

TÉCNICO EM MECÂNICA



MÓDULO II SOLDAGEM



2025 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico	EDILVO DE SOUSA SANTOS
Diagramação	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Capa	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Elaboração	INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.

VERSÃO 2.0 (01.2025)

Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

ABERTURA

SOBRE A INSTITUIÇÃO

- Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente
- Missão
- Visão
- Valores

SOBRE O CURSO

- Perfil profissional de conclusão e suas habilidades
- Quesitos fundamentais para atuação
- Campo de atuação
- Sugestões para Especialização Técnica
- Sugestões para Cursos de Graduação

SOBRE O MATERIAL

- Divisão do Conteúdo
- Boxes

BASE TEÓRICA

INTRODUÇÃO

- Técnicas, Operações, Posições e Procedimentos de Segurança de soldagem
- Técnicas de Soldagem
- Operações de Soldagem
- Preparação de Juntas
- Posições de Soldagem (conforme norma ASME)
- Procedimentos de Segurança

PROCESSO MIG/MAG

- Parâmetros de Regulagem
- Tipos de Transferência Metálica
- Consumíveis Utilizados
- Equipamentos e Acessórios

PROCESSO ELETRODO REVESTIDO (SMAW)

- Parâmetros de Regulagem
- Tipos de Transferência
- Consumíveis Utilizados

PROCESSO TIG (GTAW)

- Parâmetros de Regulagem
- Tipos de Transferência
- Consumíveis Utilizados
- Equipamentos e Acessórios

PROCESSO OXIGÁS (OXIACETILENO)

- Parâmetros de Regulagem
- Tipos de Chamas
- Consumíveis Utilizados
- Equipamentos e Acessórios

CORTE A PLASMA

- Parâmetros de Regulagem
- Tipos de Tochas
- Consumíveis Utilizados

DEFEITOS DE SOLDAGEM, SUAS CAUSAS E SOLUÇÕES

- Principais Tipos de Defeitos
- Causas Comuns
- Soluções e Prevenções

SIMBOLOGIA DE SOLDAGEM (CONFORME NORMA ABNT)

- Normas Técnicas Aplicáveis
- Elementos da Simbologia
- Símbolos Mais Utilizados
- Aplicação em Desenhos Técnicos

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO

SÍNTESE DIRETA

MOMENTO QUIZ

GABARITO DO QUIZ

REFERÊNCIAS

Módulo II

SOLDAGEM

Abertura

SOBRE A INSTITUIÇÃO

Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que, aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes, tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometido com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA pertence ao Eixo Tecnológico de CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS.

Vejam algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM ELETROMECHANICA relacionados ao **perfil profissional de conclusão e suas habilidades**, **quesitos fundamentais para atuação**, **campo de atuação** e, também algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas** e/ou **Cursos de Graduação**.

Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Planejar, controlar e executar a instalação, a manutenção e a entrega técnica de máquinas e equipamentos eletromecânicos industriais, considerando as normas, os padrões e os requisitos técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente.
- Elaborar projetos de produtos relacionados a máquinas e equipamentos eletromecânicos especificando materiais para construção mecânica e elétrica por meio de técnicas de usinagem e soldagem.
- Realizar inspeção visual, dimensional e testes em sistemas, instrumentos, equipamentos eletromecânicos, pneumáticos e hidráulicos de máquinas.
- Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade.

Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento, produção e manutenção de equipamentos eletromecânicos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários.
- Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.

Campo de atuação

- Indústrias com linhas de produção automatizadas, aeroespaciais, automobilística, metalmeccânica e plástico.

- Empresas de manutenção e reparos eletromecânicos, que atuam na instalação, manutenção, comercialização e utilização de equipamentos e sistemas eletromecânicos.

Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Programação e Operação de Máquinas CNC.
- Especialização Técnica em Usinagem.
- Especialização Técnica em Desenho Assistido por Computador (CAD).
- Especialização Técnica em Manufatura Assistida por Computador (CAM).
- Especialização Técnica em Eficiência Energética em Edificações.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética Industrial.
- Especialização Técnica em Energia Solar Fotovoltaica.
- Especialização Técnica em Energia Eólica.
- Especialização Técnica em Implantação e Comissionamento de Parques Eólicos.
- Especialização Técnica em Instalação Elétrica Predial de Baixa Tensão.
- Especialização Técnica em Biocombustíveis.
- Especialização Técnica em Biogás e Biometano.
- Especialização Técnica em Aproveitamento Energético de Biogás.

Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica.
- Curso Superior de Tecnologia em Processos Metalúrgicos.
- Bacharelado em Engenharia Eletrônica.
- Bacharelado em Engenharia Elétrica.
- Bacharelado em Engenharia de Automação e Controle.
- Bacharelado em Engenharia Mecatrônica.

- Bacharelado em Engenharia Mecânica.
- Bacharelado em Engenharia de Produção.
- Bacharelado em Engenharia Metalúrgica.

SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, a fim de proporcionar subsídios suficientes a todos, no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.
- 3) SESSÕES ESPECIAIS.

Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- **VOCÊ SABIA?**



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

- **PAUSA PARA REFLETIR...**



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

- **SE LIGA NA CHARADA!**



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.

