



PRONAVI

— ENGENHARIA —



NAVAL



INDUSTRIAL



CIVIL

GUIA COMPLETO DE SOLDA TIG

TÉCNICAS, EQUIPAMENTOS E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS



DO BÁSICO
AO AVANÇADO
TORNE-SE UM
PROFISSIONAL
DE ALTA
PERFORMANCE



PROFISSIONALIZANDO SUA SOLDAGEM



TÉCNICAS
DE SOLDA TIG



EQUIPAMENTOS
E ACESSÓRIOS



APLICAÇÕES
INDUSTRIAIS



NORMAS
E SEGURANÇA

PRONAVI ENGENHARIA

E-BOOK DE SOLDA TIG.



TREINAMENTO TÉCNICO AVANÇADO

GUIA DEFINITIVO: SOLDAGEM TIG / GTAW

Do Iniciante ao Profissional — Técnicas, Normas AWS/ASME e Práticas Navais

TEORIA COMPLETA

Fundamentos do arco TIG (GTAW), alta frequência, pulso de corrente e inversoras modernas.

PRÁTICA PASSO A PASSO

Afiamento de eletrodo de tungstênio, controle do pedal/gatilho e alimentação manual de vareta.

APLICAÇÕES EM CHAPAS E TUBOS

Execução completa em aço carbono, inox e alumínio nas posições 1G a 6G.

NORMAS & SEGURANÇA

Conformidade rigorosa com AWS D1.1, AWS D10.11, ASME Seção IX e NR-34 em estaleiros.

MANUAL OPERACIONAL DA ENGENHARIA NAVAL E INDUSTRIAL PESADA

EDIÇÃO PRONAVI Engenharia Naval • Qualificação em Chapas e Tubulações (1G a 6G)
PRONAVI ENGENHARIA NAVAL — GUIA DEFINITIVO TIG (GTAW)



PÁGINA 01

SOBRE O TREINAMENTO PRONAVI

A **PRONAVI Engenharia Naval** desenvolveu este e-book com o objetivo de fornecer um guia técnico rigoroso, prático e completo sobre o processo de soldagem **TIG (GTAW - Gas Tungsten Arc Welding)**, focado na indústria naval, tubulações de alta pressão, trocadores de calor e estruturas de alta responsabilidade.

Missão da Capacitação Técnica

Formar soldadores e inspetores altamente qualificados, capazes de executar juntas soldadas com isenção total de defeitos em conformidade com as normas internacionais AWS D1.1, AWS D10.11, ASME Seção IX e as Normas Regulamentadoras brasileiras (NR-6, NR-18, NR-33, NR-34).

Sumário Geral do E-book

CAP. 01

Fundamentos do Processo TIG

Princípios do arco elétrico com eletrodo não consumível de tungstênio,

alta frequência e tocha.

CAP. 06

Soldagem TIG em Chapas

CAP. 02

Segurança, EPIs e Normas

Normas NR-6/18/34, proteção contra radiação UV/IV intensa, fumos e

gás Argônio.

CAP. 07

Tubulações (1G, 2G, 5G, 6G)

CAP. 03

Tungstênio, Varetas e Gases

Eletrodos (EWTh-2, EWZr, EWP), varetas AWS A5.18/A5.9 e Argônio Puro / misturas de H₂/He.

CAP. 08

Defeitos e Inspeção END

Inclusão de tungstênio, oxidação por falta de purga e exames

CAP. 04

Geometria e Preparação

Chanfros em V e J, afiamento longitudinal do tungstênio e limpeza rigorosa da junta.

CAP. 09

Qualificação & EPS

Elaboração da Especificação do Procedimento de Soldagem (EPS) segundo ASME IX.

