

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
LRSS – Laboratório de Robótica, Simulação e Soldagem
Curso de Especialização em Soldagem

José Pracídio Andrade

**ELABORAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DA EPS E SOLDADORES PARA
SOLDAGEM DE TUBULAÇÃO DE DESPOEIRAMENTO COM USI SAC 350**

Belo Horizonte

2024

José Pracídio Andrade

**ELABORAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DA EPS E SOLDADORES PARA
SOLDAGEM DE TUBULAÇÃO DE DESPOEIRAMENTO COM USI SAC 350**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Soldagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Soldagem.

Orientador: Prof. Reginaldo Matias Nunes

Coorientador: Prof. Paulo José Modenesi

Belo Horizonte

2024

A554e Andrade, José Pracídio.
Elaboração e qualificação da EPS e soldadores para soldagem de tubulação de despoejamento com USI SAC 350 [recurso eletrônico] / José Pracídio Andrade. – 2024.
1 recurso online (76 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Reginaldo Matias Nunes.

Coorientador: Paulo José Modenesi.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Soldagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para a obtenção do título de Especialista em Soldagem.

Anexo: f. 63-75.

Bibliografia: f. 76.
Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Soldagem. 2. Mineração. 3. Chapas de aço. 4. Caldeiras.
I. Nunes, Reginaldo Matias. II. Modenesi, Paulo José.
III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.
IV. Título.

CDU: 621.791



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica
Programa de Pós-Graduação
Curso de Especialização em Soldagem



ATA 12ª/2024 DA DEFESA DE MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

No dia 19 de outubro de 2024, às 15:00h, a Comissão Examinadora se reuniu remotamente para avaliar o trabalho:

Título: *Elaboração e Qualificação da EPS e Soldadores para Soldagem de Tubulação de Despoeiramento com USI SAC 350*

Aluno: JOSÉ PRACÍDIO ANDRADE – Matrícula: 2022687226,

Local: Remotamente via plataforma "TEAMS".

Parecer:

A Comissão Examinadora, após a apresentação pelo (a) candidato (a) durante 20 minutos e após ter argüido o(a) candidato(a) por 40 minutos, é de parecer favorável _____ à aprovação do trabalho de monografia com a nota final de 70 pontos e com _____ (com ou sem) sugestões de modificação.

Sugere-se o prazo de 30 dias para efetuar-se as modificações sugeridas com revisão final acompanhada e homologada pelo orientador Prof. Dr. Ariel Rodriguez Arias.

Assinaturas:



Assinado de forma digital por
Reginaldo M. Nunes
Dados: 2024.11.04 07:58:45 -03'00'

Prof. Reginaldo Matias Nunes
Esp./UFMG – Orientador


Documento assinado digitalmente

CLAUDIO TURANEVAZ
Data: 04/11/2024 20:15:11 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Cláudio Turani Vaz
CEFET/MG - Avaliador

Documento assinado digitalmente

PAULO JOSE MODENESI
Data: 05/11/2024 08:49:41 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Jose Modenesi
UFMG - Avaliador

Documento assinado digitalmente

JOSE PRACIDIO ANDRADE
Data: 05/11/2024 14:57:54 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Aluno: José Pracídio Andrade

AGRADECIMENTOS

Existem pessoas que apenas agradecer é pouco, já que sua importância é vital para mim, pois somente estas sabem dos momentos pelos quais passei durante essa trajetória. A estas pessoas devo minha eterna gratidão, pelo apoio, compreensão e dedicação. Se hoje cheguei até aqui e sou o que sou, devo isso a vocês.

Agradeço primeiramente a DEUS pela sabedoria e discernimento, a esta força maior que me guia, a quem me sinto no dever de agradecer quando acontece algo de prazeroso e a quem suplico ajuda quando não tenho mais vontade de persistir; a minha mãe MARIA AUXILIADORA e ao meu pai JOSÉ ASSIS, que me deu a vida, ensinando-me a vivê-la com dignidade e responsabilidade; a meus irmãos MARIA JOSÉ e JOSÉ MARIA, por sempre estarem ao meu lado, me apoiando e me orientando com suas sabedorias, dividindo e se dedicando a me conduzir no amor familiar recíproco e verdadeiro;

À minha amada esposa VANESSA TATIANE e aos meus amados filhos SÁVIO ASSIS e DAVI ALVES, que faz meus dias serem extraordinariamente felizes e vitoriosos, que iluminam a minha vida, me fazendo o homem mais feliz e realizado do planeta... meus presentes de Deus.

À Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, pelo ensinamento didático e pela competência de todos os professores (mestres e doutores), meus caros colegas de turma, que muito contribuíram para meu crescimento intelectual e profissional. “Participar do curso e ter a oportunidade de aprender com esse corpo docente de altíssima sabedoria foi uma experiência incomparável”.

Agradeço ao Laboratório de Robótica, Soldagem e Simulação (LRSS) pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, agradeço também ao Sr. Rubens Corrêa (ETEMAN) e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui, “acreditando em mim, mesmo quando eu achei difícil acreditar em mim mesmo”.

*A todos,
Muito Obrigado!*

“Quando a gente muda, o mundo muda com a gente, a gente muda o mundo, na mudança da mente”

(Gabriel, O pensador)

RESUMO

Este trabalho descreve, estabelece e apresenta a metodologia de qualificação de procedimento de soldagem e soldadores, para atender a necessidade de soldagem pelo processo arame tubular (FCAW), de um sistema de despoejamento industrial, incluindo elementos de caldeiraria e tubulação, construída em aço USI SAC 350. Por meio da soldagem de chapas de teste com acompanhamento e inspeção, conforme padrões e procedimentos pré-estabelecidos, testes e ensaios em corpos de prova, foram realizadas as qualificações do procedimento e dos soldadores para a soldagem das juntas estabelecidas. Essas atividades foram desenvolvidas nas dependências da empresa ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA, que concedeu o direito de utilizar o espaço para as práticas de soldagem e inspeção, como forma de consolidação da fundamentação teórica aqui abordada. Para avaliação e análise dos resultados foram realizados ensaios não destrutivos por visual e ultrassom das chapas de teste, assim como ensaios mecânicos de tração e dobramento dos corpos de prova removidos das chapas de teste. Todos os ensaios apresentaram resultados satisfatórios, garantindo a qualificação do procedimento e dos soldadores conforme requerido.

Palavras-chave: Soldagem; despoejamento; interrupção; homogenia; heterogenia; especificação; qualificação; mineração; pátina; cor-tem; ensaios; processos.

ABSTRACT

This work describes, establishes and presents the methodology for qualification of welding procedure and welders, to meet the welding by flux cored process (FCAW), need of an industrial dedusting system, including boiler and piping elements, built in USI SAC 350 steel. Through the welding of test plates with monitoring and inspection, according to pre-established standards and procedures, tests and tests on specimens, the qualifications of the procedure and the welders for the welding of the established joints were carried out. These activities were developed on the premises of the company ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA, which granted the right to use the space for welding and inspection practices, as a way of consolidating the theoretical foundation addressed herein. For evaluation and analysis of the results, non-destructive tests by visual and ultrasound of the test plates were carried out, as well as mechanical tests of traction and bending of the test specimens removed from the thesis plates. All tests presented satisfactory results, ensuring the qualification of the procedure and the welders as required.

Keywords: Welding; dedusting; interruption; homogeneity; heterogeneity; specification; qualification; mining; patina; cor-tem; tests; processes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 –	Dados do Projeto	19
Tabela 02 –	Principais Fontes de Consulta	24
Tabela 03 –	Equipamentos e materiais de soldagem	22
Tabela 04 –	Características técnicas	27
Tabela 05 –	Composição química do aço USI SAC 350	27
Tabela 06 –	Especificações AWS de arames tubulares	33
Tabela 07 –	Variáveis de Soldagem	36
Tabela 08 –	Testes e Ensaios para Qualificação de Proc. de Soldagem	42
Tabela 09 –	QW-355-Variáveis Essenciais para QS	43
Tabela 10 –	QW-461.9-Limitação de Posições para QS	44
Tabela 11 –	Rel. de variáveis de sold. e ranges qual. Conf. ASME Sec. IX	53
Tabela 12 –	Posição de Soldagem Qualificação de Soldadores	54
Tabela 11 –	Rel. de variáveis de sold. e ranges qual. Conf. ASME Sec. IX	57
Tabela 14 –	Comparação entre Espec. e Resultados Obtidos	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 –	Máquina de Solda MTS-3500i	25
Figura 02 –	Máquina de Solda MTS-3500i – Controles e Indicadores	25
Figura 03 –	Cabeçote Alimentador MIG/MAG	26
Figura 04 –	Propriedades do Consumível OK Tubgrod 81W	29
Figura 05 –	Soldagem FCAW (Esquemática)	32
Figura 06 –	Seção transversal de um arame tubular	32
Figura 07 –	Figuras QW-463.1(a)	36
Figura 08 –	Figuras QW-462.3(a)	37
Figura 09 –	Figuras QW-462.1(a)	37
Figura 10 –	Croqui da chapa para Teste de Qualificação da EPS	39
Figura 11 –	Parâmetros de Soldagem	41
Figura 12 –	Técnica de Soldagem e Características Elétricas	42
Figura 13 –	Croqui da chapa para Teste de Qualificação de Soldadores	45
Figura 14 –	Registro Fotográfico dos Materiais e Equipamentos de Soldagem	47
Figura 15 –	Junta Preparada para Soldagem	48
Figura 16 –	Perfil da sec transv. da solda após a soldagem, seq. de passes	49
Figura 17 –	RAIS – Registro de Acompanhamento e Inspeção de Soldagem	50
Figura 18 –	Perfil da face da solda isenta de desc. (Ensaio Visual)	51
Figura 19 –	Resultados dos Ensaios de Tração e Dobramento	52
Figura 20 –	Posição de Soldagem Qualificação de Soldadores	54
Figura 21 –	Chapa de Teste de Qualificação de Soldadores	55
Figura 22 –	Soldagem da Chapa de Teste de Qualificação de Soldadores	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01 –	Certificado do Metal de Base	62
Anexo 02 –	Certificado dos Instrumentos	63
Anexo 03 –	Certificado dos Consumíveis de Soldagem	63
Anexo 04 –	Certificado dos Consumíveis de Soldagem	64
Anexo 05 –	Carta de Autorização	65
Anexo 06 –	Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem - Fl. 1/5	66
Anexo 07 –	Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem - Fl. 2/5	67
Anexo 08 –	Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem - Fl. 3/5	68
Anexo 09 –	Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem - Fl. 4/5	69
Anexo 10 –	Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem - Fl. 5/5	70
Anexo 11 –	Especificação do Procedimento de Soldagem – EPS - Fl. 1/2	71
Anexo 12 –	Especificação do Procedimento de Soldagem – EPS - Fl. 2/2	72
Anexo 13 –	Registro de Acomp. de Qualificação de Soldador - Fl. 1/1	73
Anexo 14 –	Certificado de Qualificação de Soldador - CQS - Fl. 1/1	74

