



CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL
“JOSE IGNACIO PEIXOTO”

Solda Elétrica



Presidente da FIEMG

Robson Braga de Andrade

Gestor do SENAI

Petrônio Machado Zica

Diretor Regional do SENAI e

Superintendente de Conhecimento e Tecnologia

Alexandre Magno Leão dos Santos

Gerente de Educação e Tecnologia

Edmar Fernando de Alcântara

Elaboração

Paulo Cezar de Oliveira /Guilherme Barros Mendonça

Unidade Operacional

CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL “JOSE IGNACIO PEIXOTO”





Sumário

PRESIDENTE DA FIEMG	2
APRESENTAÇÃO	5
INTRODUÇÃO	6
NOÇÕES DE ELETRICIDADE APLICADA À SOLDAGEM.....	7
SEGURANÇA E EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)	15
1 - POSTO DE TRABALHO DE SOLDA	16
2 - PERIGOS ESPECÍFICOS DA OPERAÇÃO DE SOLDAGEM.....	16
3 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)	17
ACESSÓRIOS E FERRAMENTAS PARA SOLDAGEM.....	21
MÁQUINAS PARA SOLDAGEM	26
1 – TRANSFORMADOR	26
2- GERADOR.....	28
3 – RETIFICADOR.....	29
VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NA SOLDAGEM.....	31
1 – AJUSTE DA CORRENTE.....	31
2 – COMPRIMENTO DO ARCO	32
3 – VELOCIDADE DE AVANÇO	32
4 – ÂNGULO DO ELETRODO	32
FATORES INDISPENSÁVEIS A UMA BOA SOLDAGEM.....	33
1 – PREPARAÇÃO PARA A SOLDAGEM.....	33
2 – INÍCIO DO CORDÃO DE SOLDA	33
3 – REINÍCIO DO CORDÃO DE SOLDA (EMENDA DO CORDÃO)	34
4 – TÉRMINO DO CORDÃO DE SOLDA	35
POSIÇÕES DE SOLDAGEM.....	36
A) POSIÇÃO PLANA	36
B) POSIÇÃO HORIZONTAL (PLANO VERTICAL).....	37
C) POSIÇÃO VERTICAL	37
D) POSIÇÃO SOBRECABEÇA	38
MOVIMENTOS LATERAIS DO ELETRODO	39
A) NA POSIÇÃO PLANA	39

B) NA POSIÇÃO HORIZONTAL (PLANO VERTICAL)	40
C) NA POSIÇÃO VERTICAL DESCENDENTE.....	40
D) NA POSIÇÃO VERTICAL ASCENDENTE.....	41
E) NA POSIÇÃO SOBRECABEÇA.....	42
JUNTAS	43
1 – TIPOS DE JUNTAS	43
2 – PREPARAÇÃO DE UMA JUNTA PARA SOLDAGEM	45
ELETRODOS PARA SOLDAGEM MANUAL A ARCO.....	49
1 – TIPO DE ELETRODOS	49
2 – REVESTIMENTO DOS ELETRODOS	50
3 – CLASSIFICAÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS ELETRODOS	52
4 – ARMAZENAGEM E CUIDADOS COM OS ELETRODOS REVESTIDOS	56
NOÇÕES DE METALURGIA.....	59
TERMINOLOGIA BÁSICA DA SOLDAGEM ELÉTRICA	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

Apresentação

**“Muda a forma de trabalhar, agir, sentir, pensar na chamada sociedade do conhecimento. “
Peter Drucker**

O ingresso na sociedade da informação exige mudanças profundas em todos os perfis profissionais, especialmente naqueles diretamente envolvidos na produção, coleta, disseminação e uso da informação.

O **SENAI**, maior rede privada de educação profissional do país, sabe disso, e, consciente do seu papel formativo, educa o trabalhador sob a égide do conceito da competência:” ***formar o profissional com responsabilidade no processo produtivo, com iniciativa na resolução de problemas, com conhecimentos técnicos aprofundados, flexibilidade e criatividade, empreendedorismo e consciência da necessidade de educação continuada.***”

Vivemos numa sociedade da informação. O conhecimento, na sua área tecnológica, amplia-se e se multiplica a cada dia. Uma constante atualização se faz necessária. Para o **SENAI**, cuidar do seu acervo bibliográfico, da sua infraestrutura, da conexão de suas escolas à rede mundial de informações – internet – é tão importante quanto zelar pela produção de material didático.

