETIVOS:

Fazer cordões de soldadura (Linhas de fusão), paralelos, uniformes e com a morfologia adequada, no plano horizontal, sentido Norte – Sul, cumprindo as especificações registadas em baixo.



MAG ch

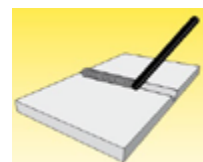
POSIÇÃO: ISO EN

PA

ASME; AWS

1G

PROCESSO: ISO EN – 135



PT – MAG

EU – MIG/MAG

USA AWS – GMAW

MATERIAL: Aço estrutural – S235JR

DIMENSÕES CHAPA 1: (L x W x T)

L = 150 mm

W = 150 mm

T = 15 mm

DIMENSÕES CHAPA 2: (L₁ x W₁ x T₁)L₁ = N.A.W₂ = N.A.T₁ = N.A.

MATERIAL ADIÇÃO:

Fio Sólido

REFERÊNCIA:	DIÂMETRO Ø:	REVESTIMENTO:	CORRENTE:	POLARIDADE:	INTENSIDADE:
G3Si1/ER70S-6	1,0 mm	N.A.	DCEP	Inversa – Eletr. (+)	80 – 300 A

APLICAÇÕES: Arame sólido, de baixo teor de carbono, destinado à soldadura de aços não ligados. Indicado para soldadura na construção em geral, fabricação naval e na indústria automóvel.

TENSÃO:	TX DEPOSIÇÃO:	JUNTA TIPO:	COBRE JUNTAS:	PASSES CORRIDOS OU BALANCEADOS:
14 – 32 V	1,0 – 5,5 kg/h	N.A.	NÃO	Corridos

OSCILAÇÕES:	N.A.	VELOCIDADE AVANÇO:	360 – 480 mm/min	STICK-OUT:	10 mm
-------------	------	--------------------	------------------	------------	-------

VELOCIDADE SAÍDA DO MATERIAL DE ADIÇÃO:	2,7 – 15,0 m/min	ENTREGA TÉRMICA:	0,19 – 0,96 kJ/mm
---	------------------	------------------	-------------------

PRÉ AQUECIMENTO:	Não	TEMP. °C PRÉ AQUECIMENTO:	N.A.	TEMP. °C ENTREPASSES:	≤ 250 °C
------------------	-----	---------------------------	------	-----------------------	----------

MÉTODO DE AQUECIMENTO:	N.A.	DIÂMETRO DO BOCAL:	N.A.
------------------------	------	--------------------	------

GÁS PROTEÇÃO TOCHA:	Ar+CO ₂	% COMPRESSÃO	100 %	DÉBITO:	14 – 20 l/min
---------------------	--------------------	--------------	-------	---------	---------------

GÁS PROTEÇÃO PURGA:	N.A.	% COMPRESSÃO	N.A.	DÉBITO:	N.A.
---------------------	------	--------------	------	---------	------

TÉCNICA OPERATÓRIA:

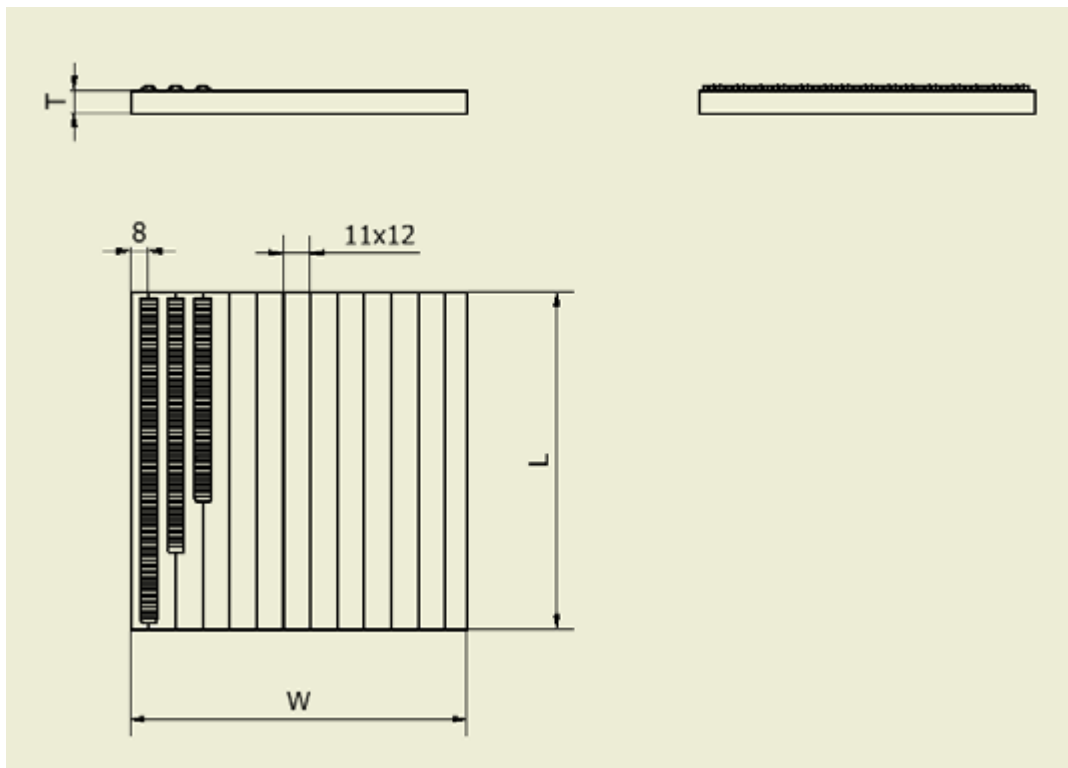
PASSO RAIZ:	CORRIDO/BALANCEADO	PASSOS ENCHIMENTO E VISTA:	CORRIDO/BALANCEADO
-------------	--------------------	----------------------------	--------------------

LIMPEZA INICIAL:	LIMPEZA RAIZ:	LIMPEZA ENTREPASSES:
Disco Abrasivo	Disco Abrasivo	Escova Arame/Disco Abrasivo

PROCEDIMENTOS:

1. Cortar uma chapa com as dimensões L x W x T;
2. Tirar rebarbas excedentes;
3. Retirar gorduras e oxidações;
4. Fazer traços paralelos distanciados (ver desenho);
5. Ligar máquina de soldadura;
6. Selecionar processo e tipo de consumível;
7. Ajustar os parâmetros da máquina (tensão, intensidade de corrente, polaridade, velocidade de saída do material de adição);
8. Ligar o gás inerente (Mistura ativa Ar+CO₂) e regular o respetivo débito;
9. Fazer cordões paralelos e sucessivos, mantendo a largura do cordão;
10. Limpar cordão com escova de arame;
11. Na folha destinada aos apontamentos, registre as dicas implementadas bem como a evolução dos parâmetros da máquina;
12. Preencha a EPS referente ao exercício executado, com os dados adotados e registados nos apontamentos da página anterior.