LISTA DE ABREVIATURAS

Ed. – Edição
Ex. – Exemplo
P. Página
Rev. – Revisado
V. - Volume
Sec. – Seção

LISTA DE SIGLAS

PWHT – Post Weld Heat Treatment
ASME - The American Society of Mechanical Engineer
ASTM – American Society of Tests and Materials
END – Ensaio Não Destrutivo
US – Ultrassom
VS – Visual
EPS – Especificação de Procedimento de Soldagem
RQPS – Registro da Qualificação de Procedimentos de Soldagem
CQS – Certificado de Qualificação de Soldador
QS – Qualificação de Soldador
CT – Chapa de Teste
CP – Corpo de Prova
TR – Ensaio de Tração
DB – Ensaio de Dobramento
DBL – Dobramento Lateral
DBF – Dobramento de Face
DBR – Dobramento de Raiz
ZAT – Zona Afetada Termicamente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO.....	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
4. METODOLOGIA.....	25
4.1. Equipamentos de Soldagem.....	25
4.2. Materiais.....	28
4.3. Soldagem.....	31
4.3.1. Métodos de União dos Materiais.....	31
4.3.2. Processos de Soldagem por AT (FCAW – Flux Cored Arc Welding).....	32
4.3.2.1. Modos de Transferência.....	34
4.4. Plano de Teste para Qualificação da EPS.....	34
4.4.1. Preparação das Chapas de Teste.....	38
4.4.2. Parâmetros de Soldagem.....	40
4.4.3. Técnica de Soldagem e características elétricas.....	40
4.4.4. Inspeção após a soldagem:.....	41
4.5. Plano de Teste para Qualificação dos Soldadores.....	44
4.5.1. Preparação das Chapas de Teste.....	45
4.5.2. Parâmetros de Soldagem.....	46
4.5.3. Técnica de Soldagem e Características Elétricas.....	47
4.5.4. Inspeção Após Soldagem.....	47
4.5.5. Certificação do Soldador Qualificado e Controle de Desempenho.....	47
4.6. Qualificação da EPS.....	48
4.6.1. Preparação da Junta.....	49
4.6.1.1. Soldagem da Junta.....	49
4.6.1.2. Ensaio e Testes Realizados.....	52
4.6.1.3. Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem (RQPS).....	53
4.6.1.4. Emissão da Especificação do Procedimento de Soldagem (EPS).....	54
4.7. Qualificação do Soldador.....	54
4.7.1. Preparação da Chapa de Teste (CT).....	56
4.7.1.1. Soldagem da Junta.....	56
4.7.1.2. Ensaio e Testes Realizados.....	57
4.7.1.3. Emissão do Certificado de Qualificação do Soldador (CQS).....	58
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
6. CONCLUSÃO.....	62

7. ANEXOS.....	63
8. REFERÊNCIAS.....	76

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho de Conclusão de Curso (TCC), descreve, apresenta e estabelece os processos e requisitos para a realização da qualificação de uma especificação de procedimento de soldagem (EPS), bem como a qualificação de soldadores, para a execução da soldagem pelo processo arame tubular (FCAW), na construção e montagem de uma linha tubular de despoeiramento em área industrial.

Define-se como uma rede de despoeiramento, o sistema de tubulação destinado ao transporte de particulados de poeira e contaminantes do ar existentes em ambientes industriais (siderurgias, minerações, usinas, fábricas, unidades de processamento), onde tem como principais e essenciais aplicações, manter a qualidade do ar, garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores e atender as legislações e requisitos ambientais.

“A tubulação para despoeiramento é um sistema projetado para a captura, transporte e remoção de partículas de poeira e outros contaminantes do ar, com o objetivo de manter a qualidade do ar e garantir a segurança em ambientes industriais” (John D. Bessant, “Industrial Ventilation and air Pollution Control”, 2017).

Um sistema de despoeiramento compreende, mas não se limitando, os seguintes componentes e equipamentos:

- a) Coifas de captação: Responsáveis por realizar a captação das partículas exatamente quando são geradas (construídas por estruturas de aço, neste caso).
- b) Tubulações: Tem a função de transportar essas partículas recolhidas (poeiras) pelas coifas de captação até o sistema de filtragem (devem ser construídas de modo a evitar perdas de carga e acúmulo de materiais).
- c) Sistema de Filtragem: São filtros (manga, ciclone, precipitadores eletrostáticos), destinados a realizar a separação das partículas do fluxo de ar.
- d) Ventiladores: São através dos ventiladores que o ar é produzido e impulsionado pelos sistemas de tubulação para a realização do transporte das partículas.

e) Chaminés: Por esse dispositivo, ocorre o processo de exaustão que conduz o retorno do ar filtrado, limpo, ao ambiente não contendo mais as partículas.

O projeto de construção de sistemas de despoeiramento, deve levar em consideração as dimensões e layouts das tubulações, para garantir que não haja perdas de cargas, acúmulos de materiais, e que forneçam a vazão adequada, ofereça boas condições de manutenção, e atendam as normas e regulamentos de segurança e ambientais, assim como de qualidade. Em especial, os **materiais** nos quais são construídos, pois estes vão atender as necessidades das condições mecânicas e metalúrgicas, conforme necessidades do projeto, definindo a vida útil do projeto quando em operação, assim como também, oferecer **boa soldabilidade** para que seja viável e garanta o sucesso da construção.

Como exemplo das principais aplicações dos sistemas de despoeiramento, podemos citar: **Indústrias Metalúrgicas** (partículas que são geradas em função dos processos de fusão e moldagem de metais), **Fábricas de Cimento** (partículas e pós que são oriundos das matérias primas e processamento), **Indústrias Químicas** (partículas e contaminantes fluidos gerados durante processos), **Mineração** (como nas fabricas de cimento, oriundos do processamento da matéria prima).

Estes sistemas de despoeiramento são extremamente necessários para proteção da saúde, conformidade ambiental e segurança operacional, se tornando um processo fundamental no desenvolvimento produtivo sustentável.

A construção dos sistemas de despoeiramento, utilizam aços de baixa liga resistentes a corrosão, tendo como finalidade diversas solicitações e requisitos técnicos e operacionais como: resistência às pressões e tensões operacionais, segurança da instalação e operacional, e que ofereçam condições de serem soldados e construídos com versatilidade, e facilidade de manutenção, também sejam de acordo com as normas e regulamentações inerentes.

Soldagem é o processo de união de materiais baseado no estabelecimento, na região de contato entre as partes, de forças de ligação química de natureza similar à existente no interior das próprias partes.

É de extrema importância que os aços de baixa liga, sejam cuidadosamente soldados, devido à sua composição química e propriedades mecânicas que devem ser preservadas e/ou melhoradas nas regiões onde existirem uniões. Por isso, oferecem desafios e considerações especiais para garantir a qualidade e integridade estrutural das juntas soldadas.

A soldagem desses aços, deve ser realizada com muito controle, do calor, escolha dos consumíveis, da técnica de soldagem, tratamentos térmicos pós-soldagem (PWHT) em algumas aplicações, bem como encontra suas ameaças como sensibilidade ao hidrogênio, microestrutura (formação de martensita na ZAC).

“A escolha da técnica de soldagem deve levar em consideração a espessura do material, a acessibilidade da junta e a necessidade do controle preciso do calor” (David J. Blunt, “Welding Metallurgy of Structural Steels”, 2018).

Nos próximos tópicos, estes temas serão novamente abordados com maior nível de profundidade, bem explicitados e esclarecidos.

Os materiais utilizados nas fabricações estruturais e de equipamentos possuem características e propriedades mecânicas conhecidas, e por meio do conhecimento dessas propriedades é feito o projeto. Nas regiões onde dois ou mais desses materiais são unidos por meio de soldagem existe a inclusão de um terceiro elemento (metal de solda), que deve possuir as mínimas condições encontradas nos materiais de base adjacentes a esta. Mas para garantir que estas propriedades estejam mantidas na junta soldada é necessário que haja um experimento, por meio de testes com análise e certificação dos resultados.

Quando se trata de fabricação industrial, a soldagem é entendida pelas normas e sistemas de gestão de garantia da qualidade como um processo especial, que está diretamente ligado aos aspectos e impactos que podem colocar em risco a segurança operacional, vida útil do equipamento ou produto da fabricação soldada, que acarreta prejuízos incalculáveis para as organizações. Falhas nas soldas quando ocorrem, a depender das dimensões podem causar catástrofes imensuráveis.

A qualificação do procedimento de soldagem é o método através do qual um procedimento é provado adequado para produzir juntas soldadas com propriedades mecânicas satisfatórias, comportamentos que podem ser esperados, características adequadas e conhecidas, que possam atender e satisfazer aos projetos com conformidades.

A qualificação é realizada por meio da soldagem de amostras (peças de teste), de acordo com um procedimento preliminar, embasado em uma norma de projeto e construção, seguindo todos os parâmetros e requisitos aplicáveis.

Após os ensaios (destrutivos e não destrutivos) realizados e aprovados, é elaborado um registro da qualificação do procedimento de soldagem (RQPS), que ordena e agrupa todos resultados obtidos dos parâmetros e requisitos medidos e verificados, que darão suporte à especificação do procedimento de soldagem (EPS). Um RQPS pode servir como base para elaboração de uma ou mais EPS's.

Este documento, a EPS, deve ser disponibilizado no local onde serão realizadas as fabricações soldadas para que todos tenham acesso e possam obter o conhecimento, usar os parâmetros para tornar a atividade assertiva e conforme.

Os soldadores que executam soldas conforme padrões pré-estabelecidos por projetos e normas específicas, com nível de qualidade exigido, devem ser submetidos a exames de capacitação técnica e prática, por meio de testes de qualificação.

O teste de qualificação dos soldadores, consiste na realização da soldagem pelo soldador de um cupom de teste devidamente dimensionado, conforme especificado pelas normas e códigos. A soldagem é acompanhada por profissional qualificado, que testará a habilidade do soldador na execução e desenvolvimento da soldagem, utilizando os parâmetros de uma EPS qualificada, ou seja, para se qualificar um soldador, devemos já ter uma EPS qualificada. Nos casos em que o soldador que executa a soldagem do teste de qualificação do procedimento não seja qualificado, este se qualifica juntamente com a qualificação, quando esta é aprovada em todos os testes, e o soldador também é aprovado nos testes inerentes à sua qualificação.