Isto porque, nos embates diários, instrutores e alunos, nas diversas oficinas e laboratórios do **SENAI**, fazem com que as informações, contidas nos materiais didáticos, tomem sentido e se concretizem em múltiplos conhecimentos.

O **SENAI** deseja, por meio dos diversos materiais didáticos, aguçar a sua curiosidade, responder às suas demandas de informações e construir *links* entre os diversos conhecimentos, tão importantes para sua formação continuada!

Gerência de Educação e Tecnologia



Introdução

O progresso alcançado no campo da soldagem, bem como o desenvolvimento de processos e tecnologias avançadas nos últimos anos, é de tal ordem que todo aquele que não possuir uma mentalidade aberta, capaz de assimilar novas idéias, será ultrapassado e incapacitado para o atual ritmo do progresso industrial.

E em todos os setores relacionados com o trabalho industrial, o profissional deve estar consciente de suas atividades como um todo, bem como dos riscos decorrentes da utilização dos equipamentos manuseados.

É desejável, ainda, que possa adotar medidas capazes de minimizar acidentes, permitindo o desempenho do trabalhado de forma segura e eficaz.

Este fascículo se destina ao acompanhamento das aulas, quando haverá oportunidade de complementar o texto, apresentado sob forma de itens, ilustrações, tabelas e exemplos. Através dele são apresentados os perigos envolvidos na soldagem, descrevendo as principais medidas de segurança que devem ser adotadas, no sentido de prevenir acidentes e como tratá-los, caso ocorram.

Noções de eletricidade aplicada à soldagem

1 – Corrente elétrica

Dá-se o nome de corrente elétrica ao movimento ordenado de cargas elétricas de um corpo.

Há dois tipos de corrente elétrica : contínua e alternada.

a) Corrente contínua (=)

É aquela que circula sempre no mesmo sentido. A fonte fornecedora de corrente (gerador de solda ou bateria) mantém constante sua polaridade, ou seja, o borne será sempre negativo e o borne será sempre positivo;

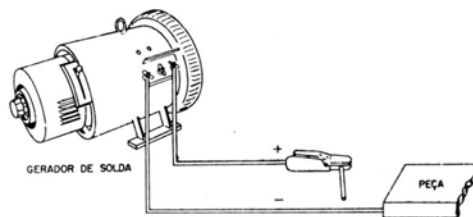


Fig. 1

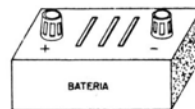


Fig. 2

Corrente alternada (~~)

É aquela que passa através de um corpo sofrendo inversão de sentido em intervalos regulares de tempo, caminhando primeiro num sentido e depois no outro.

Cada borne ora será negativo, ora será positivo.

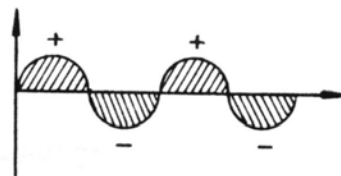


Fig. 3

As figuras 4 e 5 mostram o sentido da corrente em um transformador.