Base Teórica

INTRODUÇÃO

A soldagem é um dos processos mais utilizados na fabricação e manutenção de componentes metálicos em diversos setores da indústria. Ela permite a união permanente de materiais por meio da fusão localizada, sendo essencial para a construção de estruturas metálicas, tubulações, equipamentos e máquinas.

Técnicas, Operações, Posições e Procedimentos de Segurança de soldagem

Técnicas de Soldagem

A soldagem pode ser realizada por diferentes técnicas, de acordo com o tipo de material, a aplicação e os recursos disponíveis.

As principais técnicas são:

- **Soldagem por arco elétrico:** utiliza calor gerado por um arco elétrico entre o eletrodo e a peça.
- **Soldagem a gás (oxigás):** utiliza calor da chama gerada por combustão de gases como o acetileno.
- **Soldagem por resistência:** gera calor por resistência elétrica localizada.
- **Soldagem por feixe (laser ou elétrons):** usa feixes energéticos de alta densidade para fundir o material.
- **Outros métodos especiais:** como soldagem por fricção, explosão, ultrassom e indução.

Operações de Soldagem

O processo de soldagem envolve várias operações que exigem preparo e precisão:

- **Fixação das peças:** uso de gabaritos ou dispositivos para garantir o alinhamento correto.
- **Regulagem de parâmetros:** corrente, tensão, velocidade de avanço, entre outros.
- **Controle térmico:** monitoramento da temperatura e das deformações.
- **Inspeção visual e dimensional:** para verificação da integridade da junta soldada.

Preparação de Juntas

A correta preparação das superfícies a serem soldadas é essencial para garantir a qualidade da união. As juntas podem ser:

- **Tope (butt):** extremidades alinhadas.
- **Sobreposta (lap):** uma peça sobre a outra.
- **Em T (tee):** uma peça perpendicular à outra.
- **Canto (corner):** união das extremidades em ângulo.
- **De borda (edge):** junção das bordas paralelas.

O chanfro pode ser necessário para permitir a penetração da solda em juntas mais espessas.

Posições de Soldagem (conforme norma ASME)

As posições de soldagem definem a orientação da junta e do cordão de solda durante o processo. Conforme a norma ASME, elas são classificadas como:

- **1G / 1F:** posição plana
- **2G / 2F:** posição horizontal
- **3G / 3F:** posição vertical
- **4G / 4F:** posição sobrecabeça
- **5G e 6G:** posições circunferenciais em tubos

Cada posição exige habilidades e parâmetros específicos, interferindo diretamente na qualidade da solda.

Procedimentos de Segurança

A soldagem envolve riscos como queimaduras, choque elétrico, exposição a fumos metálicos e radiações. Por isso, são indispensáveis:

- Uso de **EPI's**: máscara de solda, luvas, avental de couro, proteção auditiva e respiratória.
- **Ventilação adequada**: para dispersar fumos tóxicos.
- **Verificação de instalações elétricas**: para evitar curtos ou fugas.
- **Treinamento do operador**: sobre riscos e técnicas corretas.



VOCÊ SABIA?

O processo de soldagem é mais antigo do que muitos imaginam.

Evidências arqueológicas mostram que civilizações do Egito Antigo, há mais de 5.000 anos, já utilizavam técnicas primitivas de soldagem, fundindo metais como ouro para fabricar ornamentos e joias.

PROCESSO MIG/MAG

O processo de soldagem MIG/MAG (Metal Inert Gas / Metal Active Gas) é amplamente utilizado na indústria devido à sua versatilidade, elevada taxa de deposição e qualidade dos cordões. A diferença entre os dois está no tipo de gás de proteção utilizado: gás inerte (MIG) para metais não ferrosos, e gás ativo (MAG) para aços ao carbono e aços de baixa liga. A seguir, são detalhados os principais aspectos deste processo:

Parâmetros de Regulagem

A regulagem adequada dos parâmetros é fundamental para garantir a qualidade da solda:

- **Tensão (Volts):** influencia a largura do cordão.
- **Corrente (Amperagem):** determina a taxa de fusão.
- **Velocidade de alimentação do arame:** ajusta a quantidade de material depositado.
- **Distância da tocha:** deve ser constante para estabilidade do arco.
- **Tipo de corrente:** geralmente corrente contínua com polaridade reversa.

Esses parâmetros variam conforme o material base, espessura, tipo de junta e posição de soldagem.

Tipos de Transferência Metálica

Durante a soldagem MIG/MAG, o metal de adição é transferido do arame para a poça de fusão de diferentes maneiras, conforme o ajuste dos parâmetros:

- **Transferência por curto-circuito:** baixa energia, ideal para chapas finas e soldagem em todas as posições.
- **Transferência globular:** gotas grandes, menos controlada, usada em posições planas.
- **Transferência por spray:** gotas finas e contínuas, recomendada para soldas de alta penetração em posição plana ou horizontal.
- **Transferência pulsada:** alternância controlada entre curto e spray, excelente para chapas médias e posições variadas.

Consumíveis Utilizados

Os principais consumíveis do processo são:

- **Arames sólidos ou tubulares:** devem ser compatíveis com o material base.
- **Gases de proteção:**

- **MIG:** argônio ou mistura com hélio.
- **MAG:** CO₂ ou misturas com argônio.
- **Bicos de contato:** conduzem a corrente elétrica para o arame.
- **Difusores de gás:** distribuem o gás uniformemente.