Para a soldagem das juntas de fabricação das tubulações de despoejamento será aplicado tanto para a qualificação do procedimento de soldagem, quanto para a qualificação dos soldadores, a norma/código ASME IX – Ed. 2015.

A manutenção da continuidade das propriedades mecânicas e metalúrgicas das juntas soldadas deste projeto, dependem diretamente da metodologia, processos, procedimentos e técnicas de soldagem, assegurando atendimento a vida útil do projeto, confiabilidade, integridade estrutural e segurança operacional. Sendo assim, é justificável que se tenham procedimentos e soldadores devidamente qualificados.

Este trabalho foi realizado por meio de pesquisas científicas e análise de dados, visando estabelecer um cenário que representa a qualificação de um procedimento para a soldagem, conforme norma/código ASME Sec. IX – Ed. 2015, de uma tubulação do sistema de despoejamento industrial, fabricado em aço especificado como USI SAC 350.

A ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA. me concedeu o direito de utilizar as informações de sua propriedade, para embasamento da fundamentação teórica e comprovação dos testes e ensaios realizados (ver Anexo 5).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é pesquisar, agrupar e organizar informações, através do estudo e da análise da pesquisa científica, adquirir conhecimento e realizar na empresa ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA., a qualificação da EPS e soldador para a construção e montagem da tubulação do sistema de despoeiramento, com as características apresentadas na tabela 1:

Equipamento	SISTEMA DE DESPOEIRAMENTO INDUSTRIAL
Especificação do Material	USI SAC 350
Espessura do Metal de Base	6,35 mm
Diâmetro	2.133,6 mm (84")

Tabela 01 – Dados do Projeto

Para a realização da soldagem, utilizando-se os equipamentos e materiais disponibilizados, foram realizadas pesquisas, análises das variáveis de soldagem, dos conceitos e diretrizes, e todo o conteúdo necessário, obtido pela consulta aos documentos da Tabela 02, garantindo conformidade aos processos e projeto.

Através das demonstrações realizadas nesta prática de soldagem, pelas definições estabelecidas e qualificadas nesta empresa “modelo”, será possível fomentar o conhecimento do público da área de soldagem.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Terminologia da Soldagem

Os termos e definições a seguir são citados no texto e estão de acordo com a Tabela 02, para melhor entendimento deste trabalho e para esta aplicação específica.

- 3.1.1. Ângulo do bisel: Ângulo da borda preparada do componente em relação à linha perpendicular à superfície do componente.
- 3.1.2. Ângulo do chanfro: Ângulo integral entre os componentes devidamente ajustados em relação a seção transversal da junta a ser soldada.
- 3.1.3. Abertura de raiz: Distância mínima que separa os componentes a serem unidos por soldagem ou processos afins.

- 3.1.4.** A-Number: Segundo a norma ASME Sec. IX, esta é uma classificação que se refere à composição química do metal depositado, considerando elementos específicos que afetam diretamente as propriedades mecânicas e a resistência à corrosão das soldas.
- 3.1.5.** Bisel: Borda devidamente preparada do componente a ser soldado ou brasado.
- 3.1.6.** Chanfro: Abertura ou suco na superfície de uma peça ou entre dois componentes que determinam o espaço para conter a solda.
- 3.1.7.** Consumível de Soldagem: Metal de adição que se aplica para a soldagem de uma junta.
- 3.1.8.** Equipamento: Produto da fabricação soldada ou brasada.
- 3.1.9.** Equipamento de Soldagem: Todo o equipamento utilizado em função da realização da soldagem.
- 3.1.10.** Especificação do Procedimento de Soldagem: Documento emitido com a finalidade de estabelecer os parâmetros técnicos em suas abrangências e tolerâncias para controlar e avaliar a soldagem.
- 3.1.11.** Ensaio: São testes realizados em materiais ou componentes para avaliar suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, utilizados para atestar a qualidade o atendimento as especificações técnicas e requisitos exigidos.
- 3.1.12.** Ensaio Destrutivo: Ensaio realizado que causam alteração na estrutura dos componentes ensaiados ou amostras destes, podendo torná-los inutilizáveis após o ensaio, como por exemplo Tração, dobramento, dureza.
- 3.1.13.** Ensaio Não Destrutivo (END's): Ensaio realizado que não causam alteração na estrutura dos componentes, não tornando-os inutilizáveis, como por exemplo Visual, Líquidos Penetrantes, Partículas Magnéticas, Ultrassom.
- 3.1.14.** Fonte de Soldagem: Equipamento utilizado para fornecer as correntes e tensões para a realização da soldagem.
- 3.1.15.** F-Number: É uma classificação segundo a norma ASME Sec. IX, que agrupa os consumíveis de soldagem de acordo com as características de desempenho e manuseio similares (número F).
- 3.1.16.** Inspeção: É o processo que por meio de uma metodologia, ensaios, técnica e/ou instrumentos e equipamentos, tem por objetivo examinar se a conformidade dos materiais, processos, produtos ou equipamentos, atendem aos padrões e requisitos mínimos exigidos e especificados.
- 3.1.17.** Metal de Base: É todo aquele material que será cortado, soldado ou brasado.
- 3.1.18.** Metal de Adição: Todo o material utilizado na deposição ou proteção da solda.
- 3.1.19.** Metal fundido: É todo metal de adição que foi fundido durante a soldagem.
- 3.1.20.** Metal de Solda: Metal de solda depositado, fundido e que após solidificado constitui

a união da junta soldada.

- 3.1.21.** Processo de Soldagem: Método utilizado para união de materiais por meio de solda.
- 3.1.22.** Procedimento de Soldagem: Documento emitido pela executante dos serviços, descrevendo detalhadamente todos os parâmetros e as condições da operação de soldagem para uma aplicação específica para garantir a repetibilidade.
- 3.1.23.** Qualificação do Procedimento de Soldagem: Demonstração pela qual soldas executadas por um procedimento específico podem atingir os requisitos preestabelecidos.
- 3.1.24.** Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem: Documento emitido pela executante dos serviços, que fornece as variáveis reais de soldagem usadas para produzir uma chapa ou tubo de teste aceitável, onde também estão incluídos os resultados dos testes realizados na junta soldada para qualificar uma especificação de procedimento de soldagem.
- 3.1.25.** Raiz da Junta: Parte da junta onde os membros estão o mais próximos possível em seção transversal.
- 3.1.26.** Raiz da Solda: Parte da junta soldada referente a raiz da junta.
- 3.1.27.** Solda: União localizada de metais ou não-metais, produzida pelo aquecimento dos materiais a temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão, ou pela aplicação de pressão apenas, e com ou sem a utilização de metal de adição.
- 3.1.28.** Soldagem: É o processo realizado que dá origem a uma solda.
- 3.1.29.** Soldagem a arco: Processo de soldagem que utiliza o arco elétrico para a fusão dos materiais.
- 3.1.30.** Soldabilidade: É a capacidade de um material ser soldado, sob condições de fabricação obrigatórias a uma estrutura específica adequadamente projetada, e de se apresentar desempenho satisfatório em serviço.
- 3.1.31.** Soldador: Profissional qualificado que executa soldas conforme padrões pré-estabelecidos e procedimentos qualificados.
- 3.1.32.** Temperatura de Pré-aquecimento: O pré-aquecimento pode ser definido como a aplicação de calor ao metal de base ou substrato antes de soldar, esse, diminui a velocidade de resfriamento da solda e impede, desse modo, a trinca a frio nas soldas.
- 3.1.33.** Temperatura de Interpasse: Em soldas multipasses, é a temperatura mínima ou máxima do metal de solda, antes do início do passe seguinte.
- 3.1.34.** Variável Essencial: São variáveis que afetam significativamente as propriedades mecânicas da junta soldada. Estas variáveis não devem ser alteradas e quando possuírem faixas de qualificação, estas devem se manter dentro dos limites mínimos e máximos especificados. Variáveis essenciais modificadas além da faixa requerem

uma nova qualificação do procedimento de soldagem.

3.1.35. Zona fundida: Região da junta soldada que sofreu fusão durante a soldagem.

3.1.36. Zona de Fusão: Região do metal de base que sofre fusão durante a soldagem.

3.1.37. Zona de Ligação: Região da junta soldada que envolve a zona fundida.

3.1.38. ZTA: Zona Termicamente Afetada é aquela região entre a linha de fusão e o metal de base que não foi fundida durante a soldagem, mas teve as suas características mecânicas e metalúrgicas modificadas, devido a geração de calor.

Principais documentos consultados	Cód. ASME Sec. IX – Ed. 2015
	SOLDAGEM – Fundamentos e Tecnologia 4ª Edição (Paulo Villani Marques, Paulo José Modenesi, Alexandre Queiroz Bracarense)
	Soldagem I – Introdução aos Processos de Soldagem Prof. Paulo José Modenesi Prof. Paulo Villani Marques
	Terminologia Usual de Soldagem Prof. Paulo José Modenesi
	Introdução a Metalurgia da Soldagem Paulo José Modenesi Paulo Villani Marques Dagoberto B. Santos
	Welding Handbook – Welding Science and Technology Cynthia L. Jenney Annette O' Brien

Tabela 02 – Principais fontes de consulta

Foi necessário a qualificação do procedimento de soldagem e de soldador, para que o projeto de soldagem da tubulação de despoejamento fosse realizado pela empresa ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA. conforme o código ASME Sec. IX – Ed. 2015.

Para que essa experiência se tornasse possível, foi realizado um estudo aprofundado no código normativo, livros e apostilas, e os materiais que forneceram as informações necessárias e pertinentes ao tema, como catálogos de fabricantes de produtos (ver Tabela 02). A norma ASME Sec. IX – Ed. 2015, trata dos padrões e requisitos para qualificações de soldagem, brasagem e processos por fusão, bem como soldadores, brasadores e operadores de processo por fusão.

Esta norma está dividida em 4 partes:

- **Parte QG: Requisitos gerais;**
- **Parte QW: Requisitos para Soldagem;**
- Parte QB: Requisitos para Brasagem;
- Parte QF: Requisitos para Fusões Plásticas;

Para os propósitos a que se aplicam este trabalho, somente o estudo das partes QG e QW foram necessárias. A parte QG foi aplicável sempre que necessário para o esclarecimento de termos, definições ou quando os textos em QW nos transferiu para completação da interpretação do item, porém o procedimento foi desenvolvido de acordo com a parte QW, que estabeleceu os requisitos referentes ao tema objeto deste trabalho (soldagem).