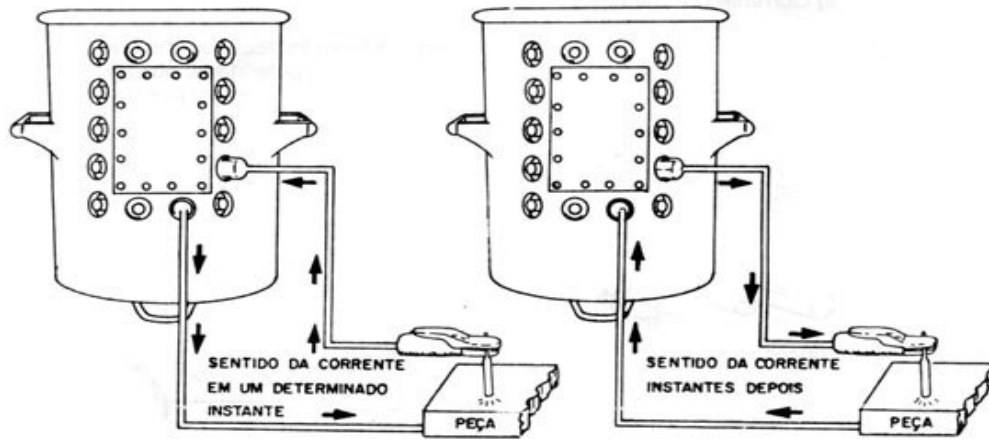


Fig. 4

Fig. 5

1.1 – Intensidade da corrente elétrica

A corrente elétrica, seja ela alternada ou contínua, pode ter sua intensidade medida. Para medir a intensidade da corrente, usa-se a unidade de medida chamada **ampére**, que é representado pela letra A.

Portanto é correto dizer que, num determinado instante, a intensidade da corrente circulante pelo eletrodo e de 200 A

1.2 – Tensão elétrica

Já foi visto que corrente elétrica é um movimento ordenado de cargas elétricas através de um corpo. Essas cargas, porém, não se movem sem que haja uma força atuando sobre elas, fazendo-as circularem. A essa força atuante, dá-se o nome de **tensão elétrica**.

Portanto, tensão elétrica é a força que movimenta as cargas elétricas através de um corpo e que tem, como unidade de medida, o **volt**, que é representado pela letra V.

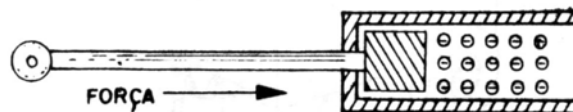


Fig. 6

1.3 Resistência elétrica

É a dificuldade que um corpo oferece à passagem da corrente elétrica. Sua unidade de medida é o **ohm**, que é representado pela letra grega Ω . Ao atravessar um corpo, a corrente elétrica encontra dificuldade e gera calor. Esse calor pode ser desejável, como é o caso do chuveiro elétrico, ou indesejável, como no caso de um mau contato numa conexão elétrica. Na soldagem elétrica, deve-se evitar o aquecimento indesejável em :

- a) mau contato entre o grampo-terra e a massa;



Fig. 7

- b) mau contato entre o cabo elétrico e o porta-eletrodo;

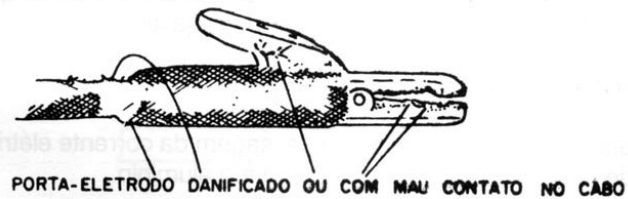


Fig. 8

- c) mau contato entre terminais do cabo elétrico e os bornes da máquina;

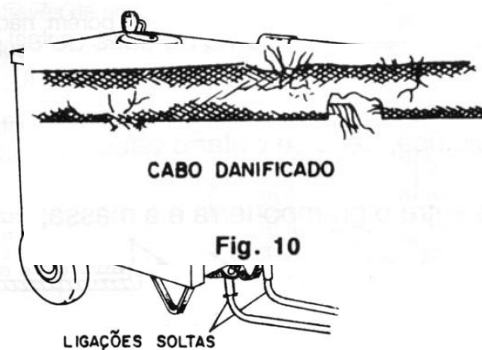


Fig. 10

Fig. 9

- d) corte parcial dos cabos elétricos

e) Grampo-terra danificado



Fig. 11

Observação: Ao fazer uma conexão elétrica, deve-se ter o cuidado de executá-la corretamente, para que não ocorra mau contato e conseqüente perda de energia elétrica, gerando aquecimento indesejável.

1.4 - Materiais condutores

São corpos que permitem a passagem da corrente elétrica com relativa facilidade. Os mais usados são o cobre e o alumínio.