A escolha correta dos consumíveis impacta diretamente na estabilidade do arco e na aparência da solda.

Equipamentos e Acessórios

O processo MIG/MAG exige um conjunto de equipamentos específicos, entre eles:

- **Fonte de energia:** com controle de tensão constante.
- **Tocha de soldagem:** manual ou automatizada, refrigerada a ar ou a água.
- **Alimentador de arame:** motor que empurra o arame até a tocha.
- **Cilindros de gás e manômetros:** para fornecimento e controle do gás de proteção.

A manutenção preventiva desses equipamentos garante a eficiência do processo e a segurança do operador.

PROCESSO ELETRODO REVESTIDO (SMAW)

O processo de soldagem por eletrodo revestido, também conhecido como SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), é um dos mais utilizados na indústria devido à sua simplicidade, portabilidade e baixo custo. Nesse processo, o arco elétrico é estabelecido entre um eletrodo revestido e a peça a ser soldada. O revestimento do eletrodo gera a proteção gasosa e escória que recobre o cordão, protegendo-o da contaminação atmosférica.

Parâmetros de Regulagem

A escolha e o ajuste corretos dos parâmetros são essenciais para a eficiência do processo:

- **Corrente de soldagem (A):** depende do diâmetro do eletrodo e da posição de soldagem.
- **Tipo de corrente:** corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC), com polaridade direta ou reversa.
- **Tensão do arco:** definida de forma indireta, influencia a estabilidade do arco.
- **Velocidade de avanço da soldagem:** afeta a forma e penetração do cordão.

A estabilidade do arco e a formação do cordão são diretamente influenciadas por esses parâmetros.

Tipos de Transferência

No processo SMAW, a transferência do metal ocorre por:

- **Gotejamento do metal fundido** da ponta do eletrodo para a poça de fusão.
- **Proteção com escória e gás:** o revestimento do eletrodo se funde e gera proteção química e física.

Essa transferência é menos controlada que nos processos MIG/TIG, exigindo maior habilidade do soldador.

Consumíveis Utilizados

Os principais consumíveis são:

- **Eletrodos revestidos:** variam de acordo com o tipo de material a ser soldado e as condições da soldagem.

- **Revestimentos dos eletrodos** entre eles temos os:
- **Celulósicos**: boa penetração e uso em campo.
- **Rutilos**: arco estável e fácil remoção de escória.
- **Básicos**: resistência mecânica superior e baixa hidrogênese.

A armazenagem correta dos eletrodos é importante para evitar absorção de umidade e porosidade na solda.

Equipamentos e Acessórios

Para a soldagem com eletrodo revestido, são necessários:

- **Fonte de energia**: transformador ou retificador, portátil ou industrial.
- **Porta-eletrodo**: dispositivo que segura o eletrodo e conduz a corrente elétrica.
- **Cabo de solda e cabo de retorno (terra)**.
- **Escova de aço e martelo de escória**: usados na limpeza da solda após a execução.

Esse processo é ideal para ambientes externos e trabalhos em campo, dada sua resistência à contaminação atmosférica.



VOCÊ SABIA?

A soldagem já foi feita no espaço.

Em 1969, a soldagem foi testada pela primeira vez no espaço, durante a missão soviética *Soyuz 6*. Os astronautas realizaram operações de soldagem fora da atmosfera terrestre para estudar como materiais poderiam ser unidos em gravidade zero.

PROCESSO TIG (GTAW)

O processo TIG (*Tungsten Inert Gas*), também conhecido como GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), utiliza um eletrodo de tungstênio não consumível e um gás inerte de proteção. É amplamente aplicado quando se deseja alta qualidade e controle preciso da solda, como em tubulações, indústrias aeronáutica e alimentícia. Sua principal vantagem é a pureza do cordão de solda obtido. A seguir, são abordados os principais aspectos do processo:

Parâmetros de Regulagem

A regulagem correta é fundamental para garantir o controle do arco e a qualidade do cordão:

- **Corrente de soldagem:** geralmente corrente contínua (CC), mas também pode usar corrente alternada (CA) para alumínio e magnésio.
- **Tipo de polaridade**, podendo ser de dois tipos:
 1. **CCEN (eletrodo negativo):** penetração profunda.
 2. **CA:** limpeza superficial do óxido em alumínio.
- **Vazão do gás de proteção:** em média entre 8 a 15 L/min, dependendo da aplicação.
- **Diâmetro do eletrodo de tungstênio:** varia conforme corrente e tipo de material.
- **Controle de pedal ou automático:** regula a intensidade do arco conforme necessário.

Esses parâmetros garantem a estabilidade do arco e a qualidade metalúrgica da solda.

Tipos de Transferência

No processo TIG, a transferência do metal fundido ocorre quando:

- O arco funde o metal base diretamente, e o metal de adição é alimentado manualmente por varetas.
- A transferência é suave e controlada, ideal para juntas delicadas e metais finos.

Como o eletrodo não é consumido, há maior precisão e menor contaminação.

Consumíveis Utilizados

Os principais consumíveis incluem:

- **Eletrodo de tungstênio:** pode ser puro, toriado, lantaneado ou zirconiado.
- **Gás de proteção:** geralmente argônio puro; hélio ou misturas para aplicações específicas.
- **Varetas de adição:** compatíveis com o material base (ex: ER70S-2 para aço carbono, ER4043 para alumínio).