A parte QW, foi aplicada às preparações para especificação de procedimentos de soldagem (EPS), qualificações de procedimentos de soldagem, soldadores e operadores de soldagem, para processos manuais, semiautomáticos e mecanizados. Esta parte foi subdividida em artigos e parágrafos, e os parágrafos por vezes subdivididos em tópicos (itens).

Os seguintes artigos estão na Parte QW:

- Artigo I: Requisitos Gerais de Soldagem
- Artigo II: Qualificação de Procedimento de Soldagem
- Artigo III: Qualificação de Soldadores e Operadores de Soldagem
- Artigo IV: Dados de Soldagem
- Artigo V: Padrões pré-estabelecidos de Especificação de Procedimentos de Soldagem (EPS's)

Uma vez, explicada a estrutura da norma na qual foi realizado o trabalho, houve a necessidade de elaborar um plano para a qualificação de uma EPS, e para realizar a qualificação de soldadores, pois, todas as etapas deveriam ser avaliadas, e seguidas de acordo com os requisitos solicitados.

4. METODOLOGIA

Este capítulo detalha os procedimentos e métodos empregados na realização deste trabalho, abordando desde a coleta de dados até a análise dos resultados. Estruturado em etapas, sendo cada uma delas cuidadosamente pensada e elaborada para a compreensão dos fenômenos estudados.

A Tabela 03 apresenta um resumo dos principais dados dos equipamentos e materiais que foram utilizados na soldagem das chapas de teste e que também são de aplicação na linha de produção de fabricação, construção e montagem.

Equipamento	Fonte de Soldagem: EC MTS 3500i
	Cabeçote Alimentador: Arc Weld 400S
Consumível de Soldagem:	SFA 5.36 / E 81T1-C1A2-W2 (ESAB – OK TUBROD 81W)
Diâmetro do Consumível:	1,2 mm
Gás de Proteção:	CO ₂ (100%)

Tabela 03 – Equipamentos e materiais de soldagem

4.1. Equipamentos de Soldagem

4.1.1. Máquina de Soldagem MTS-3500i Eutectic Castolin

Este equipamento de soldagem é projetado para ambientes internos (protegidos) bem como também para ambientes externos, possuindo um indicativo de grau de proteção da classe IP 23, resistente a variações de tensão de alimentação, sendo desta forma entendido como um equipamento robusto, de ótimo desempenho.

Neste caso foi dito sobre a soldagem pelo processo com arame tubular (FCAW), mas o equipamento também é indicado para a soldagem de outros processos como soldagem a arco com eletrodos revestidos (SMAW), MIG/MAG (GMAW) e TIG (GTAW), conforme ilustrado pela Figura 01 e Figura 02.

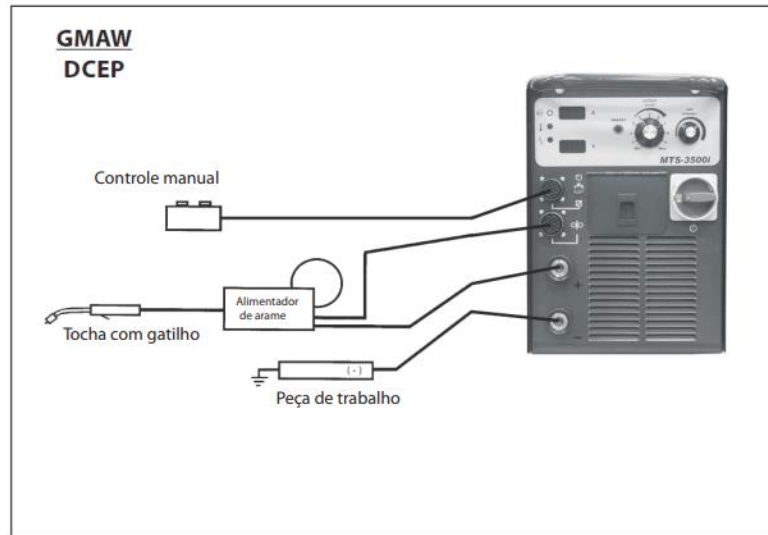


Figura 01 – Máquina de Solda MTS-3500i - Fonte: Manual Eutectic Castolin

Na utilização dos equipamentos de soldagem é necessário verificar se o valor medido na saída da tensão e corrente para o arco de soldagem é o mesmo que aquele que a máquina de soldagem está sinalizando na saída por meio de seus indicadores e reguladores, e o desvio deverá ser registrado. Caso os desvios encontrados estejam fora da faixa especificada, o equipamento deve ser verificado, para identificar se possíveis falhas que afetam o seu desempenho são passíveis de manutenção e conserto.

Para uso, os equipamentos devem se apresentar em boas condições, não havendo partes energizadas expostas e com falhas nas proteções, como cabos, conectores, adaptadores, pontos de saídas e conexões com as tochas e porta eletrodos (se for o caso), para evitar acidentes como choques elétricos.

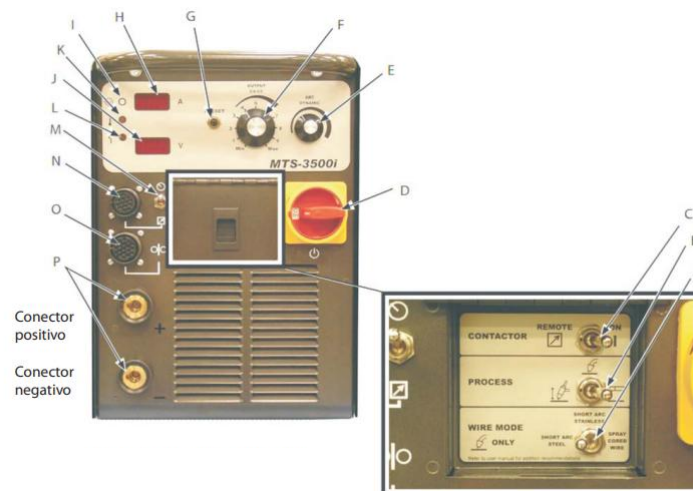


Figura 02 – Máquina de Soldagem MTS-3500i – Controles e Indicadores - Fonte: Manual Eutectic Castolin

4.1.2. Cabeçote Alimentador MIG/MAG Arc Weld 400S

O cabeçote ArcWeld 400S (ver Figura 03), foi projetado para alimentar arame de aço carbono, alumínio, aço inoxidável e arames tubulares desde 0,8 até 3,2 mm. As roldanas em suas versões padrão permitem alimentar arames de diâmetro 1,0 / 1,2 mm. Como opcionais são disponíveis outras roldanas para diversas bitolas de arames de aço carbono, alumínio e arames tubulares. A conexão da tocha é do tipo engate rápido, modelo euro-conector. Os cabeçotes ArcWeld apresentam os seguintes recursos de comando: Controle da velocidade do arame, Controle da tensão da fonte de alimentação, Voltímetro/Amperímetro digital: para visualização dos parâmetros de soldagem, Chave de Avanço Manual: quando pressionado permite alimentar o arame sem que haja tensão na tocha, Chave 2T/4T: permite selecionar o modo de comando do gatilho da tocha de soldagem. No modo 2T a soldagem é mantida contínua mantendo-se pressionado o gatilho. No modo 4T a soldagem é acionada e mantida contínua com um toque no gatilho, sem necessidade de se mantê-lo apertado. Para desligar é necessário pressionar novamente o gatilho. Ajuste Anti-stick: permite ajustar o tempo em que a fonte ainda fornece corrente de solda quando a soldagem é interrompida. Este recurso evita a colagem do arame na poça de fusão.



Figura 03 – Cabeçote Alimentador MIG/MAG - Fonte: Manual Eutectic Castolin

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Cabeçote alimentador	ArcWeld 400 S
Tensão de alimentação (V)	42
Tensão de comando (V)	42
Faixa de velocidade (m/min)	
Diâmetro do eletrodo de aço (mm)	0,8 a 3,2
Controle de velocidade	Contínuo
Economizador de gás	Incorporado
Número de roldanas de tração	4
Dimensões do gabinete (C x L x A - mm) - (sem rolo de arame)	550 x 270 x 340
Peso (kg) - (sem rolo de arame)	16,5
Adaptador para carretel e rodízios para locomoção	Incorporado

Tabela 04 – Características técnicas - Fonte: Manual Eutectic Castolin

4.2. Materiais

4.2.1. Metal de Base

AÇO RESISTENTE À CORROSÃO ATMOSFÉRICA

“São aços ditos patináveis de excelente resistência à corrosão atmosférica, tendo sua aplicação muito diversificada, tais como em edifícios, pontes, implementos agrícolas, mineração, vagões, entre outras. Trata-se de aços-carbono manganês microligados, com boas características de soldabilidade, e que também oferecem excelente aderência na aplicação da pintura. Nessa classe, destaca-se a série de aços desenvolvidos pela Usiminas: os aços da série USI SAC e a classe A709 HPS” (Cat. Chapas grossas, USIMINAS, 2024). Ver Tabela 06.

Norma *	Grau	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)								Propriedades Mecânicas						
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Outros	LE (Mpa) (3)	LR (Mpa) (3)	Alongamento		Dobramento		
											Espeçura (mm)	BM (mm)	%	Direção	Calço		
USI SAC	300	6,00 ≤ E ≤ 101,60	0,20 máx.	0,50 a 1,50	1,50 máx.	0,060 máx.	0,020 máx.	0,40 máx.	0,60 máx.	(1)	300 min.	400 a 550		50	16	T	1,5E
	350	6,00 ≤ E ≤ 101,60	0,25 máx.								350 min.	500 a 650						20
ASTM-A242 (2013)	Tipo 1	6,00 ≤ E ≤ 19,50	0,15 máx.	-	1,00 máx.	0,15 máx.	0,05 máx.	0,20 máx.	-	(1)	345 min.	480 min.		50	19		
		19,51 ≤ E ≤ 38,10									315 min.	460 min.					
		38,11 ≤ E ≤ 101,60									290 min.	435 min.					
ASTM-A588 (2019)	A/B	6,00 ≤ E ≤ 203,20	0,20 máx.	0,15 a 0,50	0,75 a 1,35	0,030 máx.	0,030 máx.	0,20 a 0,40	0,40 a 0,70	(1)	345 min.	485 min.		50	19		1,5E
ASTM-A709 (4) (2017)	50W	8,00 ≤ E ≤ 63,50	0,19 máx.	0,30 a 0,50	1,10 a 1,35	0,020 máx.	0,006 máx.	0,25 a 0,40	0,45 a 0,70	(1)	485 min.	586 a 758		50			
	70W-TM	8,00 ≤ E ≤ 63,50	0,11 máx.								485 min.	586 a 758					
SINCRON BHS	485 W/ WL	8,00 ≤ E ≤ 63,50															

Consultar catalogo de produtos Sincron

*Normas citadas para efeito de referência. Favor consultar a Usiminas para outras especificações. (1) Outros elementos químicos conforme especificação da norma. (2) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto. (3) Direção do ensaio de tração: transversal para todas as normas e graus de qualidade. (4) Comercializado sob consulta.

