

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Soldagem I

**Normas e Qualificação em Soldagem**

(Adaptado e atualizado de texto escrito pelo prof. Michael D. Hayes)

Prof. Paulo J. Modenesi

Janeiro de 2005

## NORMAS E QUALIFICAÇÃO EM SOLDAGEM

Desde o início da civilização, tem existido uma necessidade de regras e regulamentos para controlar de uma forma ou outra as atividades humanas. Com o advento da revolução industrial, as atividades no campo industrial começaram a exercer um importante efeito sobre os indivíduos não diretamente envolvidos com os processos de fabricação, tanto os usuários diretos como os não usuários dos produtos destes processos. A falta de regulamentação nas diferentes etapas de um processo de fabricação, ou a não observância de regulamentações existentes, tem ocasionado em acidentes e outros problemas que podem ter sérias consequências tanto para os produtores, como para os usuários e, também, para a população em geral e para o meio ambiente. Assim, um dos objetivos primários de um código é a prevenção de acidentes que poderiam resultar em morte de pessoa, perdas materiais e contaminação do meio ambiente. Além disso, o uso bem sucedido de códigos e normas pode resultar em uma produção mais uniforme, melhor controle de qualidade, maior rastreabilidade e possibilidade de correção de falhas em produtos e em um método de produção mais sistemático. Mais recentemente, a enorme ampliação das relações econômicas entre as nações, levando tanto a uma aumento da competição como a uma maior necessidade de cooperação e padronização entre empresas de diferentes países, a maior ênfase nas necessidades dos clientes e a maior demanda para a conservação de recursos e proteção do meio ambiente tornaram o uso de normas técnicas e o desenvolvimento de sistemas de garantia da qualidade (e do meio ambiente) fundamentais para empresas que anteriormente não se preocupavam com estes aspectos.

Uma das características mais importantes de um código é a sua autoridade. Isto é, um código precisa ter um grau de autoridade suficiente para garantir que as suas exigências sejam seguidas por seus usuários. Esta autoridade é assegurada geralmente por organizações reguladoras internacionais, governamentais, industriais ou de consumidores, às quais é dado o poder de policiar as atividades daqueles que falham em seguir as suas regulamentações. Algumas vezes, a autoridade associada a um código pode resultar em punições tais como a exclusão do mercado de um fabricante que não observou os requerimentos do código. Em alguns casos, grupos de proteção consumidor podem exercer eficientemente este tipo de autoridade.

Uma outra característica importante é a “interpretabilidade” do código. Para ser de algum uso, tanto para o fabricante como para o comprador ou usuário, o código deve ser escrito em uma terminologia clara, concisa e não ambígua. Este aspecto é extremamente importante quando a obediência de um dado código se torna um assunto legal.

Um código deve também ser prático. Isto significa que o seu usuário deve conseguir atender às suas exigências e ainda produzir, com lucro, um dado produto que seja útil ao usuário. Esta “praticabilidade” não é sempre fácil de ser conseguida. Ela requer discussões entre especialistas de todas as atividades envolvidas com um dado produto ou serviço específico e, também, requer experiência. A decisão de quanto controle é necessário é muito delicada e deve ser cuidadosamente avaliada para se evitar o problema muito comum da obediência ao código se tornar o maior obstáculo a uma produção eficiente e lucrativa. Por outro lado, em muitos casos, a correta adoção de códigos e de um sistema de garantia da qualidade em uma empresa é uma forma de se obter importantes ganhos de produtividade e de eficiência e de se reduzir custos.

Para que o problema anterior seja evitado, muitos códigos são escritos por comitês constituídos por grupos reguladores governamentais, produtores e representantes de consumidores. Da experiência acumulada deste grupo, espera-se que o código resultante seja justo e adequado para todos os interessados. A existência de dispositivos que possibilitem a eventual alteração do código, quando isto for necessário, é também importante. Isto pode ocorrer quando a experiência acumulada ou o desenvolvimento de novas técnicas de fabricação, inspeção ou controle indicarem que a alteração, substituição ou abandono de alguns requerimentos, ou a adoção de novos, sejam necessários.