1.5 - Materiais isolantes

São corpos que, dentro de uma determinada faixa de tensão, não permitem a passagem da corrente elétrica. Os mais usados são a borracha, a mica, a porcelana e a baquelita.

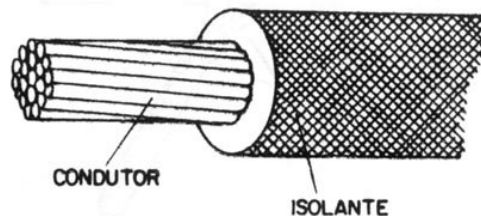


Fig. 12

1.6 - Arco elétrico

É a passagem da corrente elétrica de um pólo (peça) para outro (eletrodo), desde que seja mantido entre eles um afastamento conveniente. Esse afastamento, chamado de **comprimento do arco**, deve ter aproximadamente o diâmetro do núcleo do eletrodo.

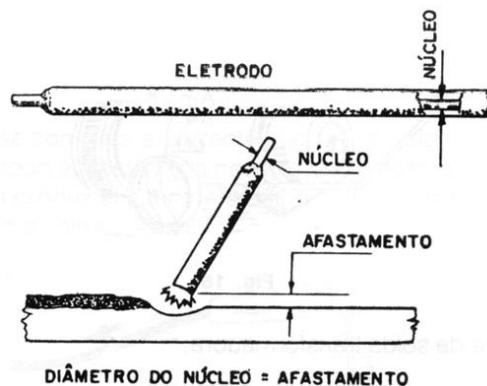


Fig. 13

O calor intenso produzido pelo arco elétrico funde a ponta do eletrodo e a parte da peça tocada por este, formando a solda.

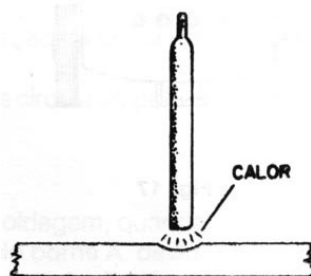


Fig. 14

Além de seu papel de fonte de calor, o arco elétrico ainda conduz as gotas de metal, depositando-as de encontro à peça, o que permite executar soldas na posição sobrecabeça.

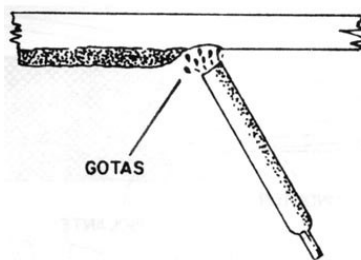


Fig. 15

1.7 - Obtenção da corrente elétrica

Nas soldagens, a corrente elétrica pode ser obtida por meio de :

- a) máquina de solda geradora ;

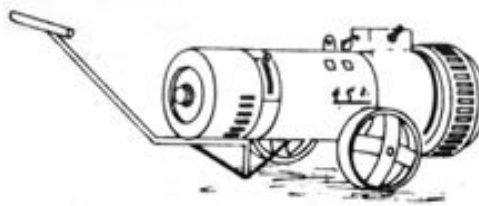


Fig. 16

b) máquina de solda transformadora;

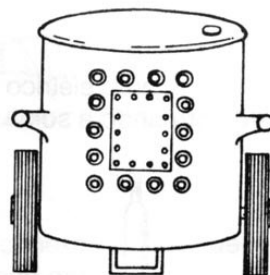


Fig. 17

c) máquina de solda retificadora.

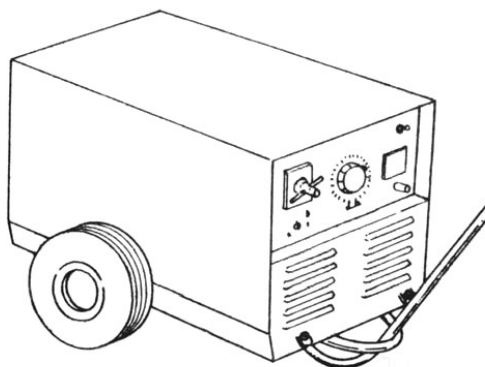


Fig.18

Atualmente, existem máquinas de solda que podem trabalhar como transformadora ou retificadora, bastando, simplesmente, mudar seus pólos de ligação.