Tabela 05 – Composição química do aço USI SAC 350 - Fonte: Catálogo USIMINAS

O aço USI SAC 350 é um aço especialmente fabricado pela USIMINAS (Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais), baixa liga e alta resistência à corrosão, e é da classe dos aços estruturais, muito utilizado para aplicações que necessitam de resistência, e ofereçam também boa soldabilidade.

Suas principais aplicações são em projetos de construção civil como pontes, área de mineração, máquinas pesadas, e em equipamentos que oferecem alta performance e durabilidade.

O USI SAC 350 é um aço equivalente ao aço ASTM A588, que é também um tipo de aço estrutural conhecido como aço resistente à corrosão atmosférica, que são aços patináveis, também chamados de aços cor-ten (comercialmente chamados). Suas propriedades mecânicas são similares e as suas aplicações também.

O aço ASTM A588 possui elementos como cobre, cromo, níquel e fósforo que contribuem para a formação de uma pátina protetora na superfície quando exposto nas condições climáticas (intempéries), mudando também seu aspecto de cor, de avermelhado para marrom, o que chama muito a atenção dos arquitetos nas construções civis, como pontes, fachadas de prédio, devido a ótima apresentação estética, torres e construções onde são requeridos durabilidade e baixo custo de manutenção. Ele é muito valorizado em projetos onde a estética da pátina natural é desejável.

O Código ASME Se. IX – Ed. 2015 que será utilizado para a realização da qualificação do procedimento e do soldador, em seu parágrafo QW-420 (grupos de metais de base), não reconhece o aço USI SAC 350 fabricado pela USIMINAS conforme citado anteriormente, por isso, classificou-se o metal de base como “material não listado”, estabelecendo para a abrangência da qualificação do procedimento, as propriedades encontradas no próprio metal de base ensaiado.

4.2.2. Metal de adição (OK Tubgrod 81W)

“Arame tubular tipo rutílico para soldagem em passe único ou multipasse em todas as posições. Desenvolvido especialmente para a soldagem de aços patináveis resistentes à corrosão tipo Cor-Ten, como o SAC 41, SAC 50, SAC 300, SAC 350, etc., empregados na construção de pontes, viadutos, tanques, vagões entre outras aplicações. Apresenta excelentes características operacionais (usado em todas as posições, alta taxa de deposição e boa penetração, escória de fácil remoção, pouca emissão de respingos)” (ESAB, Catálogo de Consumíveis, Ed. Brasil 2023, Pag.136).

Classificações Metal de Solda:	ASME SFA-5.29: E81T1-W2C, E551T1-W2C ASME SFA-5.36: E81T1-C1A2-W2				
Tipo de Liga:	Aço baixa liga				
Tipo de Corrente:	CC+				
Propriedades Mecânicas Típicas					
Condição	Limite de Escoamento	Limite de Resistência	Alongamento		
100% CO2					
Como soldado	590 MPa	630 MPa	25 %		
Teste Charpy					
Condição	Temperatura		Impacto		
100% CO2					
Como soldado	-30 °C		40 J		
Composição Química (%)					
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
0.04	0.50	0.80	0.50	0.60	0.50
Informação Técnica Adicional					
Diâmetro	Corrente	Tensão	Rendimento	Taxa de Deposição	
1.2 mm	150 A	28 V	87 %	1.90 kg/h	
	210 A	29 V	87 %	2.85 kg/h	
	250 A	30 V	88 %	3.85 kg/h	
	290 A	33 V	88 %	4.85 kg/h	
	330 A	34 V	90 %	5.75 kg/h	
1.6 mm	190 A	27 V	87 %	2.75 kg/h	
	300 A	30 V	87 %	4.60 kg/h	
	365 A	33 V	88 %	5.60 kg/h	
	410 A	33 V	89 %	6.35 kg/h	
	450 A	33 V	90 %	7.30 kg/h	
	500 A	39 V	90 %	9.11 kg/h	
Informação para Compra					
OK Tubrod 81W 1,2MM 16KG CPR				0309456	
OK Tubrod 81W 1,6MM 16KG CPR				0309573	
OK TUBROD 81W 1,6MM 16KG VPR				0306170	

Figura 04 – Características do Consumível OK Tubgrad 81W - Fonte: ESAB – Catálogo de Consumíveis

O consumível OK Tubgrad 81W, utilizado para a soldagem da junta para qualificação da EPS de especificação ASME SFA-5.36: E81T1-C1A2-W2, atende aos mínimos requisitos do código ASME II – Part. C, e é o mais indicado para a soldagem da peça de teste, devido as suas propriedades mecânicas serem favoráveis e similares àquelas encontradas no metal de base.

Todos os certificados dos consumíveis foram inspecionados quando recebidos e avaliados conforme requisitos da norma (Cód. ASME), para garantir que o material está íntegro, e possui garantias quanto às suas características. Os consumíveis devem estar isentos de descontinuidades e/ou defeitos de fábrica, transporte, armazenamento e outros.

Consultando o código ASME Sec. IX – Ed. 2015, parágrafo QW-430, este consumível é classificado como número F (F-number) 6.

4.2.3. Gás de Proteção

A proteção da região do arco e poça de fusão é obtida por um gás ou mistura de gases. Se este gás é inerte (Ar/He), o processo é chamado MIG (Metal Inert Gás). Por outro lado, se o gás for ativo (CO_2 ou misturas Ar/ O_2 / CO_2), o processo é chamado MAG (Metal Active Gás). Gases inertes puros são, em geral, usados na soldagem de metais e ligas não ferrosas, misturas de gases inertes com pequenas quantidades de gases ativos são usadas, em geral, com aços ligados, enquanto misturas mais ricas em gases ativos ou CO_2 puro são usados na soldagem de aços carbono.

De acordo com o processo de soldagem (FCAW) e o consumível especificado (E81T1-C1A2-W2), o tipo de gás utilizado para fornecer a proteção da poça de fusão durante a soldagem foi o dióxido de carbono (CO_2). O Anexo 4, apresenta o certificado de pureza deste gás.

4.3. Soldagem

4.3.1. Métodos de União dos Materiais

“Os métodos de união de metais podem ser divididos em duas categorias principais, isto é, aqueles baseados no aparecimento de forças mecânicas macroscópicas entre as partes a serem unidas e aqueles baseados em forças microscópicas (interatômicas ou intermoleculares). No primeiro caso, do qual são exemplos a parafusagem e a rebiteagem, a resistência da junta é dada pela resistência ao cisalhamento do parafuso ou rebite, mais as forças de atrito entre as superfícies em contato. No segundo caso, a união é conseguida pela aproximação dos átomos e moléculas das partes a serem unidas, ou destas e um material intermediário, até distâncias suficientemente pequenas para a formação de ligações químicas e de Van der Waals. Como exemplos desta categoria citam-se a soldagem, a brasagem e a colagem” (MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani; Soldagem I - Introdução aos Processos de Soldagem. Belo Horizonte, Ed. UFMG, nov. 2000).

“Um grande número de diferentes processos utilizados na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas é abrangido pelo termo SOLDAGEM. Classicamente, a soldagem é considerada como um método de união, porém, muitos processos de soldagem

ou variações destes são usados para a deposição de material sobre uma superfície, visando a recuperação de peças desgastadas ou para a formação de um revestimento com características especiais. Diferentes processos relacionados com os de soldagem são utilizados para o corte ou para o recobrimento de peças. Diversos aspectos dessas operações de recobrimento e corte são similares à soldagem e, por isso, muitos aspectos destes processos são abordados juntamente com esta” (MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani; Soldagem I - Introdução aos Processos de Soldagem. Belo Horizonte, Ed. UFMG, nov. 2000).

Podemos dizer que soldagem se define como um processo de união de materiais baseado no estabelecimento, na região de contato, entre os materiais sendo unidos, de forças de ligação química, de natureza similar àquelas atuantes no interior dos próprios materiais, ou seja, é a união que se aproxima ao máximo das propriedades dos materiais de base, visando garantir a continuidade de propriedades químicas, mecânicas e metalúrgicas.

A junta soldada possui diversas regiões, chamadas de zonas de uma junta soldada (zona fundida, zona de ligação, zona termicamente afetada), compreendendo as suas dimensões, chamadas de gargantas de solda (garganta teórica, garganta efetiva e garganta real).

4.3.2. Processos de Soldagem por Arame Tubular (FCAW – Flux Cored Arc Welding)

“Existem muitos processos de soldagem por fusão que podem ser separados em subgrupos, por exemplo, de acordo com o tipo de fonte de energia usada para fundir as peças. Dentre estes, os processos de soldagem a arco (fonte de energia: arco elétrico) são os de maior importância industrial na atualidade. Devido à tendência de reação do material fundido com os gases da atmosfera, a maioria dos processos de soldagem por fusão utiliza algum meio de proteção para minimizar estas reações” (MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani; Soldagem I - Introdução aos Processos de Soldagem. Belo Horizonte, Ed. UFMG, nov. 2000).

Para a finalidade em que se destina este trabalho, abordaremos o processo de soldagem por fusão, com proteção gasosa e eletrodo com fluxo interno (arame tubular). Esta técnica é muito utilizada quando se necessita uma alta produtividade, versatilidade, aplicação em várias posições de soldagem, com qualidade satisfatória e a um custo viável.

“A Soldagem a Arco com Eletrodo Tubular (Flux Cored Arc Welding - FCAW) é um processo no qual a união dos metais é obtida pelo aquecimento destes por um arco entre um eletrodo tubular contínuo e a peça. O eletrodo tubular apresenta internamente um fluxo que desempenha funções similares ao revestimento do eletrodo no processo SMAW, isto é,

estabilização do arco, ajuste de composição química da solda, proteção etc.” (Introdução aos Processos de Soldagem, Belo Horizonte, jan. 2022, Pág. 8).