A qualidade da solda depende diretamente da limpeza do material e dos consumíveis.

Equipamentos e Acessórios

Os equipamentos do processo TIG incluem:

- **Fonte de energia:** com controle de corrente e possibilidade de operação CA/CC.
- **Tocha TIG:** pode ter refrigeração a ar ou água.
- **Sistema de controle (pedal ou botão).**
- **Cilindro de gás inerte com regulador de pressão.**

O processo exige maior habilidade do operador e é recomendado para aplicações que exigem acabamento estético e controle preciso.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

Qual é o super-herói favorito dos soldadores?

RESPOSTA:

O Homem de Ferro... afinal, ninguém entende tanto de metal fundido quanto ele!

PROCESSO OXIGÁS (OXIACETILENO)

O processo oxigás, comumente chamado de soldagem oxiacetilênica, utiliza a combustão de um gás combustível (geralmente o acetileno) com oxigênio para gerar uma chama de alta temperatura capaz de fundir os metais. É um processo versátil, utilizado tanto para soldagem quanto para aquecimento e brasagem, especialmente em oficinas e manutenções. A seguir, são descritos seus principais aspectos.

Parâmetros de Regulagem

A eficiência e segurança da soldagem oxigás dependem da regulagem correta dos seguintes parâmetros:

- **Pressão dos gases:** depende do tipo de bico, espessura do material e tipo de chama desejada.
- **Proporção oxigênio/acetileno:** determina o tipo de chama (neutra, carburante ou oxidante).
- **Distância da chama à peça:** afeta a penetração e a estabilidade do processo.
- **Velocidade de avanço:** influencia a forma do cordão e o controle térmico da peça.

A regulagem precisa evita queima excessiva, oxidação ou falta de fusão.

Tipos de Chamas

A chama oxiacetilênica pode ser ajustada para diferentes aplicações:

- **Chama neutra:** equilíbrio entre oxigênio e acetileno, indicada para a maioria dos metais.
- **Chama carburante (redutora):** excesso de acetileno, recomendada para metais sensíveis à oxidação como o alumínio.
- **Chama oxidante:** excesso de oxigênio, usada para metais não ferrosos como o cobre e o bronze.

A observação da cor e forma da chama é essencial para identificar e corrigir sua regulação.

Consumíveis Utilizados

Os consumíveis no processo oxigás são:

- **Bicos de solda:** selecionados conforme espessura do material.
- **Hastes de adição:** compatíveis com o metal base.
- **Fluxos de soldagem:** aplicados quando necessário para facilitar a fusão ou proteger contra oxidação (ex: solda de alumínio).
- **Gases,** temos os gases:
- **Acetileno (C_2H_2):** gás combustível de alta temperatura.
- **Oxigênio (O_2):** comburente que intensifica a chama.

O armazenamento seguro dos cilindros é crucial para evitar acidentes.

Equipamentos e Acessórios

O processo exige equipamentos específicos, como:

- **Cilindros de acetileno e oxigênio** com reguladores de pressão.
- **Maçarico** com válvulas independentes para cada gás.
- **Mangueiras coloridas** (vermelha para acetileno, azul para oxigênio).
- **Válvulas corta-chamas e antirretorno:** garantem a segurança do sistema.]
- **Conjunto de bicos intercambiáveis:** permite trabalhar com diferentes espessuras e aplicações.

Esse processo é ideal para pequenas oficinas, reparos e trabalhos em locais onde não há disponibilidade de energia elétrica.

X

**VOCÊ SABIA?**

A soldagem ajudou a construir o maior navio da história.

O navio-tanque *Seawise Giant*, considerado o maior já construído, só foi possível graças ao uso intensivo de técnicas de soldagem, permitindo unir milhares de toneladas de chapas metálicas com segurança e eficiência.

CORTE A PLASMA

O corte a plasma é um processo térmico utilizado para cortar metais eletricamente condutores por meio de um jato de gás ionizado (plasma) em alta velocidade e temperatura. A energia do arco elétrico forma o plasma e funde o metal, enquanto a força do jato remove o material fundido. É amplamente utilizado em processos industriais pela sua precisão, velocidade e capacidade de cortar chapas espessas e materiais revestidos.

Parâmetros de Regulagem

O ajuste dos parâmetros é fundamental para garantir cortes precisos e seguros:

- **Corrente de corte (A):** influencia a capacidade de penetração e a espessura máxima de corte.
- **Pressão e tipo do gás:** ar comprimido, oxigênio ou gases inertes; influenciam a qualidade do corte e a vida útil dos consumíveis.
- **Velocidade de avanço:** afeta a largura do corte e a formação de rebarbas.
- **Distância da tocha:** deve ser mantida constante para estabilidade do arco e uniformidade do corte.

A regulagem correta permite cortes limpos, com mínima escória e distorção térmica.

Tipos de Tochas

As tochas utilizadas no corte a plasma podem variar quanto ao tipo de refrigeração e acionamento:

- **Tochas manuais:** ideais para cortes em campo ou manutenção.
- **Tochas mecanizadas:** utilizadas em máquinas CNC para cortes repetitivos e precisos.
- **Refrigeração:**
 - **A ar:** para aplicações leves.
 - **A água:** para serviços intensivos e longa duração.