1.8 - Efeito da tensão na soldagem

A tensão faz com que a corrente elétrica prossiga circulando mesmo depois que o eletrodo é afastado da peça, fazendo com que o arco elétrico se mantenha. O arco produz alta temperatura, fundindo o material do eletrodo e da peça, formando a solda.

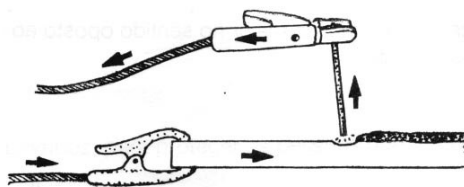


Fig.19

1.9 - Sentido de circulação da corrente elétrica

A corrente circula do pólo negativo (-) para o pólo positivo (+).

1.10 - Polaridades

No processo de soldagem, quando a máquina de solda está operando, a corrente elétrica sai pelo borne A, desloca-se pelo cabo até a peça que está sendo soldada e provoca a fusão do material da peça com o material do eletrodo através do arco elétrico. Em seguida, passa pelo eletrodo e retorna ao borne B através do cabo, entra novamente na máquina e, pelo circuito interno, torna a sair pelo borne A.

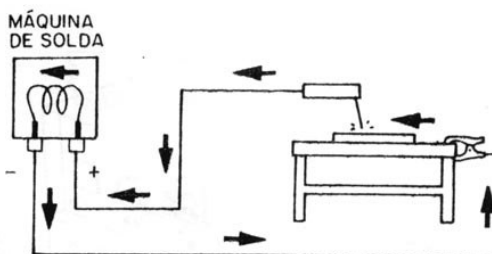


Fig. 20

1.11 - Sopros magnéticos

Nas soldagens, quando se trabalha com altas amperagens em corrente contínua, ocorre o efeito chamado **sopro magnético**, que provoca o desvio das gotas de metal fundido para um dos lados da peça que está sendo soldada.

O desvio é feito para o lado onde for maior a força do campo magnético, provocada pela falta de uniformidade da distribuição desse campo.

Este problema pode ser resolvido de várias formas. Exemplificando, pode-se neutralizar o sopro magnético:

* mudando o ângulo do eletrodo;

SOLDA ELÉTRICA

- * deslocando a fixação à terra;
- * colocando, como terra, um material de maior condutibilidade elétrica (cobre);
- * gerando um campo magnético maior no sentido oposto ao sopro;
- * usando o transformador.

SEGURANÇA E EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

Nas operações de soldagem, o soldador deve estar atento às normas de segurança, devendo:

- usar o Equipamento de proteção individual (EPI), para evitar danos físicos ou prejuízos à saúde;



Fig. 1

- usar biombos, para proteger as pessoas que o rodeiam;



Fig. 2

- evitar danos materiais, não soldando em locais onde haja materiais de fácil combustão, como óleo, gasolina, thinner, querosene, etc., e materiais explosivos, como pólvora, dinamite, etc.



Fig. 3

1 - Posto de trabalho de solda

É o local onde o soldador trabalha - cabines de solda ou outros locais onde seja necessário executar uma solda (solda de campo e solda de manutenção). Encontram-se, a seguir, algumas precauções a serem observadas nesses locais:

a) Cabine de solda

Deve ser pintada em cor escura e fosca, para evitar a reflexão de luz, e ter ventilação suficiente, para que os gases (fumos) liberados pelo eletrodo durante a soldagem não sejam aspirados pelo soldador. Apesar de, normalmente, esses gases não serem tóxicos, podem afetar as vias respiratórias. No entanto, dependendo do tipo do eletrodo, os gases provenientes de sua queima podem ser altamente tóxicos.

Em locais fechados é necessário colocar exaustores.

Nota: Não se deve soldar peças pintadas ou encharcadas de óleo ou graxa;

b) Solda de campo

Nessa situação, além das precauções normais, o soldador precisa estar atento aos danos provocados pela ação da corrente elétrica, evitando trabalhar em locais úmidos, debaixo de chuva, descalço ou usando calçados em más condições;

c) Solda de manutenção

Deve-se, neste caso, tomar cuidados especiais, evitando soldagens próximas a materiais inflamáveis ou explosivos.