CAP. 05

Tabela de Regulagem TIG

Parâmetros exatos de corrente (CC-/AC), pulso, vazão de gás e

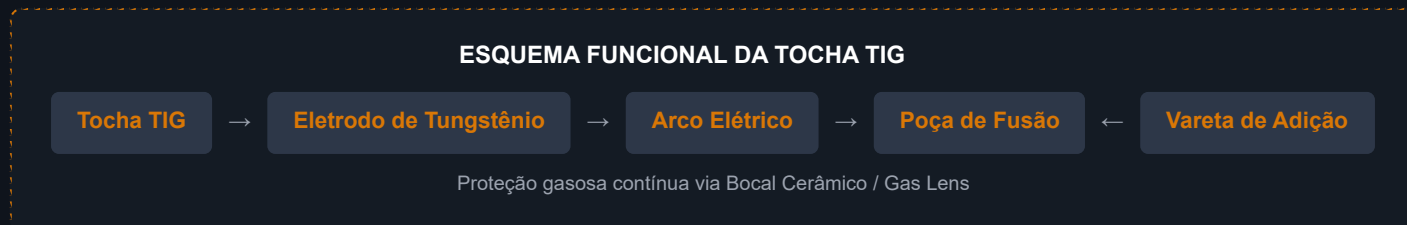
diâmetro do eletrodo.

CAP. 10

Boas Práticas Navais

CAPÍTULO 1: O PROCESSO TIG / GTAW

- O processo **GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)**, popularmente conhecido como **TIG**, estabelece um arco elétrico entre um eletrodo não consumível de Tungstênio e a peça de trabalho. O metal de adição (vareta) é alimentado manualmente pelo soldador diretamente na poça de fusão protegida por gás inerte (Argônio Puro ou Hélio).



Modos de Corrente de Soldagem

Diferente de outros processos, o TIG varia a modalidade de corrente elétrica dependendo diretamente da natureza do metal de base:

1. Corrente Contínua Polaridade Direta (CC- / DCEN)

- **Fluxo de Elétrons:** Do eletrodo para a peça (70% do calor gerado na peça).
- **Aplicação:** Aço Carbono, Aço Inoxidável, Cobre, Titânio e Tubulações.
- **Vantagem:** Penetração profunda, menor aquecimento

2. Corrente Alternada (AC)

- **Ciclo de Onda:** Alterna entre polaridade direta e inversa em frequências de 60 a 200 Hz.
- da tocha e alta durabilidade da ponta do tungstênio.
- **Aplicação:** Exclusiva para Alumínio e Ligas de Magnésio.
- **Vantagem:** A semi-onda positiva quebra a camada de óxido de alumínio (Ação Decapante), e a negativa funde o

Recursos Avançados: TIG Pulsado e Alta Frequência (HF)

- A abertura do arco por **Alta Frequência (HF)** elimina a necessidade de tocar o eletrodo na peça, evitando a contaminação imediata por tungstênio. O recurso **TIG Pulsado** alterna entre uma Corrente de Pico (***I_p***) e uma Corrente de Base (***I_b***), permitindo excelente controle térmico em chapas finas, passes de raiz em tubos e menor distorção em aços inoxidáveis.

CAPÍTULO 2: SEGURANÇA, EPIS E NORMAS REGULAMENTADORAS

- O processo TIG emite altos níveis de radiação ultravioleta (UV) e infravermelha (IV) devido ao arco claro e sem fuligem. O cumprimento das normas **NR-6** (EPI), **NR-18** (Caldeiraria), **NR-33** (Espaços Confinados) e **NR-34** (Construção Naval) é indispensável.

EPIS Obrigatórios do Soldador TIG

Proteção Visual e Facial

- **Máscara com Filtro Optoeletrônico:** Tonalidade regulada entre DIN 9 e DIN 12 devido à alta luminosidade do arco TIG.
- **Lentes de Alta Sensibilidade:** Sensores capazes de detectar arcos TIG de baixa amperagem (< 15 Amperes).

Proteção Corporal e Tátil

- **Luvas TIG de Pelica/Vaqueta:** Cano longo e extrema sensibilidade tátil para manipular a vareta de adição e acionar o gatilho/pedal.
- **Mangotes e Avental de Raspa:** Isentos de óleos para proteção contra respingos e radiação UV acentuada.

Riscos Críticos no Estaleiro e Tubulações

1. **Asfixia por Acúmulo de Argônio em Espaços Confinados (NR-33)**
2. gás de proteção Argônio é aproximadamente 38% mais denso que o ar atmosférico. Em porões, tanques e tubulações, o Argônio vazado desloca o oxigênio acumulando-se no fundo. Exige exaustão forçada e monitoramento contínuo com oxímetro.