A escolha da tocha adequada está diretamente relacionada à espessura do material e ao tipo de serviço.

Consumíveis Utilizados

Os principais consumíveis do processo incluem:

- **Eletrodos:** conduzem a corrente até o arco de plasma.
- **Bicos (nozzles):** direcionam o jato de plasma.
- **Difusores e protetores:** controlam o fluxo de gás e protegem a tocha.
- **Anéis de retenção:** mantêm os consumíveis fixos e alinhados.

Esses componentes devem ser substituídos periodicamente para evitar falhas e garantir qualidade no corte.

Equipamentos e Acessórios

Para o corte a plasma são necessários:

- **Fonte de energia:** com controle de corrente e sistema de ignição de arco (HF ou contato).
- **Compressor de ar ou cilindros de gás.**

- **Tocha de corte com conjunto de consumíveis.**
- **Painel de controle:** permite ajustes de corrente, pressão e outros parâmetros.

O sistema pode ser manual ou automatizado, com controle numérico (CNC), aumentando a eficiência em produção seriada.



PAUSA PARA REFLETIR...

"Qualquer um pode saber. O importante é compreender."

Albert Einstein.

DEFEITOS DE SOLDAGEM, SUAS CAUSAS E SOLUÇÕES

Mesmo com procedimentos bem executados, a soldagem está sujeita à ocorrência de defeitos que podem comprometer a integridade da estrutura. Esses defeitos podem ter origem no material, no processo, nos consumíveis, na técnica do operador ou nas condições do ambiente. O conhecimento dos principais defeitos e suas causas permite prevenir falhas e garantir a qualidade do produto final.

Principais Tipos de Defeitos

Entre os defeitos mais comuns em soldagem, destacam-se:

- **Porosidade:** presença de cavidades gasosas no cordão de solda.
- **Trincas:** rupturas no metal de solda ou na ZAC (zona termicamente afetada).
- **Inclusões de escória:** partículas de escória aprisionadas no interior da solda.
- **Falta de fusão:** ausência de ligação entre o metal de adição e o metal base.
- **Falta de penetração:** solda superficial, sem atingir adequadamente a raiz da junta.
- **Mordeduras (undercut):** sulcos nas bordas do cordão, enfraquecendo a junta.
- **Descontinuidades geométricas:** irregularidades na forma, excesso ou falta de material.

Esses defeitos podem ser detectados por inspeção visual ou por ensaios destrutivos e não destrutivos.

Causas Comuns

Os defeitos de soldagem têm diversas origens, entre elas:

- **Má regulação dos parâmetros:** corrente, tensão, velocidade inadequadas.
- **Contaminação do material:** presença de óleo, graxa, ferrugem ou umidade.
- **Técnica incorreta do operador:** ângulo da tocha, distância, movimentação errada.
- **Problemas com os consumíveis:** eletrodos úmidos, arames oxidados, gás insuficiente.
- **Preparação inadequada da junta:** desalinhamento, folga excessiva ou chanfro incorreto.
- **Ambiente de trabalho desfavorável:** vento, baixa ventilação, umidade.

Soluções e Prevenções

Para reduzir ou eliminar os defeitos de soldagem, recomenda-se:

- **Treinamento adequado dos operadores:** domínio das técnicas e padrões.
- **Inspeção e preparação cuidadosa das peças antes da soldagem.**
- **Escolha apropriada dos consumíveis:** conforme tipo de material e processo.
- **Regulagem correta dos equipamentos:** manutenção preventiva e aferição dos sistemas.
- **Controle ambiental:** uso de telas, exaustores, secagem de eletrodos.
- **Utilização de procedimentos qualificados (WPS/PQR):** garantindo repetibilidade e segurança.

A inspeção contínua durante e após a soldagem é fundamental para a detecção precoce de falhas.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

Por que o soldador nunca perde a linha no trabalho?

RESPOSTA:

Porque ele sempre segue a linha de referência!

SIMBOLOGIA DE SOLDAGEM (CONFORME NORMA ABNT)

A simbologia de soldagem é um conjunto padronizado de representações gráficas utilizado em desenhos técnicos para indicar de forma clara e objetiva os tipos de solda, suas dimensões, localização, acabamento e outros detalhes. No Brasil, essa simbologia é regulamentada principalmente pela **NBR 14744** da ABNT. A correta interpretação desses símbolos é fundamental para a execução de soldagens conforme projeto.

Normas Técnicas Aplicáveis

A principal norma brasileira que trata da simbologia de soldagem é:

- **ABNT NBR 14744 – Representação gráfica de soldagem em desenho técnico.**

Ela define os símbolos básicos, suas combinações, posição na linha de referência e exemplos de aplicação.

Elementos da Simbologia

Um símbolo de soldagem completo é composto por vários elementos dispostos em torno de uma **linha de referência**. Os principais componentes são:

- **Linha de referência:** base para disposição dos símbolos.
- **Seta de indicação:** aponta para a junta a ser soldada.
- **Símbolo da solda:** indica o tipo de solda (ex: solda em filete, em topo, em ângulo).
- **Complemento:** representa tratamentos como acabamento, solda intermitente, etc.
- **Dados adicionais:** medidas, tipo de preparação, número de passes, entre outros.
- **Linha tracejada (quando presente):** indica a solda no lado oposto da junta.