2 - Perigos específicos da operação de soldagem

São considerados perigosos: os raios, a luminosidade, as altas temperaturas e os respingos lançados durante a soldagem.

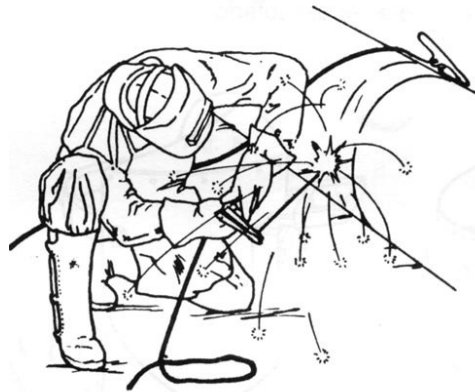


Fig. 4

Dos raios emitidos, os mais nocivos são o ultravioleta e o infravermelho, que são invisíveis.

O raio ultravioleta provoca queimaduras graves, com destruição das células (destruindo prematuramente a pele) e ataque severo ao globo ocular, podendo resultar em conjuntivite catarral, úlcera da córnea, etc

O raio infravermelho é responsável por danos como queimaduras de primeiro e segundo grau, catarata (doença dos olhos, que escurece a visão), freqüente dor de cabeça, vista cansada, etc.

Os respingos são pequenas gotas de metal fundido que saltam, no ato da soldagem, em todas as direções. Podem estar entre 100°C e 1700°C e seu diâmetro pode chegar a 6mm. São responsáveis por queimaduras no soldador e podem também provocar incêndios se caírem sobre material combustível.

Esses riscos deixam de existir quando o soldador se protege com o EPI e trabalha em local que oferece condições seguras.

3 - Equipamento de Proteção Individual (EPI)

Este equipamento, que protege o soldador dos perigos específicos à operação de soldagem, compõe-se de :

a) Máscaras

São fabricadas de material incombustível, isolante térmico e elétrico, leve e resistente (fibra de vidro, fibra prensada, etc.). Servem para proteger o soldador dos raios, dos respingos e da temperatura elevada emitida durante a soldagem.

Existem vários modelos de máscaras e sua escolha deve ser feita de acordo com o tipo de trabalho a ser executado.



Fig. 5
Modelo capacete
com visor fixo

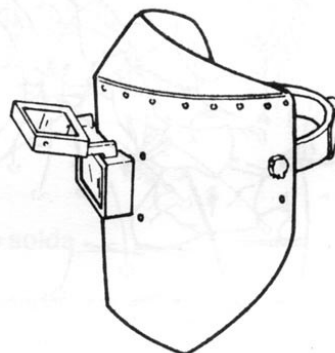


Fig. 6
Modelo com visor
basculante

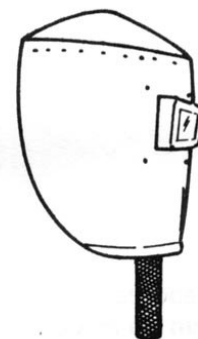


Fig. 7
Modelo escudo
manual

SOLDA ELÉTRICA

As máscaras possuem filtros de luz (vidros protetores), que devem absorver no mínimo 99,5% da radiação emitida nas soldagens.

A tonalidade desses filtros - que devem ser protegidos em ambos os lados por um vidro comum incolor - deve ser selecionada de acordo com a intensidade da corrente, para que haja absorção dos raios emitidos (infravermelhos e ultravioletas)

Soldagem	
Intensidade da corrente	Filtro a ser utilizado
Até 200 àmpères	Nº 10
Entre 200 e 400 àmpères	Nº 12
Acima de 400 àmpères	Nº 14

Se essa classificação for obedecida, a absorção dos raios infravermelhos e ultravioletas será de, no mínimo, 99,5%.

A montagem dos vidros nas máscaras deve ser feita conforme mostra a figura abaixo.