1. Riscos de Radiação UV e Queimaduras Oculares

2. arco TIG não produz escória para cobrir a poça, emitindo radiação UV direta. Biombos de proteção devem ser instalados ao redor da célula de soldagem para proteger os demais trabalhadores do estaleiro contra a "fotoceratite" (queimadura da córnea).

Normas Regulamentadoras Aplicáveis

Norma	Escopo e Aplicação Principal	Requisito Crítico
NR-06	Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	Certificado de Aprovação (CA) válido para luvas TIG e máscara optoeletrônica.
NR-34	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria Naval	Permissão de Trabalho a Quente (PT) e medição de oxigênio/gases inflamáveis.
AWS Z49.1	Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes	Padrão internacional de segurança em soldagem de tubos e alta frequência.

CAPÍTULO 3: CONSUMÍVEIS — ELETRODOS, VARETAS E GASES

A precisão do processo TIG depende da combinação perfeita entre o tipo de eletrodo de tungstênio, a liga da vareta de adição e a pureza do gás de proteção.

A Classificação dos Eletrodos de Tungstênio (AWS A5.12)

Classificação AWS	Composição / Liga	Cor de Identificação	Aplicação e Corrente
EWTh-2	Tungstênio com 2% de Tória	Vermelho	Aço Carbono e Inox (CC-). Excelente ignição e estabilidade.
EWLa-1.5 / 2	Tungstênio com Lantanida (1.5 - 2%)	Azul / Dourado	Substituto universal sem radioatividade. Ótimo em CC- e AC.
EWZr-1	Tungstênio Zirconiado (1%)	Marrom	Exclusivo para Alumínio (AC). Forma ponta arredondada perfeita.
EWP	Tungstênio Puro (99.5%)	Verde	Alumínio e Magnésio em máquinas convencionais AC.

1. Varetas de Adição (AWS A5.18 / AWS A5.9)

ER70S-6 (Aço Carbono): Contém desoxidantes de Manganês e Silício. Utilizado em tubulações industriais e chapas estruturais de aço carbono.

ER308L / ER316L (Aço Inoxidável): Varetas de baixíssimo teor de carbono ($C \leq 0.031\%$) para prevenir precipitação de carbeto de cromo e corrosão intergranular em linhas navais de aço inox.

1. Seleção do Gás de Proteção e Vazão

Gás / Mistura	Propriedades térmicas	Aplicação TIG Recomendada
100% Argônio (Ar)	Arco estável, facilidade de ignição e custo acessível.	Uso geral em Aço Carbono, Inox e Alumínio. Padrão estaleiro.
Argônio + Hélio (25-50% He)	Aumenta drasticamente a entrada de calor no arco.	Grandes espessuras de Alumínio e Cobre (alta condutividade).
Argônio + Hidrogênio (2-5% H ₂)	Arco redutor de alta penetração e velocidade.	Exclusivo para Aços Inoxidáveis Austeníticos (não usar em carbono).

Ajuste da Vazão de Gás e Lentes de Gás (Gas Lens)

A vazão deve ser ajustada entre **7 l/min e 12 l/min**. A utilização do acessório **Gas Lens** na tocha substitui o bocal convencional, transformando o fluxo turbulento em um fluxo perfeitamente laminar, aumentando a proteção contra oxidação e permitindo maior extensão do eletrodo.

CAPÍTULO 4: PREPARAÇÃO DE JUNTAS E GEOMETRIA DO TUNGSTÊNIO

A limpeza absoluta e a precisão do chanfro são pré-requisitos fundamentais no processo TIG. Qualquer contaminação por óleo, graxa, tinta ou oxidação causa porosidades imediatas e inclusões no metal depositado.