No caso específico das operações de soldagem, a realização de soldas inadequadas durante a fabricação de certos tipos de estruturas ou equipamentos, tais como navios, pontes, oleodutos, componentes automotivos e vasos de pressão, pode resultar em sérios acidentes com perdas materiais e, eventualmente, humanas e danos ao meio ambiente. Para minimizar a chance destas ocorrências e garantir uma maior uniformidade, controle e rastreabilidade do processo, as operações de soldagem para diversas aplicações e diversos outros aspectos ligados à soldagem são regulados por diferentes códigos e especificações. Como exemplo de códigos e especificações importantes ligados à soldagem pode-se citar:

- ASME Boiler and Pressure Vessel Code (vasos de pressão),
- API STD 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities (tubulações e dutos na área de petróleo),
- AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel (estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga),
- AWS D1.2, Structural Welding Code - Aluminum
- DNV, Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures (estruturas marítimas de aço),
- Especificações diferentes de associações como a International Organization for Standardization (ISO), American Welding Society (AWS), British Standard Society (BS), Deustches Institute fur Normung (DIN), Association Francaise de Normalisation (NF), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), etc.

Estes códigos e especificações podem cobrir as mais diferentes etapas de soldagem incluindo, por exemplo, a especificação de material (metal de base e consumíveis), projeto e preparação da junta, fabricação de estruturas e equipamentos, qualificações de procedimento e de operador, procedimentos de inspeção e avaliação de descontinuidades.

Para diversas aplicações, as normas relevantes exigem que, antes da execução da soldagem de produção, os procedimentos que serão adotados para a sua execução sejam especificados e testados (qualificados). Este processo visa demonstrar que, através do procedimento proposto, soldas adequadas, de acordo com os requisitos colocados pela norma ou estabelecidos em contrato, possam ser obtidas. Além disto, ele permite uniformizar e manter registro das condições especificadas de soldagem para controle do processo e eventual determinação de causas de falha. A **Especificação de Procedimento de Soldagem** (EPS) é um documento no qual os valores permitidos de diversas variáveis do processo estão registrados para serem adotados, pelo soldador ou operador de soldagem, durante a fabricação de uma dada junta soldada. Em geral, os códigos separam as diferentes variáveis do processo em variáveis de qualificação (ou essenciais), cuja alteração além de limites determinados pela norma implica na necessidade de uma nova qualificação do procedimento, e em variáveis “não-essenciais”,

que podem ser alteradas sem a necessidade de uma nova qualificação. Na soldagem a arco, variáveis do procedimento que podem fazer parte de uma EPS incluem, por exemplo, a composição, classe e espessura do(s) metal(is) base, processo(s) de soldagem, tipos de consumíveis e suas características, projeto da junta, posição de soldagem, temperatura de pré-aquecimento e entre passes, corrente, tensão e velocidade de soldagem, aporte térmico, número aproximado de passes, técnica operatória e características do tratamento térmico após a soldagem (quando usado). Naturalmente, a forma exata de uma dada Especificação de Procedimento de Soldagem e as variáveis por ela consideradas dependem do processo de soldagem (ou brasagem) usado e da norma técnica que está sendo aplicada. A figura 1 mostra um exemplo de formulário para uma EPS.

Para que possa ser utilizada na produção, uma EPS deve ser antes qualificada. Para isto, amostras adequadas devem ser preparadas e soldadas de acordo com a EPS. Corpos de prova devem ser retirados de regiões predeterminadas destas amostras e testados ou examinados, os resultados destes devem ser avaliados e, com base nos requerimentos estabelecidos pela norma, projeto ou contrato, o procedimento deve ser aprovado ou rejeitado (neste caso podendo ser convenientemente modificado e testado novamente).

Os testes que serão realizados na qualificação de uma EPS, assim como o seu número, dimensões e posição no corpo de prova, dependem da aplicação, da norma considerada e de eventuais exigências de contrato (figura 2). Como testes, que podem ser requeridos, pode-se citar:

- Ensaio de dobramento,
- Ensaio de tração,
- Ensaio de impacto (ou outro ensaio para determinação de tenacidade),
- Ensaio de dureza,
- Macrografia,
- Ensaio não destrutivo (por exemplo, radiografia), e
- Testes de corrosão.