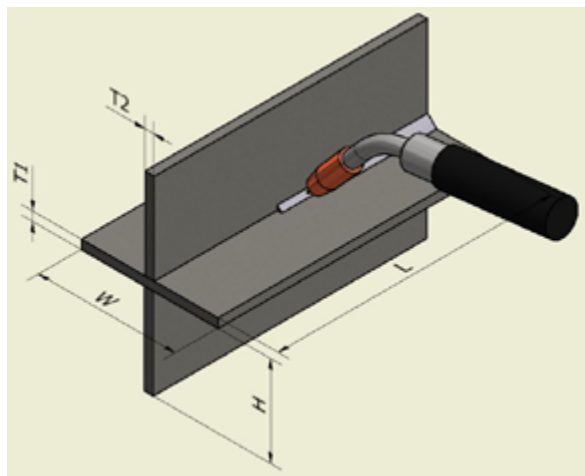
DESENHO TÉCNICO



EPS - Especificação de Procedimento de Soldadura								
WPS - Welding Procedure Specification								
Processo/Process:				Tipo/Type: Manual		PQR: N.A.		
Junta/Joint: Tipo de Junta/Joint Designation: Cobre-Junta/Backing: Sim/Yes ☐ Não/No ☐ Material/Material: Materiais de Base/Base Material: Grupo nº.: Designação: Especificação: Group nº.: Designation: Specification: A/To:				Esquema/Sketch:				
Espessuras/Thickness: Diâmetro/Pipe Diameter:								
Metal de Adição/Filler Material:								
Classificação/Classification: Marca/Trade Name: Diâmetro/Size (mm): Espessura do Enchimento/Filling Thickness (mm): Classificação do Fluxo /Flux Classification: Marca do Fluxo/Flux trade name: Outro/Other:								
Posição de Soldadura/Welding Position:				Pré-Aquecimento/Preheat:				
Posição da Junta/Joint Position:				Temperatura/Temperature: °C				
Progressão/Welding Direction:				Temp. de Interpassos/Interpass Temp.: °C				
Outros/Others:				Método/Heating Method:				
Tratamento Térmico/Heat Treatment:				Gás de Proteção/Protection Gas:				
Taxa de Subida/Increase rate: °C/h				Tipo/Type: % Comp. : Débito/Flow rate (l/min):				
Patamar/Temperature Holding Level: °C				Tocha/Shielding:				
Tempo de Permanência/Holding Time: h				Purga/Purge gas:				
Taxa de Descida/Decrease rate: °C/h				Outro/Other:				
Características Elétricas/Electrical Characteristics:								
Tipo de corrente, Polaridade e Gama de Amperagem/Tensão:/Type of Current, Polarity, and Current/Voltage Intensity Range:								
Tipo e Ø de eletrodo de tungstênio/Tungsten electrode size & type:								
Outros/Others:								
Técnica Operatória/Operatory Technique:								
Passes Corridos ou Balanceados/Run or balanced passes:				Oscilação/Oscillation:				
Limpeza inicial/Initial Cleaning:				Lado A Passes Simples/Single Passes:				
Limpeza Interpassos/Interpass Cleaning:				Side A Multi-Passes/Multi-Passes:				
Método de limpeza da raiz/Root Cleaning Method:				Lado B Passes Simples/Single Passes:				
Outros/Others:				Side B Multi-Passes/Multi-Passes:				
Passe nº Layer N.	Processo Process	Metal de Adição Filler Material		Corrente Current		Volts [V]	Velocidade de Avanço Travel Speed (mm/min)	Entrega Térmica Heat Input (kJ/mm)
		Classificação Classification	Diâmetro Size	Polaridade Polarity	Ampères [A]			

OBJETIVOS:

Unir três chapas com cordões de soldadura, paralelos e sobrepostos, uniformes e com a morfologia adequada, no plano horizontal, sentido Oeste - Este ou Esquerda - Direita, ou Este - Oeste ou Direita - Esquerda, numa junta em ângulo ou "T" (6 passes corridos de um lado e do seu oposto + 6 passes balanceados do outro lado e seu oposto), cumprindo as especificações registadas em baixo.



MAG FW ch

POSIÇÃO: ISO EN

PB

ASME; AWS

2F

PROCESSO: ISO EN - 135



PT – MAG

EU – MIG/MAG

USA AWS – GMAW

MATERIAL: Aço estrutural – S235JR

DIMENSÕES CHAPA 1: (L x W x T)

L = 200 mm

W = 100 mm

T₁ = 12 mmDIMENSÕES CHAPA 2: (L₁ x W₁ x T₁)

L = 200 mm

H = 50 mm

T₂ = 12 mm

MATERIAL ADIÇÃO:

Fio Sólido

REFERÊNCIA:	DIÂMETRO Ø:	REVESTIMENTO:	CORRENTE:	POLARIDADE:	INTENSIDADE:
G3Si1/ER70S-6	1,0 mm	N.A.	DCEP	Inversa – Eletr. (+)	80 – 300 A

APLICAÇÕES: Arame sólido, de baixo teor de carbono, destinado à soldadura de aços não ligados. Indicado para soldadura na construção em geral, fabricação naval e na indústria automóvel.