Como observamos na Figura 05, os equipamentos utilizados são na soldagem FCAW, são os seguintes:

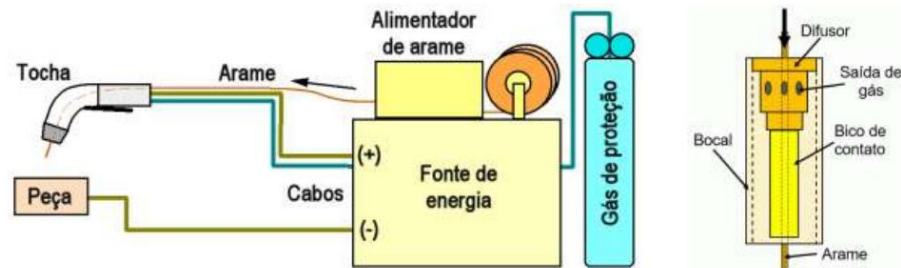


Figura 05 – Equipamentos para Soldagem FCAW (Esquemática) - Fonte: Introdução aos Processos de Soldagem, Belo Horizonte, jan. 2022, Pág. 31.

- Fonte de energia;
- Fonte de gás de proteção;
- Alimentador de arame;
- Tocha ou Pistola;

A Figura 06 mostra a seção transversal de um arame tubular observada no microscópio eletrônico de varredura. O processo apresenta duas variações principais: soldagem auto-protegida (innershield), em que o fluxo fornece toda a proteção necessária na região do arco, e soldagem com proteção gasosa (dual shield), em que parte da proteção é fornecida por um gás, de forma semelhante ao processo GMAW. Em ambas as formas, ele é operado, na maioria das aplicações, na forma semiautomática, conforme mostrado na Figura 7.

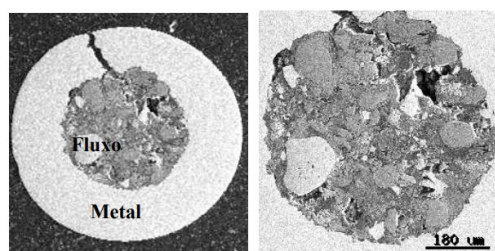


Figura 06 – Seção transversal de um arame tubular. Observar o fluxo interno contendo diferentes materiais inclusive adições metálicas (partículas claras) MEV - Fonte: Introdução aos Processos de Soldagem, Belo Horizonte, jan. 2022, Pág. 39.

“Os consumíveis usados na soldagem FCAW são os arames tubulares, os gases de

proteção, quando usados, e produtos antirrespingos. Os arames tubulares para soldagem são classificados pela AWS segundo as especificações mostradas na Tabela 07. Diversos fatores são considerados nesta classificação, entre eles: enchimento de pó metálico ou fluxo convencional, uso de gás de proteção, tipo de corrente, posições de soldagem recomendadas, além da composição química e propriedades mecânicas do cordão obtido. Estes fatores também são considerados na escolha do tipo de arame para uma dada aplicação” (Soldagem: fundamentos e tecnologia / Paulo Villani Marques, Paulo José Modenesi, Alexandre Queiroz Bracarense. [4. ed.] – Rio de Janeiro: Elsevier, 2017, Pág. 249).

Especificação	Tipo de metal de adição
AWS A 5.9	Arames de aço inoxidável com pó metálico interno
AWS A 5.15	Arames para soldagem de ferro fundido
AWS A 5.18	Arames tubulares de aço-carbono com pó metálico interno
AWS A 5.20	Arames tubulares de aço-carbono com fluxo interno
AWS A 5.21	Arames para revestimento
AWS A 5.22	Arames tubulares para soldagem de aço inoxidável
AWS A 5.29	Arames de aços de baixa-liga com fluxo interno

Tabela 07 – Especificações AWS de arames tubulares - Fonte: Soldagem: fundamentos e tecnologia / Paulo Villani Marques, Paulo José Modenesi, Alexandre Queiroz Bracarense. [4. ed.] – Rio de Janeiro: Elsevier, 2017, Pág.249.

4.3.2.1. Modos de Transferência

Na soldagem com arame tubular, a variação do gás de proteção, fonte de energia, tipo de arames tem efeitos significativos, que podem produzir basicamente três diferentes modos de transferências através do arco: aerossol, globular e curto-circuito. A transferência globular e a aerossol requerem correntes relativamente altas, enquanto a transferência por curto-circuito usa normalmente correntes medias e baixas. Os arames tubulares metálicos comportam-se de forma similar aos arames sólidos relativamente aos modos de transferências, os rutilico apresentam, em função da corrente, os modos de transferências por aerossol e globular (pode ser chamado de “falso aerossol”) para baixas correntes, enquanto os arames básicos operam normalmente com transferência globular a corrente elevada e curto-circuito para correntes baixas.

4.4. Plano de Teste para Qualificação da EPS

A finalidade de realizar um plano prévio à qualificação do procedimento de soldagem e de soldadores é orientar e indicar, de forma clara e objetiva, a forma e os parâmetros para a execução da soldagem das chapas de teste (CT), para a qualificação de procedimento de

soldagem e soldadores, pelo processo de soldagem por Arame Tubular (AT), Flux Cored Arc Welding (FCAW). É dessas chapas de testes que são retiradas as amostras (corpos de prova – CP) para realizar os ensaios destrutivos.

No teste de qualificação foram listados todos os materiais como consumíveis de soldagem, metais de base, gases de proteção, os certificados de qualidade;

- a) Metal de Base: USI SAC 350
- b) Espessura do Metal Base: 6,35 mm
- c) Consumível de Soldagem: SFA 5.36 / E 81T1-C1A2-W2 (ESAB – OK TUBROD 81W)
- d) Diâmetro do Consumível: 1,2 mm
- e) Gás de Proteção: CO₂ (100%)

As atividades ocorreram na oficina de fabricação, que é constituída por um galpão fechado, com ventilação satisfatória, rotas de fuga, dispositivos de combate a incêndio adequadas, com os equipamentos em boas condições de uso, e instrumentos de inspeção, medição e ensaios, aferidos e calibrados dispostos no local.

As qualificações tanto para procedimento, quanto para soldadores e operadores de soldagem, foram conduzidas de acordo com as variáveis essenciais estabelecidas pela norma. Entrando em artigo II, QW-250 (variáveis essenciais), foi possível encontrar a indicação para que possamos chegar até a tabela QW-255 e analisar todas as variáveis essenciais, não essenciais e complementares, aplicáveis ao processo por arame tubular (ver Tabela 07).

Como foi conceituado em 3.1.32, variáveis essenciais são aquelas que quando modificadas requerem uma nova qualificação do procedimento de soldagem, o que não ocorre com as variáveis não essenciais, pois neste quesito, tornam-se irrelevantes para o desenvolvimento do processo de soldagem, já as variáveis suplementares passam a ser essenciais quando requisitos de impacto são requeridos.

Já no QW-210 e 211, a norma diz que o teste pode ser realizado em chapa, tubo, ou outro formato de produto. Geralmente é melhor utilizar uma amostra que melhor represente o que será utilizado no projeto (boa prática). Quando são realizados os testes em chapas podemos também qualificar tubo, e vice-versa.

As variáveis essenciais controladas antes, durante e após a soldagem foram:

- Espessura do metal de base;
- Espessura do metal de solda;
- Número P (P-number);
- Número F (F-number) e número A (A-number);
- Forma do metal de adição;
- Mudança nos elementos de liga do metal de adição;
- Diminuir a temperatura de Pré-aquecimento em mais do que de 55°C;
- Tratamentos térmicos pós-soldagem;
- Mudança tanto na mistura quanto no tipo de gás de proteção qualificado;
- Não utilizar o gás de purga quando especificado;
- Mudança no modo de transferência;

Tabela QW-255				
Variáveis de Soldagem para Especificação de Procedimento (EPS) – MIG/MAG e Arame Tubular				
Paragrafo	Resumo das Variáveis	Essenciais	Essenciais Suplementares	Não Essenciais
QW-402 Juntas	.1	φ Groove design		X
	.4	- Backing		X
	.10	φ Root spacing		X
	.11	± Retainers		X
QW-403 Metals de Base	.5	φ Group Number		X
	.6	T Limits		X
	.8	φ T Qualified	X	
	.9	t Pass > 1/2 in. (13 mm)	X	
	.10	T limits (S. cir. arc)	X	
	.11	φ P-No. qualified	X	
QW-404 Metal de Adição	.4	φ F-Number	X	
	.5	φ A-Number	X	
	.6	φ Diameter		X
	.12	φ Classification		X
	.23	φ Filler metal product form	X	
	.24	± or φ Supplemental	X	
	.27	φ Alloy elements	X	
	.30	φ t	X	
QW-405 Posições	.1	+ Position		X
	.2	φ Position		X
	.3	φ ↑ ↓ Vertical welding		X
QW-406 Pré-aquecimento	.1	Decrease > 100°F (55°C)	X	
	.2	φ Preheat maint.		X
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X
QW-407 Pós-aquecimento	.1	φ PWHT	X	
	.2	φ PWHT (T & T range)		X
	.4	T Limits	X	
QW-408 Gás	.1	± Trail or φ comp.		X
	.2	φ Single, mixture, or %	X	
	.3	φ Flow rate		X
	.5	± or φ Backing flow		X
	.9	- Backing or φ comp.	X	
QW-409 Características Elétricas	.10	φ Shielding or trailing	X	
	.1	> Heat input		X
	.2	φ Transfer mode	X	
	.4	φ Current or polarity		X
QW-410 Técnica	.8	φ I & E range		X
	.1	φ string/weave		X
	.3	φ Orifice, cup, or nozzle size		X
	.5	φ Method cleaning		X
	.6	φ Method back gouge		X
	.7	φ Oscillation		X
	.8	φ Tube-work distance		X
	.9	φ Multiple to single pass/side		X
	.10	φ Single to multiple electrodes		X
	.15	φ Electrode spacing		X
	.25	φ Manual or automatic		X
.26	± Peening		X	
.64	Use of thermal processes	X		

Legend:

+ Adicionar	> Acrescentar/Maior que	↑ Ascendente	φ Mudança
- Remover	< Decrescer/Menor que	↓ Descendente	

Tabela 07 – Variáveis de Soldagem - Fonte: ASME Sec. IX – Ed. 2015

4.4.1. Preparação das Chapas de Teste

O parágrafo QW-202, determina os tipos de testes que são exigidos para a qualificação do procedimento de soldagem, e relaciona as figuras que mostram como devem ser preparadas as chapas de teste e a retirada dos corpos de prova para ensaio, ver Figura 07, 08 e 09.