Geometria do Chanfro em V de 75° para Tubos e Chapas (AWS D10.11)

DETALHAMENTO DO BISEL PARA PASSE DE RAIZ TIG

Ângulo do Bisel: **37.5° (± 2.5°)** por peça → Abertura total de **75°**

Nariz (Root Face): **1.0 mm a 1.5 mm** | Fresta de Raiz (Root Gap): **2.0 mm a 3.0 mm**

Afiamento Correto do Eletrodo de Tungstênio

O perfil da ponta do eletrodo de tungstênio orienta a concentração dos elétrons e a geometria do cordão de solda:

Afiamento Longitudinal (Correto)

- As marcas do rebolo devem correr **paralelas ao comprimento** do eletrodo.
- Gera um arco estável, focado e reduz o risco de desvio do arco
- contaminação.
- Ângulo da ponta: **30° a 60°** conforme a corrente

Afiamento Transversal (Incorreto)

- Ranhuras transversais criam barreiras à passagem dos elétrons.
- Resulta em arco instável e flutuante.
- Pode provocar o desprendimento da ponta (inclusão de tungstênio na solda).

Ângulos de Inclinação da Tocha e Vareta

Técnica Manual de Avanço

A tocha TIG deve manter um ângulo de ataque de **70° a 80°** em relação à peça. A vareta de adição deve ser introduzida na margem frontal da poça de fusão com um ângulo baixo de **10° a 20°**. Nunca encoste a vareta no eletrodo de tungstênio nem retire a ponta aquecida da vareta da zona de proteção de gás.

CAPÍTULO 5: TABELA PRÁTICA DE PARÂMETROS DE SOLDAGEM TIG

Tabela de referência técnica da PRONAVI para regulagem de inversores TIG em Aço Carbono e Aço Inoxidável com Argônio Puro (99.99%).

Espessura Peça	Diâmetro Tungstênio	Diâmetro Vareta	Corrente (A)	Tipo Corrente	Vazão Gás	Passe / Posição
1.5 - 2.0 mm	1.6 mm (1/16")	1.6 mm	50 - 80 A	CC- (DCEN)	7 - 8 l/min	Passe Único (1G / 2F)
3.2 mm (1/8")	2.4 mm (3/32")	2.4 mm	90 - 130 A	CC- (DCEN)	8 - 10 l/min	Raiz / Enchimento (1G-3G)
6.4 mm (1/4")	2.4 - 3.2 mm	2.4 - 3.2 mm	130 - 180 A	CC- (DCEN)	10 - 12 l/min	Passe Raiz Tubo / Chapa
9.5 mm (3/8")	3.2 mm (1/8")	3.2 mm	170 - 230 A	CC- Pulsado	12 - 14 l/min	Passe de Raiz 5G / 6G
Alumínio 3.0mm	2.4 mm (EWZr)	2.4 mm (ER4043)	100 - 140 A	AC (100 Hz)	10 - 12 l/min	Plana / Vertical (1G/3G)

Conceitos Chave de Regulagem Fina

1. Pré-Vazão e Pós-Vazão de Gás (Pre-Flow / Post-Flow)

Pré-Vazão: Regulada em 0.5s a 1.0s para purgar o ar atmosférico do bocal antes do arco abrir.

Pós-Vazão: Mantida acionada após a extinção do arco (1 segundo de gás para cada 10 Amperes de corrente). Evita a oxidação da poça final e da ponta incandescente do tungstênio.

1. Rampa de Descida (Down-Slope) e Preenchimento de Cratera

Ajuste o tempo de descer da corrente (Down-Slope em 2s a 4s) ao finalizar o cordão. Isso reduz gradualmente o calor, permitindo o preenchimento correto da cratera de solda e impedindo trincas de cratera por contração térmica.

CAPÍTULO 6: EXECUÇÃO EM CHAPAS (POSIÇÕES 1G A 4G - AWS)

A qualificação do soldador em chapas fundamenta o domínio do controle térmico e da coordenação bimanual (mão dominante direciona a tocha e mão oposta alimenta a vareta).

Posição 1G (Plana)

A junta fica na horizontal. Excelente visualização da poça. Permite utilizar maior amperagem e varetas de diâmetro superior (3.2 mm). Deposição constante com movimentos ritmados.

Posição 2G (Horizontal)

A linha de solda corre horizontalmente em uma chapa na vertical. Dirija o arco levemente para a margem superior para compensar a gravidade. Utilize passes filetados sem tecimento largo.

Posição 3G (Vertical Ascendente)

A soldagem progride de baixo para cima. O soldador deve criar uma "prateleira" de metal fundido. Exige amperagem reduzida em 10-15% e adição rápida da vareta na borda superior da poça.