TENSÃO:	TX DEPOSIÇÃO:	JUNTA TIPO:	COBRE JUNTAS:	PASSES CORRIDOS OU BALANCEADOS:
14 – 32 V	1,0 – 5,5 kg/h	N.A.	NÃO	Corridos

OSCILAÇÕES:	N.A.	VELOCIDADE AVANÇO:	360 – 480 mm/min	STICK-OUT:	10 mm
-------------	------	--------------------	------------------	------------	-------

VELOCIDADE SAÍDA DO MATERIAL DE ADIÇÃO:	2,7 – 15,0 m/min	ENTREGA TÉRMICA:	0,19 – 0,96 kJ/mm
---	------------------	------------------	-------------------

PRÉ AQUECIMENTO:	Não	TEMP. °C PRÉ AQUECIMENTO:	N.A.	TEMP. °C ENTREPASSOS:	≤ 250 °C
------------------	-----	---------------------------	------	-----------------------	----------

MÉTODO DE AQUECIMENTO:	N.A.	DIÂMETRO DO BOCAL:	N.A.
------------------------	------	--------------------	------

GÁS PROTEÇÃO TOCHA:	Ar+CO ₂	% COMPRESSÃO:	100 %	DÉBITO:	14 – 20 l/min
---------------------	--------------------	---------------	-------	---------	---------------

GÁS PROTEÇÃO PURGA:	N.A.	% COMPRESSÃO:	N.A.	DÉBITO:	N.A.
---------------------	------	---------------	------	---------	------

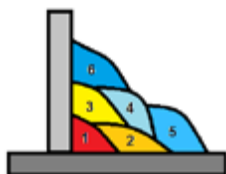
TÉCNICA OPERATÓRIA:

PASSO RAIZ:	CORRIDO/BALANCEADO	PASSOS ENCHIMENTO E VISTA:	CORRIDO/BALANCEADO
-------------	--------------------	----------------------------	--------------------

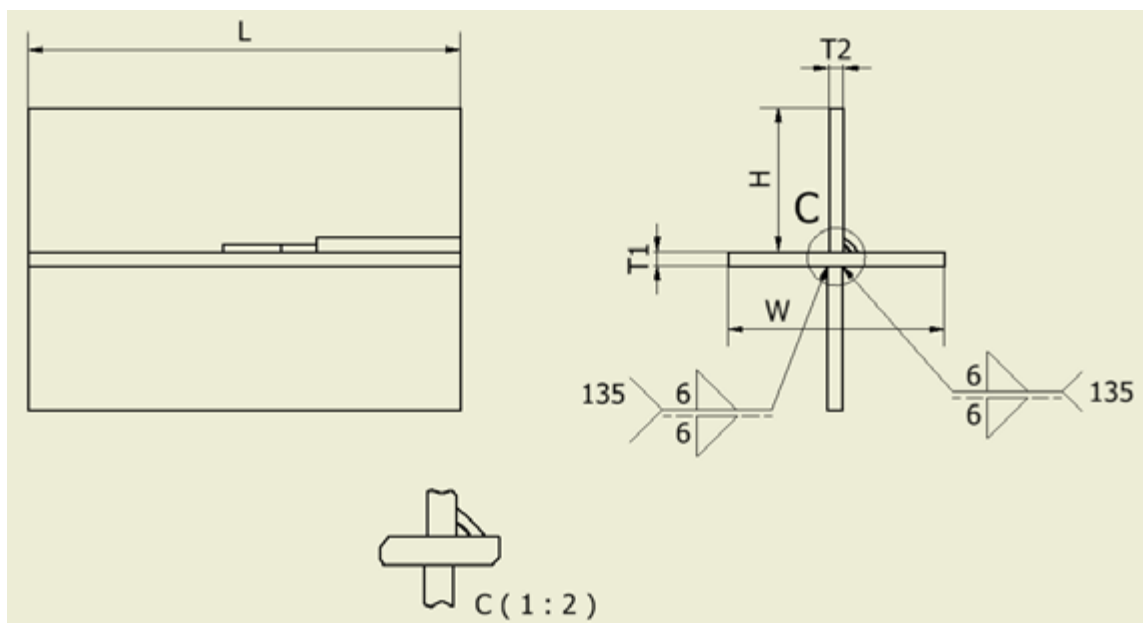
LIMPEZA INICIAL:	LIMPEZA RAIZ:	LIMPEZA ENTREPASSOS:
Disco Abrasivo	Disco Abrasivo	Escova Arame/Disco Abrasivo