A posição dos símbolos em relação à linha de referência é fundamental para indicar o lado da soldagem.

Símbolos Mais Utilizados

A seguir, estão os símbolos mais frequentes em desenhos técnicos:

- **Solda em filete:** forma triangular, comum em juntas em T e de canto.
- **Solda em topo:** indicada por uma linha reta, utilizada para chapas alinhadas.
- **Solda em ângulo, sobreposta, de tampão, etc.**
- **Acabamento da solda:** C (chanfrada), M (maquinada), G (esmerilhada), H (martelada).

Também podem ser indicadas soldas intermitentes, com espaçamento e comprimento definidos.

Aplicação em Desenhos Técnicos

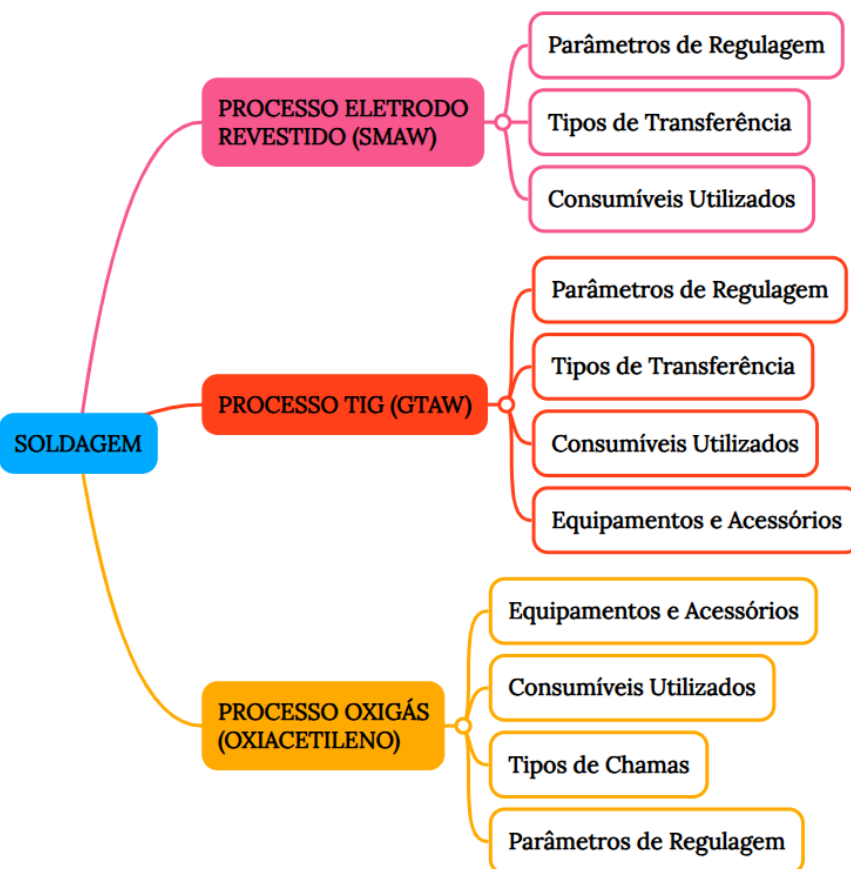
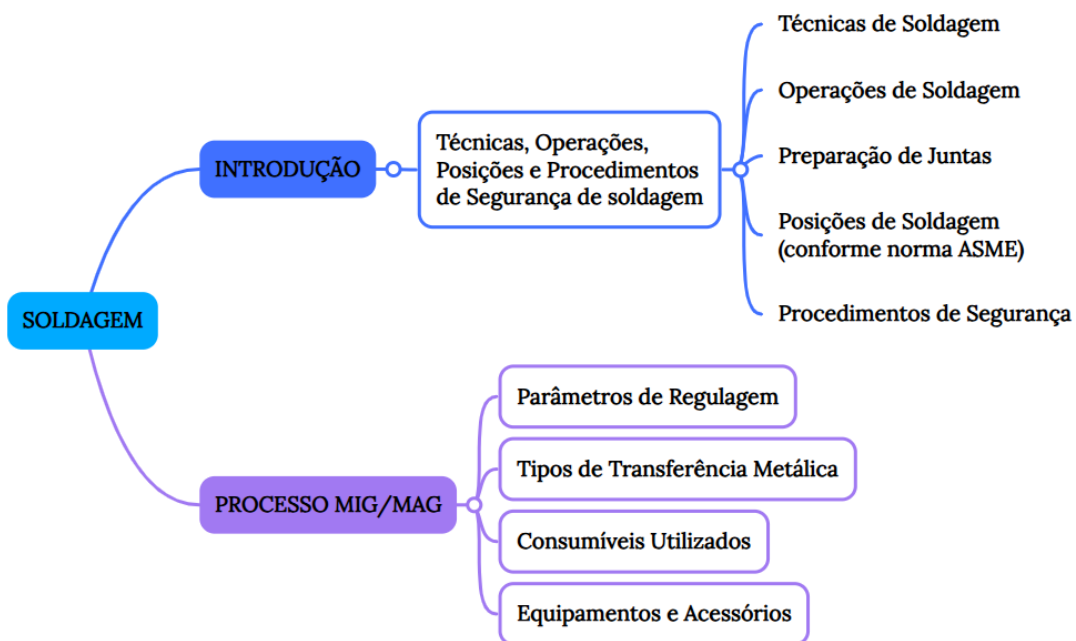
A simbologia de soldagem é aplicada diretamente sobre os desenhos de conjunto ou de montagem. Deve-se observar:

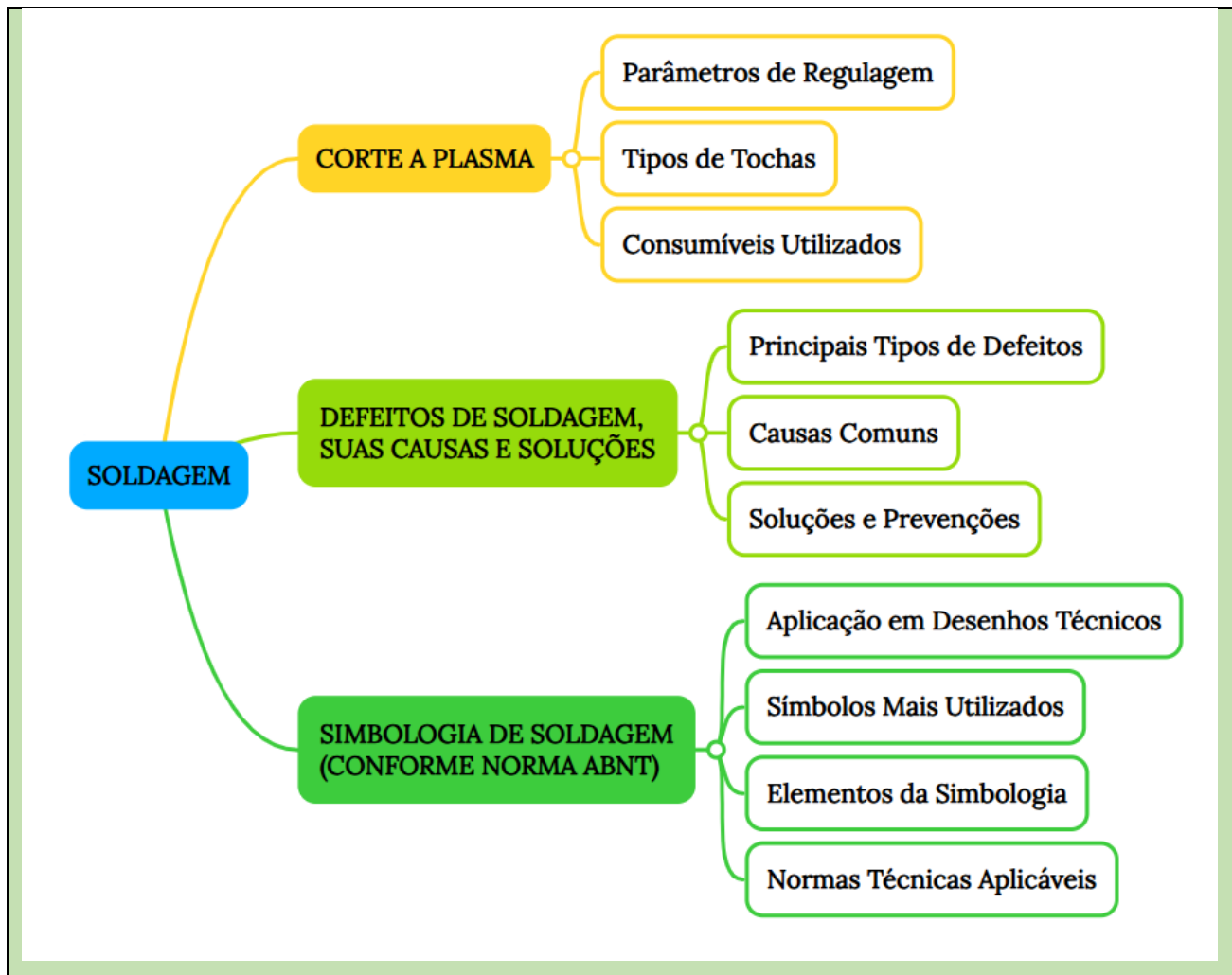
- O lado da seta representa a face da junta indicada.
- A disposição do símbolo abaixo ou acima da linha indica o lado da solda.
- Informações como espessura da solda, comprimento e espaçamento devem ser inseridas de forma padronizada.

A padronização evita erros de interpretação e assegura que a fabricação ou manutenção ocorra conforme o especificado no projeto.

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO





SÍNTESE DIRETA

INTRODUÇÃO À SOLDAGEM

- **Técnicas:** Arco elétrico, oxigás, resistência, feixe de elétrons/laser, fricção.
- **Operações envolvidas:** Fixação, regulagem de parâmetros, controle térmico, inspeção visual.
- **Preparação de juntas:**
 - Tipos: tope, sobreposta, em T, canto, borda.
 - Chanfro é necessário para chapas espessas.
- **Posições de soldagem (ASME):** ✓ 1G a 6G, variando entre plana, horizontal, vertical e sobrecabeça.