Posição 4G (Sobre-Cabeça)

A soldagem é executada por baixo da chapa. Mantém-se o arco extremamente curto. O fluxo gasoso deve estar rigorosamente calibrado para não soprar a poça de fusão suspensa.

Técnica de Adição Manual e Tecimento (Walk the Cup)

Existem duas técnicas consagradas de condução da tocha na indústria naval:

- **Técnica Flutuante (Freehand):** A tocha é mantida suspensa no ar sem apoio direto na peça. Exige extrema firmeza nas mãos, recomendada para espessuras finas e locais de difícil acesso.
- **Técnica "Caminhar com o Bocal" (Walk the Cup):** O bocal cerâmico é apoiado nas bordas do chanfro e rotacionado em movimentos suaves em forma de '8'. Garante excelente estática e cordões com acabamento escama de peixe impecável.

CAPÍTULO 7: SOLDAGEM DE TUBULAÇÕES (POSIÇÕES 5G E 6G)

A soldagem TIG em tubulações sob pressão é o padrão ouro na indústria naval e offshore. A qualificação em posição **6G (Tubo Fixo a 45°)** qualifica o profissional para todas as posições industriais sob o código ASME Seção IX.

Posição 5G (Tubo Fixo Horizontal)

O tubo permanece estático no eixo horizontal. O soldador executa a junta contornando o tubo (das 6 horas para as 12 horas na progressão ascendente), passando por sobre-cabeça, vertical e plana.

Posição 6G (Tubo Fixo Inclinado a 45°)

Posição de máxima complexidade técnica. O tubo é travado a 45° ($\pm 5^\circ$). Combina simultaneamente todos os desafios de gravidade, escorrimento e variação contínua do ângulo da tocha.

Técnica do Passe de Raiz TIG e Purga Interna (Gas Purging)

Controle do "Keyhole" (Furo de Fechadura)

Durante o passe de raiz em tubos de aço carbono ou inox, o arco abre uma pequena abertura controlada nas margens do nariz da junta (**Keyhole**). A vareta de adição é introduzida por dentro desta abertura para formar o reforço interno da raiz (1.0 mm a 2.0 mm) sem criar imperfeições ou falta de fusão.

Sistemas de Purga Interna em Aço Inoxidável

Ao soldar tubulações de aço inox ou ligas de níquel, o oxigênio interno do tubo deve ser totalmente removido por um fluxo contínuo de Argônio (insuflamento de purga) antes e durante a soldagem. A ausência de purga causa a oxidação severa conhecida como "**Açucaramento**", inutilizando a tubulação.

CAPÍTULO 8: INSPEÇÃO, CONTROLE DE DEFEITOS E END

Embora o processo TIG seja extremamente limpo, exige rigoroso controle de parâmetros para evitar descontinuidades que resultem em reprovação nos Ensaios Não Destrutivos (END).

Defeitos Frequentes em TIG e Ações Corretivas

Defeito	Causa Provável	Ação Corretiva Imediata
Inclusão de Tungstênio	Toque accidental do eletrodo na poça ou corrente excessiva para o diâmetro.	Interromper a solda, esmerilhar totalmente a região afetada e reafiar o eletrodo.
Porosidade	Perda da proteção gasosa por correntes de ar, bocal sujo ou varetas com umidade.	Instalar biombos, verificar conexões de gás e utilizar lentes de gás (Gas Lens).
Açucaramento (Oxidação Raiz)	Falta de purga interna ou vazão insuficiente de Argônio no interior de tubos inox.	Garantir purga interna com oxímetro de traços (< 0.5% O ₂) antes do passe.
Mordedura na Margem	Velocidade de avanço muito rápida ou corrente elevada sem adição de vareta.	Aumentar a frequência de deposição da vareta e calibrar a corrente de pico.

Ensaios Não Destrutivos (END) Aplicados

Inspeção Visual e Dimensional (VT): Verificação preliminar 100% obrigatória de perfil do cordão, reforço de raiz e ausência de mordeduras ou trincas de cratera.

Líquido Penetrante (PT): Ensaio de superfície vital para detectar microtrincas superficiais não visíveis a olho nu em juntas inoxidáveis e não ferrosas.