Os resultados dos testes devem ser colocados em um **Registro de Qualificação de Procedimento** (RQP) o qual deve ser referido pela EPS, servindo como um atestado de sua adequação aos critérios de aceitação estabelecidos. Enquanto os originais da EPS e RQP devem permanecer guardados, cópias da EPS já qualificada devem ser encaminhadas para o setor de produção e colocadas próximas das juntas que serão fabricadas de acordo com a EPS. Durante a fabricação, os valores indicados na EPS deverão ser seguidos. Inspeções periódicas são realizadas para verificar que o mesmo está ocorrendo.

Dependendo do serviço a ser executado, um grande número de juntas soldadas pode vir a exigir qualificação. Nestas condições, o processo de qualificação poderá ter um custo relativamente elevado e demandar um longo tempo para a sua execução. Assim, a utilização, quando possível, de procedimentos de soldagem previamente qualificados, juntamente com a facilidade de acessar estes procedimentos (em um banco de dados) e selecioná-los de acordo com os critérios dos códigos que estão sendo usados, é uma importante estratégia para manter a própria competitividade da empresa. Existem disponíveis atualmente programas de computador específicos para o armazenamento e seleção de procedimento de soldagem.

Para diversas aplicações, o soldador (ou operador) precisa demonstrar, antes de poder realizar um dado tipo de soldagem na produção, que possui a habilidade necessária para executar aquele serviço, isto é, ele precisa ser qualificado de acordo com os requisitos de um dado código. Para isto, ele deverá soldar corpos de prova específicos, sob condições preestabelecidas e baseadas em uma EPS qualificada ou em dados de produção. Estes corpos de prova serão examinados para se determinar sua integridade e, desta forma, a habilidade de quem o soldou. Como é impossível avaliar o soldador em todas as situações possíveis de serem encontradas na produção, o exame de qualificação geralmente engloba uma determinada condição de soldagem e não uma situação específica (tal como a qualificação para a soldagem em uma determinada posição com um dado processo). Segundo o código ASME, as variáveis que determinam a qualificação de um soldador são:

- Processo de soldagem,
- Tipo de junta,
- Posição de soldagem,
- Tipo de eletrodo,
- Espessura da junta, e
- Situação da raiz.

Ensaios comumente usados na qualificação de soldador (ou operador) incluem, por exemplo, a inspeção visual da junta, ensaio de dobramento, macrografia, radiografia e ensaios práticos de fratura. Os resultados dos testes de qualificação são colocados em um documento chamado **Registro de Teste de Qualificação de Soldador**, figura 3.

Como no caso de procedimentos de soldagem, a manutenção de uma equipe de soldadores devidamente qualificada para os tipos de serviços que a empresa realiza, é um importante fator para manter a competitividade desta. Portanto, o desenvolvimento de programas para o treinamento e aperfeiçoamento constante da equipe de forma a atender as demandas dos diferentes códigos e clientes não deve relegado a um segundo plano de prioridades.

As qualificações de procedimento de soldagem e de soldador (ou operador) fazem parte do sistema de garantia da qualidade em soldagem. Este controle engloba diversas outras atividades apresentando uma maior ou menor complexidade em função de cada empresa, seus objetivos e clientes e do serviço particular. Em geral, três etapas podem ser consideradas:

1. **Controle antes da soldagem**, que abrange, por exemplo, a análise do projeto, credenciamento de fornecedores ou controle da recepção de material (metal de base e consumíveis), qualificação de procedimento e de soldadores, calibração e manutenção de equipamentos de soldagem e auxiliares.
2. **Controle durante a soldagem**, que inclui o controle dos materiais usados (ex.: controle da armazenagem e utilização de eletrodos básicos), da preparação, montagem e ponteamto das juntas e da execução da soldagem.
3. **Controle após soldagem**, que pode ser realizado através de inspeções não destrutivas e de ensaios destrutivos de componentes selecionados por amostragem ou de corpos de prova soldados juntamente com a peça.

## ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)

Nome da Companhia: .....

EPS N°: ..... Data: ...../...../..... RQP correspondente(s): .....