PROCEDIMENTOS:

1. Cortar três chapas, uma com as dimensões $L \times W \times T1$ e duas com $L \times H \times T2$;
2. Tirar rebarbas excessivas;
3. Retirar gorduras e oxidações;
4. Posicionar a chapa mais pequena no centro da maior (ver desenho);
5. Ligar máquina de soldadura;
6. Selecionar processo e tipo de consumível;
7. Ajustar os parâmetros da máquina (tensão, intensidade de corrente, polaridade, velocidade de saída do material de adição);
8. Ligar o gás inerte (Mistura ativa $Ar+CO_2$) e regular o respetivo débito;
9. Fazer cordões sobrepostos e sucessivos, mantendo a largura do cordão (ver figura em baixo);
10. Limpar cordão com escova de arame;
11. Sobrepor novo cordão;
12. Na folha destinada aos apontamentos, registre as dicas implementadas bem como a evolução dos parâmetros da máquina;
13. Preencha a EPS referente ao exercício executado, com os dados adotados e registados nos apontamentos da página anterior.



DESENHO TÉCNICO



EPS - Especificação de Procedimento de Soldadura								
WPS - Welding Procedure Specification								
Processo/Process:				Tipo/Type: Manual		PQR: N.A.		
Junta/Joint: Tipo de Junta/Joint Designation: Cobre-Junta/Backing: Sim/Yes ☐ Não/No ☐ Material/Material: Materiais de Base/Base Material: Grupo n°.: Designação: Especificação: Group n°.: Designation: Specification: A/To:				Esquema/Sketch:				
Espessuras/Thickness: Diâmetro/Pipe Diameter:								
Metal de Adição/Filler Material:								
Classificação/Classification: Marca/Trade Name: Diâmetro/Size (mm): Espessura do Enchimento/Filling Thickness (mm): Classificação do Fluxo /Flux Classification: Marca do Fluxo/Flux trade name: Outro/Other:								
Posição de Soldadura/Welding Position:				Pré-Aquecimento/Preheat:				
Posição da Junta/Joint Position:				Temperatura/Temperature: °C				
Progressão/Welding Direction:				Temp. de Interpasses/Interpass Temp.: °C				
Outros/Others:				Método/Heating Method:				
Tratamento Térmico/Heat Treatment:				Gás de Proteção/Protection Gas:				
Taxa de Subida/Increase rate: °C/h				Tipo/Type: % Comp. : Débito/Flow rate (l/min):				
Patamar/Temperature Holding Level: °C				Tocha/Shielding:				
Tempo de Permanência/Holding Time: h				Purga/Purge gas:				
Taxa de Descida/Decrease rate: °C/h				Outro/Other:				
Características Elétricas/Electrical Characteristics:								
Tipo de corrente, Polaridade e Gama de Amperagem/Tensão:/Type of Current, Polarity, and Current/Voltage Intensity Range:								
Tipo e Ø de eletrodo de tungstênio/Tungsten electrode size & type:								
Outros/Others:								
Técnica Operatória/Operatory Technique:								
Passes Corridos ou Balanceados/Run or balanced passes:				Oscilação/Oscilation:				
Limpeza inicial/Initial Cleaning:				Lado A Passes Simples/Single Passes:				
Limpeza Interpasses/Interpass Cleaning:				Side A Multi-Passes/Multi-Passes:				
Método de limpeza da raiz/Root Cleaning Method:				Lado B Passes Simples/Single Passes:				
Outros/Others:				Side B Multi-Passes/Multi-Passes:				
Passe nº Layer N.	Processo Process	Metal de Adição Filler Material		Corrente Current		Volts [V]	Velocidade de Avanço Travel Speed (mm/min)	Entrega Térmica Heat Input (kJ/mm)
		Classificação Classification	Diâmetro Size	Polaridade Polarity	Amperes [A]			