Figura QW-463.1(a)
Chapas – Menores que 3/4" (19 mm) de Espessura
Qualificação de Procedimento

Descartar		Esta Peça
Seção Reduzida		CP de Tração
Dobramento Raiz		CP de Dobramento
Dobramento Face		CP de Dobramento
Dobramento Raiz		CP de Dobramento
Dobramento Face		CP de Dobramento
Seção Reduzida		CP de Tração
Descartar		this piece




Figura 07 – Figura QW-463.1(a) – Chapas de Teste e Corpo de Prova para Qualificação de OS - Fonte: ASME Sec. IX – Ed. 2015

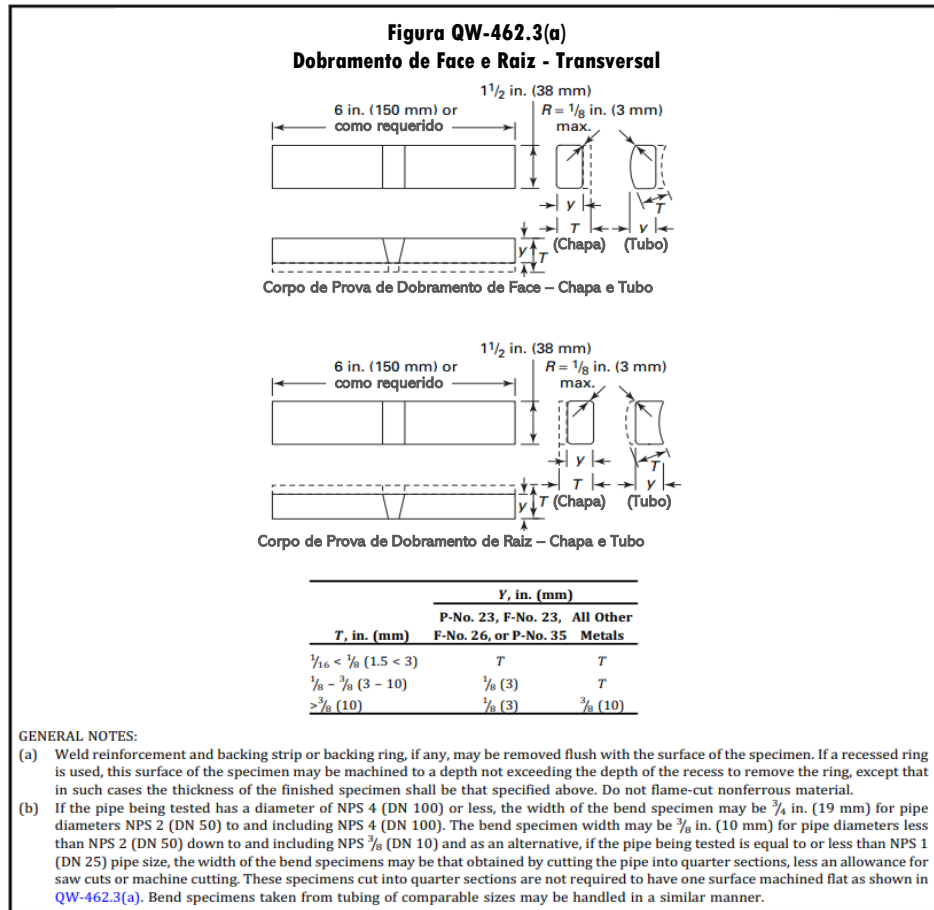


Figura 08 – Figura 462.3(a) – Chapas de Teste e Corpo de Prova para Qualificação de OS -
Fonte: ASME Sec. IX – Ed. 2015

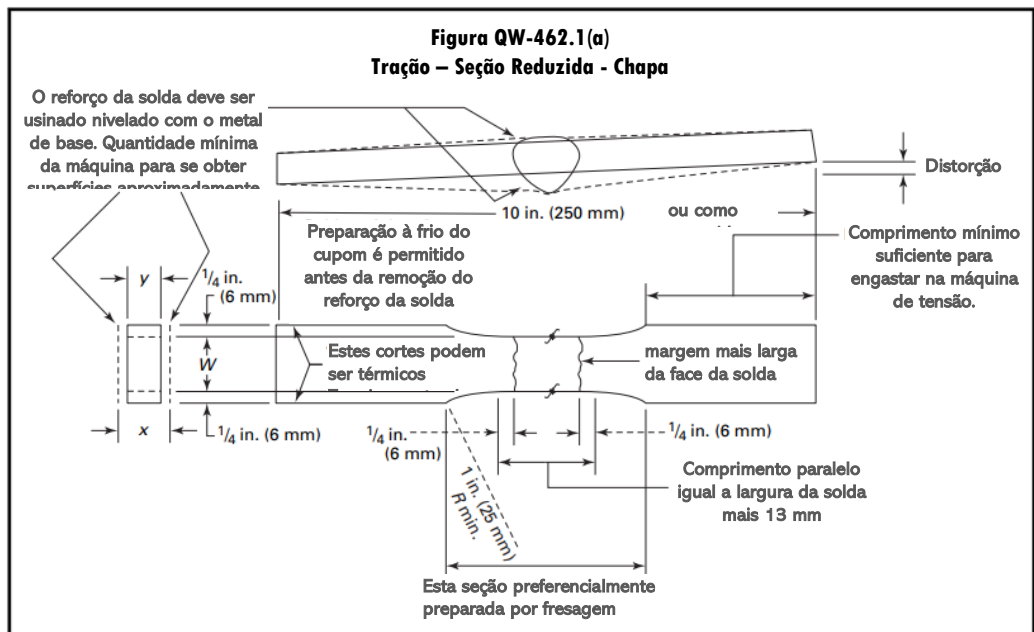


Figura 09 – Figura 462.1(a) – Chapas de Teste e Corpo de Prova para Qualificação de PS -
Fonte: ASME Sec. IX – Ed. 2015

Desta forma, ficou definido em nosso trabalho, as dimensões que foram necessárias para a preparação das chapas de teste e remoção dos corpos de prova para os ensaios mecânicos (tração e dobramento).

Foram preparadas chapas de teste, conforme croqui de junta apresentado na Figura 10, com comprimento de 400 mm, e largura de 350 mm (sendo 175 mm para cada lado da junta).

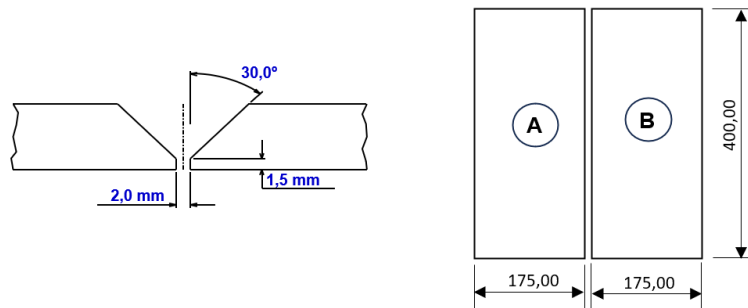


Figura 10 – Croqui da chapa para Teste de Qualificação da EPS - Fonte: IT-ETM-001-23 – Instrução Técnica para Qualificação de procedimento de Soldagem, ETEMAN.

4.4.2. Parâmetros de Soldagem

Para a soldagem da chapa de teste, foram seguidos os parâmetros (ver Figura 11), e as técnicas de soldagem (ver Figura 12) de acordo com os requisitos estabelecidos pela norma ASME Sec. IX, características do metal de base, metal de adição, condições de soldagem e conforme o layout da fábrica disponibilizados. Foi elaborado uma pré-EPS, que visou reunir todas as informações necessárias para controlar o processo durante a soldagem da chapa de teste.

4.4.3. Técnica de Soldagem e características elétricas

Durante a soldagem da chapa de teste para qualificação da EPS, todas as características indicadas nas Figuras 11 e 12, foram verificadas e monitoradas, pois são elas que serviram para garantir que os desvios, se caso ocorressem, permanecessem dentro dos limites mínimos aceitáveis. Este controle também foi necessário para assegurar a rastreabilidade das informações dos dados.

4.4.4. Inspeção após a soldagem:

Imediatamente após a realização da soldagem da chapa de teste, o inspetor de END, realizou o ensaio visual da solda, e emitiu o relatório de registro de resultado.

A chapa de teste soldada, foi encaminhada para o laboratório, para realização dos ensaios mecânicos, conforme Tabela 08 mostrada a seguir.

QW-450 CORPOS DE PROVA QW-451 LIMITES DE ESPESSURA E CORPOS DE PROVA DE TESTE PARA QUALIFICAÇÃO DE

TABELA QW-451.1 TESTE DE TRAÇÃO E DOBRAMENTO TRANSVERSAL – SOLDAS EM CHANFRO									
Espessura T do cupom de teste soldado Pol. (mm)		Faixa de espessura T para metal de solda qualificado Pol. (mm)		Máxima espessura t para metal de solda depositado Pol. (mm)		Tipo e número de testes requeridos (testes de tração e dobramento guiado)			
		Min.	Max.	[Note (1)] and [Note (2)]	[Note (1)] and [Note (2)]	Tension, QW-150	Side Bend, QW-160	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160
Menor que $\frac{1}{16}$ (1.5)		T	2T	2t		2	...	2	2
$\frac{1}{16}$ to $\frac{3}{8}$ (1.5 to 10), incl.		$\frac{1}{16}$ (1.5)	2T	2t		2	[Note (5)]	2	2
Over $\frac{3}{8}$ (10), but less than $\frac{3}{4}$ (19)		$\frac{3}{16}$ (5)	2T	2t		2	[Note (5)]	2	2
$\frac{3}{4}$ (19) to less than $1\frac{1}{2}$ (38)		$\frac{3}{16}$ (5)	2T	2t when $t < \frac{3}{4}$ (19)		2 [Note (4)]	4	...	...
$\frac{3}{4}$ (19) to less than $1\frac{1}{2}$ (38)		$\frac{3}{16}$ (5)	2T	2T when $t \geq \frac{3}{4}$ (19)		2 [Note (4)]	4	...	...
$1\frac{1}{2}$ (38) to 6 (150), incl.		$\frac{3}{16}$ (5)	8 (200) [Note (3)]	2t when $t < \frac{3}{4}$ (19)		2 [Note (4)]	4	...	...
$1\frac{1}{2}$ (38) to 6 (150), incl.		$\frac{3}{16}$ (5)	8 (200) [Note (3)]	8 (200) [Note (3)] when $t \geq \frac{3}{4}$ (19)		2 [Note (4)]	4	...	...
Acima de [150] [Note (6)]		$\frac{3}{16}$ (5)	1.33T	2t when $t < \frac{3}{4}$ (19)		2 [Note (4)]	4	...	...
Acima de [150] [Note (6)]		$\frac{3}{16}$ (5)	1.33T	1.33T when $t \geq \frac{3}{4}$ (19)		2 [Note (4)]	4	...	...