Ultrassom (UT) e Radiografia (RT): Exames volumétricos essenciais para tubulações de alta pressão e casco de embarcações capazes de identificar inclusões de tungstênio e falta de fusão interna.

CAPÍTULO 9: ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)

Toda operação industrial naval deve seguir rigorosamente uma **EPS (Especificação do Procedimento de Soldagem)**, qualificada por meio de testes destrutivos registrados no RQP (Registro de Qualificação do Procedimento).

Variáveis Essenciais em Soldagem TIG (ASME IX / AWS D1.1)

Alterações que Exigem Requalificação Obrigatória do Procedimento:

- Mudança na classificação do metal de base (ex: P-Number 1 para P-Number 8 - Inox).
- Alteração no tipo ou composição nominal do gás de proteção em mais de **1pm 2.5%**.
- Supressão do insuflamento de gás de purga na raiz de tubos de aço inox.
- Mudança do tipo de corrente (CC- para AC) ou supressão do TIG Pulsado.
- Troca da classificação do eletrodo de tungstênio ou diâmetro nominal.

Checklist de Manutenção Diária da Equipagem TIG

Antes de iniciar a jornada de trabalho no estaleiro PRONAVI, o soldador deve inspecionar:

Tocha e Consumíveis

- Verificar se o bocal cerâmico / Gas Lens está sem trincas ou respingos aderidos.
- Inspeccionar a pinça (collet) e o porta-pinça para evitar mau contato elétrico.
- Verificar a vedação das anilhas (O-Rings) da tocha contra entrada de ar.

Rede de Gás e Refrigeração

- Testar se há vazamentos nas conexões de Argônio com solução espumante.
- Verificar o nível de fluido de refrigeração nas tochas TIG refrigeradas a água.
- Conferir o aterramento e o cabo de alta frequência.

CONHECIMENTO QUE UNE. QUALIDADE QUE TRANSFORMA.

Este e-book foi desenvolvido para levar você do nível iniciante ao nível profissional em Soldagem TIG, com conteúdo técnico, prático e atualizado conforme as normas nacionais e internacionais.



**SEGURANÇA EM 1º
LUGAR**



**QUALIDADE EM CADA
SOLDA**



**CONFORMIDADE COM
NORMAS**



**PROFISSIONALISMO
SEMPRE**

SOLDAGEM TIG DO INICIANTE AO PROFISSIONAL

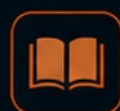
Excelência em cada projeto. Confiança em cada união.



PROFISSIONALIZE SUA SOLDAGEM.

CONHECIMENTO, TÉCNICA
E PRÁTICA PARA **RESULTADOS**
DE **ALTA PERFORMANCE**.

Este e-book é seu guia completo para dominar a soldagem TIG, do básico ao avançado. Aprenda com conteúdo atualizado, técnicas profissionais e aplicações reais da indústria.



FUNDAMENTOS

Conceitos essenciais da soldagem TIG.



EQUIPAMENTOS

Conheça as ferramentas e como utilizá-las.



TÉCNICAS E APLICAÇÕES

Procedimentos, modos de operação e aplicações industriais.



NORMAS E SEGURANÇA

Boas práticas, normas técnicas e segurança na soldagem.

PRONAVI

ENGENHARIA



NAVAL



INDUSTRIAL



CIVIL



“ DA TEORIA À PRÁTICA,
UM GUIA COMPLETO PARA
SE TORNAR UM PROFISSIONAL
DE **ALTA PERFORMANCE**. ”

FALE CONOSCO

✉ pronaviengenharia@gmail.com

📷 [@pronaviengenharia/](https://www.instagram.com/pronaviengenharia/)

📺 www.youtube.com/@pronaviengenharia

✉ contato@pronavi.com.br

☎ Tel. / Zap: 21 9 7030-9258

ISBN 978-65-01-23456-7



9 786501 234567



MÃO DE OBRA
ESPECIALIZADA



TECNOLOGIA E
EQUIPAMENTOS
DE PONTA



SEGURANÇA E
CONFORMIDADE
NORMATIVA



RESULTADOS
QUE GERAM
CONFIANÇA

www.pronavi.com.br