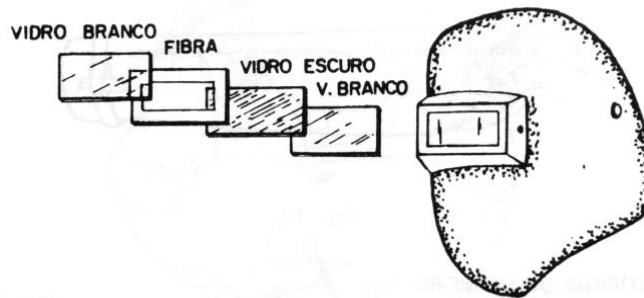


Fig. 8

b) Luvas

Protegem as mãos;

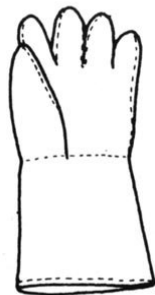


Fig. 9

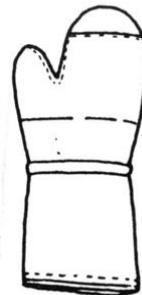


Fig. 10

c) Avental

Protege a frente do corpo;

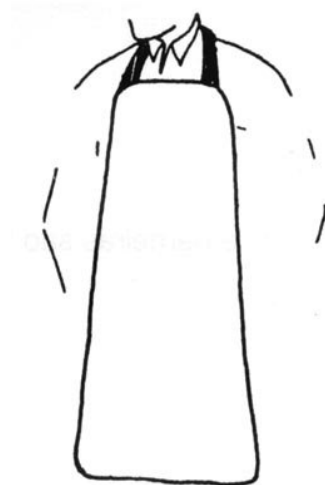


Fig. 11

d) Mangas ou mangotes

Protegem os braços;

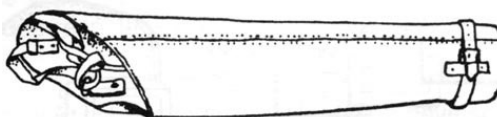


Fig. 12

f) Perneiras ou polainas

Protegem as pernas e os pés do soldador.

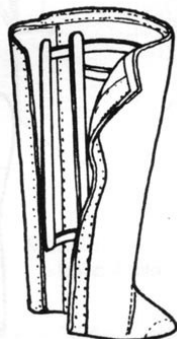


Fig. 13

SOLDA ELÉTRICA

Todos esses equipamentos de proteção destinam-se a proteger o soldador contra:

- * calor
- * respingos
- * radiação emitida pelo arco.

As luvas, avental, mangas e perneiras são feitas de raspa de couro. Para trabalhos especiais, onde a temperatura é muito alta, usa-se equipamento de alumínio/amianto.



Fig. 14

Acessórios e ferramentas para soldagem

Além da fonte de energia, chamada de **máquina de soldar**, outros acessórios e ferramentas são utilizados para executar as operações de soldagem. Uns servem para transportar a corrente da fonte até o local de soldagem, outros para preparação da solda e outros para limpeza durante a execução da solda.

São necessários, nas operações de soldagem, os seguintes acessórios:

- *cabo de solda
- *porta-eletrodo
- *grampo-terra (ligação à massa).

a) Cabo de solda

Este acessório é constituído de um núcleo formado de grande quantidade de fios de cobre e recoberto com material isolantes. Essa grande quantidade de fios permite-lhe maior flexibilidade nos movimentos executados nas operações de soldagem. Seu diâmetro depende da intensidade da corrente a ser utilizada e da distância entre a máquina e o posto de soldagem.

Serve para fazer a ligação do porta-eletrodo e do grampo-terra à fonte de energia.

Conhecendo-se a distância entre a máquina e o posto de trabalho e a intensidade da corrente a usar, recorre-se à tabela seguinte, para encontrar a bitola conveniente do cabo, evitando, com isso, perda de corrente, aquecimento ou superdimensionamento do cabo.