Processo(s) de soldagem: ..... Tipo: .....  
(manual, semi-, automático)

<b>JUNTAS:</b> Projeto da Junta: Cobre Junta (Sim/Não): Material (tipo): Outro:	<b>TRAT. TÉRMICO APÓS SOLDAGEM:</b> Faixa de Temperatura: Tempo de permanência: Outro:
<b>METAIS DE BASE:</b> Tipo: Análise química:  Faixa de espessura: Outro:	<b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS:</b> Corrente (CC/CA):      Polaridade: Faixa de corrente: Tensão: Outro:
<b>METAIS DE ADIÇÃO E FLUXOS:</b> Classif. AWS: Marca comercial: Dimensões: Outro:	<b>TÉCNICA:</b> Dimensão do bocal: Dist. Bico de contato-peça: Limpeza inicial ou entre passes (escovamento, esmerilhamento, ...): Cordão (reto/trançado): Oscilação:
<b>GÁS:</b> Gás(es) de proteção: Composição (misturas):  Vazão: Outro:	Método de goivagem: Número de passes (por lado):  Eletrodo (simples ou múltiplo):  Velocidade de soldagem (faixa): Posição:
<b>PRÉ-AQUECIMENTO:</b> Temperatura: Temp. entre passes: Outro:	Outro:

Figura 1 – Formulário para Especificação de Procedimento de Soldagem, baseado parcialmente no Código ASME, Seção IX. Este formulário é uma adaptação simplificada de uso apenas didático. (Ver na próxima página o verso do formulário)

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (verso)

DETALHES DA JUNTA:

Passe Nº	Processo	Metal de adição		Corrente		Faixa de Tensão (V)	Velocidade de Soldagem (mm/s)
		Classe	Diâmetro	Pol.	Faixa (A)		

Fig. 1 (Cont.) – Face oposta de uma EPS.

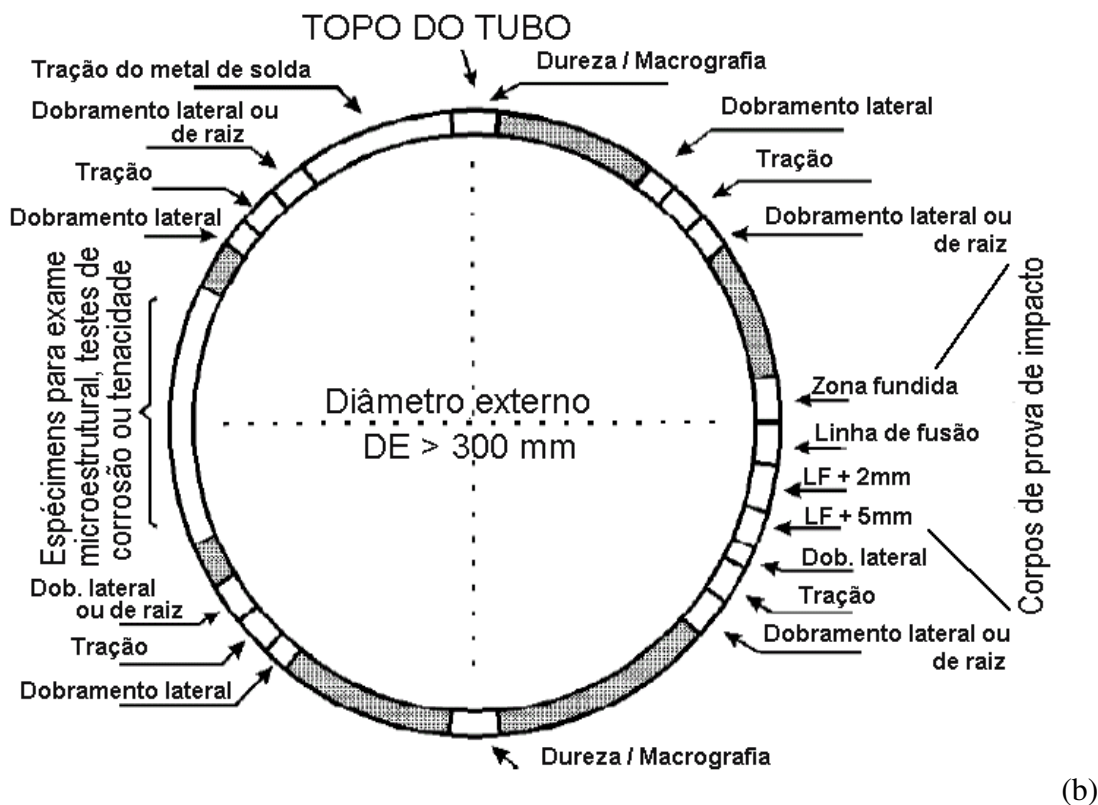
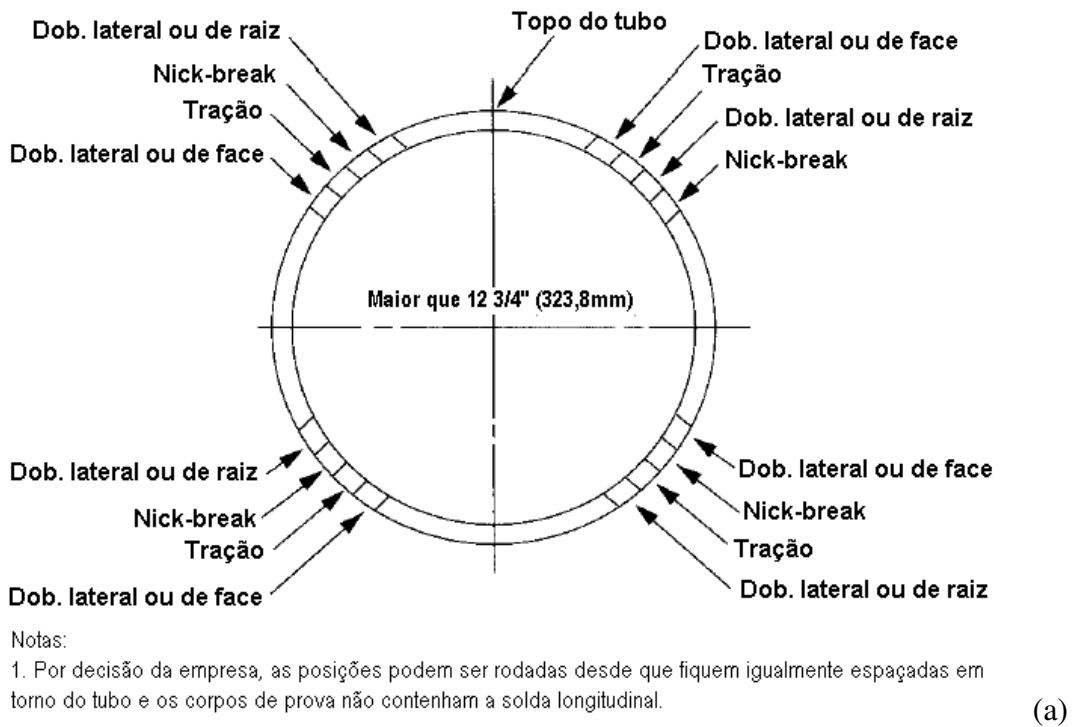