- **Segurança:** ✓ Uso de EPI's, ventilação, inspeções elétricas e capacitação obrigatória.

PROCESSO MIG/MAG

- **Regulagem:** Tensão, corrente, velocidade do arame, tipo de gás e distância da tocha.
- **Transferência metálica:** Curto-circuito, globular, spray, pulsada.
- **Consumíveis:** Arames sólidos/tubulares, gás inerte (MIG) ou ativo (MAG), bico e difusor.
- **Equipamentos:** Fonte de energia, alimentador, tocha, cilindros e reguladores.

PROCESSO ELETRODO REVESTIDO (SMAW)

- **Regulagem:** Corrente, tipo de corrente, tensão do arco e velocidade de avanço.
- **Transferência:** Via gotejamento metálico protegido por escória e gás do revestimento.
- **Consumíveis:** Eletrodos revestidos (celulósicos, rutilos, básicos), armazenagem correta.
- **Equipamentos:** Fonte, porta-eletrodo, cabo terra, martelo de escória e escova.

PROCESSO TIG (GTAW)

- **Regulagem:** Corrente (CC ou CA), polaridade, vazão de gás, controle por pedal.
- **Transferência:** Manual por vareta, eletrodo não consumível. Alta precisão.
- **Consumíveis:** Eletrodo de tungstênio, gás argônio, varetas compatíveis com o metal base.
- **Equipamentos:** Fonte CA/CC, tocha refrigerada, pedal de controle, cilindro de gás.

PROCESSO OXIGÁS

- **Regulagem:** Pressão dos gases, proporção oxigênio/acetileno, distância e velocidade.
- **Tipos de chama:** Neutra, carburante e oxidante.
- **Consumíveis:** Hastes, fluxos, bicos, acetileno, oxigênio.
- **Equipamentos:** Maçarico, cilindros, mangueiras, corta-chamas, reguladores.

CORTE A PLASMA

- **Regulagem:** Corrente de corte, pressão do gás, velocidade e altura da tocha.
- **Tipos de tocha:** Manual ou mecanizada, com refrigeração a ar ou água.
- **Consumíveis:** Eletrodos, bicos, difusores, protetores, anéis de retenção.
- **Equipamentos:** Fonte, compressor, painel de controle, tocha de corte.

DEFEITOS DE SOLDAGEM

- **Tipos:** Porosidade, trincas, inclusões, falta de fusão/penetração, mordeduras.
- **Causas:** Regulagem inadequada, contaminação, técnica incorreta, consumíveis defeituosos.
- **Soluções:** Treinamento, preparação adequada, escolha correta de parâmetros e consumíveis, uso de WPS.

SIMBOLOGIA DE SOLDAGEM (ABNT)

- **Norma principal:** ABNT NBR 14744 – Representação gráfica de soldagem.
- **Componentes:** Linha de referência, símbolo, seta, dados técnicos.
- **Símbolos comuns:** Filete, topo, intermitente, acabamento (G, M, C, H).
- **Aplicação:** Indica tipo, lado, tamanho e espaçamento diretamente nos desenhos técnicos.

MOMENTO QUIZ

1. Qual das opções abaixo representa corretamente um tipo de chama utilizada no processo oxiacetilênico para soldagem de alumínio?

- a) Chama neutra.
- b) Chama oxidante.
- c) Chama carburante.
- d) Chama pressurizada.
- e) Chama balanceada.

2. No processo TIG, qual gás é comumente utilizado como proteção para evitar a contaminação da poça de fusão?

- a) Oxigênio.
- b) Dióxido de carbono.
- c) Argônio.
- d) Gás natural.
- e) Acetileno.

3. Qual é a principal função do revestimento no eletrodo utilizado no processo SMAW?

- a) Reduzir o consumo elétrico.
- b) Aumentar a velocidade do arco.
- c) Gerar proteção gasosa e escória.
- d) Diminuir o tempo de resfriamento.
- e) Lubrificar a superfície do metal.

4. De acordo com a norma ABNT NBR 14744, qual elemento da simbologia de soldagem indica o tipo de solda a ser executada?

- a) Linha de chamada.
- b) Seta de localização.
- c) Símbolo gráfico.
- d) Linha tracejada.

e) Cotas.

5. Assinale a alternativa que corresponde a um defeito causado por baixa vazão do gás de proteção no processo MIG/MAG:

- a) Inclusão de escória.
- b) Falta de penetração.
- c) Trinca a quente.
- d) Porosidade.
- e) Mordedura.

GABARITO QUIZ

QUESTÃO	ALTERNATIVA
1	C
2	C
3	C
4	C
5	D

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14744: Representação gráfica de soldagem em desenho técnico**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **ASME BPVC Section IX: Welding, Brazing, and Fusing Qualifications**. New York: ASME, 2021.

FERNANDES, Milton Vargas. **Soldagem: processos e tecnologia**. 5. ed. São Paulo: Editora Érica, 2017.

MARQUES, Adriano; MONTEIRO, José Vicente. **Tecnologia da Soldagem**. 4. ed. São Paulo: LTC Editora, 2016.

PARKER, J. D. **Advanced Welding Processes: Technologies and Process Control**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003.

RESENDE, Haroldo Pereira de. **Processos de Soldagem**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.



OBRIGADO!
CONTINUE ESTUDANDO.