Correntes máximas admissíveis em ampères

Distâncias da máquina ao eletrodo			Bitola AWG
Até 15m	De 15 a 30m	De 30 a 75m	
200A	150A	100A	2
300A	250A	175A	1/0
375A	300A	200A	2/0
450A	400A	250A	3/0
550A	500A	300A	4/0

FIEMG

CIEMG

SESI

SENAI

IEL

Encontrada a bitola do cabo, obtém-se outras características através da seguinte tabela:

Bitola AWG	Seção mm ²	Formação*	Espessura de proteção (mm)	Diâmetro externo (mm)	Peso (Kg/m)
2	33,62	666/0,254	2,4	13,5	0,435
1/0	53,49	1.036/0,254	2,7	16,3	0,655
2/0	67,43	1.332/0,254	2,9	18,2	0,830
3/0	85,01	1.342/0,284	3,1	20,1	1,040
4/0	107,20	1.647/0,286	3,3	22,1	1,280

*Número de fios do cabo e o diâmetro de cada fio em milímetros. (Exemplo de leitura: 666 = número de fios do cabo; 0,254 = diâmetro de cada fio em milímetros)

b) Porta eletrodo

Conhecido também como **alicate porta eletrodo e pinça-porta eletrodo**, este acessório, que é feito de cobre, tem suas partes externas totalmente isoladas e seu tamanho e isolamento variam de acordo com a intensidade da corrente a ser utilizada.

Serve para prender o eletrodo através de suas garras de contato;

c) Grampo-terra

É um acessório de conexão do cabo-terra à peça, feito de cobre ou alumínio, sendo também chamado de **grampo-massa**.

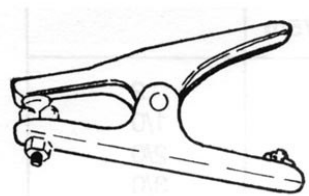


Fig. 4

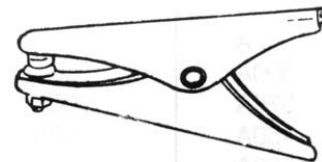


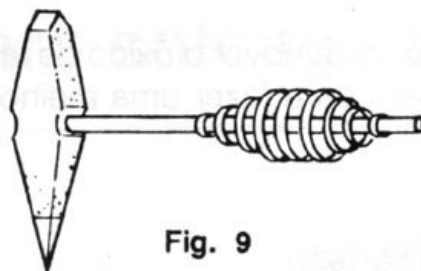
Fig. 5

As principais ferramentas utilizadas nas operações de soldagem são:

- *martelo picador
- *gabarito
- *escova de aço
- *tenaz

a) Martelo picador

Usado para remover a escória e os respingos de solda. Também conhecido como **picadeira** e **martelo bate-escória**



Observação: Em grandes empresas, para remover escória, usam-se dispositivos pneumáticos. Ao usar esses dispositivos, deve-se tomar o cuidado de eliminar toda a água que esteja contida no ar comprimido;

b) Gabarito

É uma ferramenta construída de chapa de aço, de forma geométrica variável de acordo com o tipo de trabalho a ser executado. São utilizados em substituição a instrumentos de precisão, para padronizar dimensões de cordões, filetes, verificação de esquadro, ângulos de chanfros, etc.

As figuras seguintes mostram os principais tipos de gabaritos utilizados nas operações de soldagem e suas aplicações;

c) Escova de aço

A escova de aço é usada para remover o óxido de ferro (ferrugem) das chapas a serem soldadas e também para fazer uma melhor limpeza nos cordões de solda;

██████████
██████████
██████████ d) Tenaz

██████████ Ferramenta semelhante a um alicate, porém, com cabos mais longos.
██████████ Serve para segurar peças quentes.
██████████
██████████

Máquinas para soldagem

São máquinas adaptadas para trabalhos de soldagem. Existem três tipos básicos de máquinas para soldar com eletrodo revestido:

- Transformador
- Gerador
- Retificador.

Os modelos variam de fabricante para fabricante, mas o princípio de funcionamento de cada tipo de máquina é o mesmo.

1 – Transformador

É uma máquina elétrica estática (não tem partes móveis), destinada a alimentar um arco elétrico com corrente alternada.

Fig. 1

Pode ser de pequeno, médio e grande porte, dependendo do trabalho a ser executado.

Pode ser do tipo monofásico ou trifásico e alimentado com tensões de 110, 220, 380 e 440v.