Fig. 2 – Exemplos de diagramas de retirada de corpos de prova para a qualificação de procedimentos de execução de soldas transversais em tubos. (a) Norma API 1104 (Welding of Pipelines and Related Facilities). (b) Norma DNV-OS-F101 (Submarine Pipeline Systems).



Registro de Teste de Qualificação de Soldador (Operador de Soldagem)

Nome: ..... Identificação: .....

Processo de soldagem: ..... Tipo: .....  
(manual, semi-auto., mecanizado)

Posição: ..... (plana, horizontal, vertical up ou down, sobre-cabeça)

De acordo com EPS N°: .....

Tipo de material: .....

Diâmetro e espessura (tubo) ou espessura da junta: .....

Faixa de espessuras qualificada: .....

**METAL DE ADIÇÃO**

Especificação: ..... Classificação: ..... F n°: .....

Descrição (se não for coberto por norma): .....

.....

Nome(s) comercial(is): .....

Cobre-Junta (Sim/Não): .....

**Resultado de Teste de Dobramento Guiado**

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado

Laboratório: ..... Teste n°: .....

Responsável: .....

**Resultados de Teste de Solda de Filete**

Aparência: ..... Tamanho do filete: .....

Macrografia: .....

Laboratório: ..... Teste n°: .....

Responsável: .....

**Resultados de Teste Radiográfico**

Filme Ident.	Resultados	Observações	Filme Ident.	Resultados	Observações

Teste acompanhado por: ..... Teste n°: .....

Fabricante ou contratante: .....

Autorizado por: ..... em: ...../...../.....

Figura 3 – Exemplo (simplificado) de um formulário para qualificação de soldador.