NOTES:

(1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, QW-404.32, and QW-407.4. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.

(2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.

(3) For the SMAW, SAW, GMAW, PAW, and GTAW welding processes only; otherwise per Note (1) or 2T, or 2t, whichever is applicable.

(4) see QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).

(5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness T is $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) and over.

(6) For test coupons over 6 in. (150 mm) thick, the full thickness of the test coupon shall be welded.

Tabela 08 – Testes e Ensaios para Qualificação de Procedimentos de Soldagem - Fonte: ASME Sec. IX – Ed. 2015

Para que a chapa de teste (CT) fosse devidamente aprovada, foi necessário que os testes por ensaios mecânicos de tração (2 corpos de prova) e dobramento (4 corpos de prova), fossem também aprovados.

CROQUI		DIMENSÕES DO CHANFRO			
		TIPOS DE CHANFRO	ÂNGULO (grau)	NARIZ (mm)	ABERTURA (mm)
		V SIMPLES	60°	1,5	2,0
VARIÁVEIS		PARÂMETROS DO TESTE DE QUALIFICAÇÃO			
METAL BASE (A)	METAL BASE USI SAC 350 (1)	P N° 3	GRUPO N° 1		
METAL BASE (B)	METAL BASE USI SAC 350 (1)	P N° 3	GRUPO N° 1		
DIÂMETRO / POSIÇÃO	DIÂMETRO N/A	POSIÇÃO PLANA			
ESPESSURA METAL BASE (mm)	CHANFRADO 6,35 mm	FILETADO -			
ESPESSURA METAL DE SOLDA DEPOSITADO (mm)	PROCESSO FCAW (AT)	ESPESSURA (mm) 6,35 mm			
CONSUMÍVEIS DE SOLDAGEM					
DESCRIÇÃO	RAÍZ / REFORÇO	ENCHIMENTO	ACABAMENTO	TUNGSTÊNIO	
ESPECIFICAÇÃO (SFA)	5.29 / 5.36	5.29 / 5.36	5.29 / 5.36	N/A	
CLASSE (SFA)	E 81T1-C1A2-W2	E 81T1-C1A2-W2	E 81T1-C1A2-W2	N/A	
FABRICANTE	ESAB	ESAB	ESAB	N/A	
MARCA COMERCIAL	OK TUBROD 81 W	OK TUBROD 81 W	OK TUBROD 81 W	N/A	
DIÂMETRO (mm)	1,2	1,2	1,2	N/A	
N° F	6	6	6	N/A	
N° A	-	-	-	N/A	
PROGRESSÃO	N/A	N/A	N/A	N/A	
TIPO DE TRANSFERÊNCIA	GLOBULAR	GLOBULAR	GLOBULAR	N/A	
GASES DE PROTEÇÃO					
CLASSIFICAÇÃO	PROCESSO (A)	PROCESSO (B)	PROCESSO (C)	GÁS DE PURGA	
TIPO	CO₂	-	-	-	
FABRICANTE	WHITE MARTINS	-	-	-	
COMPOSIÇÃO (%)	100%	-	-	-	
VAZÃO (l/min)	15	-	-	-	

Figura 11 – Parâmetros de Soldagem - Fonte: IT-ETM-001-23 – Instrução Técnica para Qualificação de procedimento de Soldagem, ETEMAN.

TÉCNICA				
DESCRIÇÃO	RAÍZ	REFORÇO	ENCHIMENTO	ACABAMENTO
VELOCIDADE DE SOLDAGEM (mm/min)	145 - 240	220 - 475	225 - 445	205 - 340
VELOCIDADE ALIMENTAÇÃO ARAME (mm/min)	675 - 935	675 - 935	675 - 935	675 - 935
HEAT INPUT (kJ/mm)	-	-	-	-
TIPO DE CORDÃO	ESTREITO	OSCILANTE	OSCILANTE	OSCILANTE
LARGURA DO PASSE (mm)	15,0	15,0	15,0	15,0
COBRE-JUNTA / GOIVAGEM	GOIVAGEM / REMOÇÃO DE RAÍZ			
TIPO DE VERNIZ DE PROTEÇÃO DO CHANFRO	RISKEY - APLICAÇÃO COM PINCEL			
STICK OUT (mm)	-			
TEMPERATURA DE IMPACTO	PROCEDIMENTO SEM REQUISITO DE IMPACTO			
LIMPEZA/PADRÃO SUPERFÍCIE ANTES E APÓS SOLDAGEM	ESMERILHAMENTO COM DISCOS ABRASIVOS E ESCOVAS MANUAIS OU ROTATIVAS			
VARIÁVEIS	PARÂMETROS DO TESTE DE QUALIFICAÇÃO			
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS				
DESCRIÇÃO	RAÍZ	REFORÇO	ENCHIMENTO	ACABAMENTO
TIPO DE CORRENTE	CONTÍNUA	CONTÍNUA	CONTÍNUA	CONTÍNUA
POLARIDADE	INVERSA	INVERSA	INVERSA	INVERSA
TENSÃO (V)	24 - 30	25 - 32	25 - 30	26 - 30
CORRENTE (A)	150 - 192	165 - 245	175 - 235	190 - 240
CONTROLE DE TEMPERATURA DA SOLDAGEM				
PROCESSO	MÉTODO DE AQUECIMENTO		MÉTODO DE MEDIÇÃO TEMPERATURA	
	MAÇARICO GLP		TERMÔMETRO DIGITAL	
TEMPERATURA DE SOLDAGEM	PRÉ-AQUECIMENTO E TEMPERATURA INTERPASSES			
	MÍNIMO (°C)	15 °C	MÁXIMO (°C)	250 °C
TEMPERATURA APÓS SOLDAGEM	PÓS-AQUECIMENTO			
	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	N/A	TEMPO (minutos)	N/A

Figura 12 – Técnica de Soldagem e Características Elétricas - Fonte: IT-ETM-001-23 – Instrução Técnica para Qualificação de procedimento de Soldagem, ETEMAN.

4.5. Plano de Teste para Qualificação dos Soldadores

De posse de uma EPS qualificada, foi iniciada a qualificação dos soldadores. Assim, este teste também foi desenvolvido de acordo com um plano devidamente preparado para determinar as dimensões das peças de teste, os corpos de prova e os tipos de testes e ensaios em que o soldador deverá ser aprovado, para se tornar apto a realizar soldas na fase de produção.

Consultando a norma/código ASME Sec. IX, Artigo III, QW-300, vimos que assim como para a qualificação da EPS os soldadores são qualificados de acordo com as variáveis essenciais de soldagem inerentes a cada processo específico. No caso, foi realizado o teste de acordo com o parágrafo QW-350 e Tabela 09.

TABELA QW-355 Variáveis Essenciais para MIG/MAG (GMAW) e Arame Tubular (FCAW)		
Parágrafo	Resumo das Variáveis	
QW-402 Juntas	.4	- Backing
QW-403 Metal de Base	.16	ϕ Pipe diameter
	.18	ϕ P-Number
QW-404 Metal de Adição	.15	ϕ F-Number
	.30	ϕ t Weld deposit
	.32	t Limit (S. Cir. Arc.)
QW-405 Posição	.1	+ Position
	.3	ϕ \updownarrow Vertical welding
QW-408 Gás	.8	- Inert backing
QW-409 Elétricas	.2	ϕ Transfer mode

Tabela 09 – QW-355-Variáveis Essenciais para Qualificação de Soldadores - FCAW - Fonte: ASME Sec. IX – Ed. 2015

Para que o soldador ficasse qualificado para realização de soldas em todas as posições, foi necessário realizar o teste utilizando-se 3 chapas de teste, um na posição Vertical, outro na posição Horizontal e outro na posição sobre-cabeça. A Tabela 10 a seguir, mostra o tipo de peça de teste utilizado, e quais as posições de soldagem abrangem as posições utilizadas no teste.

TABELA QW-461.9				
Limitações de Posição e Diâmetro - Qualificação de Soldador				
(Dentre outras Limitações em QW-303)				
Teste de Qualificação		Posição e Tipo de Solda Qualificada [Note (1)]		
		Chanfro		Angulo
Solda	Posição	Chapa e Tubo acima de in. (610 mm) O.D.	24 Tubo ≤ 24 in. (610 mm) O.D.	Chapa e Tubo
Chapa - Chanfro	1G	F	F [Note (2)]	F
	2G	F, H	F, H [Note (2)]	F, H
	3G	F, V	F [Note (2)]	F, H, V
	4G	F, O	F [Note (2)]	F, H, O
	3G and 4G	F, V, O	F [Note (2)]	All
	2G, 3G, and 4G	All	F, H [Note (2)]	All
	Special Positions (SP)	SP, F	SP, F	SP, F
Chapa - Angulo	1F	...	...	F [Note (2)]
	2F	...	...	F, H [Note (2)]
	3F	...	...	F, H, V [Note (2)]
	4F	...	...	F, H, O [Note (2)]
	3F and 4F	...	...	All [Note (2)]
	Special Positions (SP)	...	...	SP, F [Note (2)]
Tubo - Chanfro	1G	F	F	F
	2G	F, H	F, H	F, H
	5G	F, V, O	F, V, O	All
	6G	All	All	All
	2G and 5G	All	All	All
	Special Positions (SP)	SP, F	SP, F	SP, F
Tubo - Angulo	1F	...	...	F
	2F	...	...	F, H
	2FR	...	...	F, H
	4F	...	...	F, H, O
	5F	...	...	All
	Special Positions (SP)	...	...	SP, F

NOTES:

(1) Positions of welding as shown in QW-461.1 and QW-461.2.

F = Flat
H = Horizontal
V = Vertical
O = Overhead
SP = Special Positions (see QW-303.3)

(2) Pipe 2⁷/₈ in. (73 mm) O.D. and over.

(3) See diameter restrictions in QW-452.3, QW-452.4, and QW-452.6.

Tabela 10 – QW-461.9 – Limitações de Posição e Diâmetro para Qualificação de Soldadores -
Fonte: ASME Sec. IX – Ed. 2015

4.5.1. Preparação das Chapas de Teste

Foram preparadas chapas de teste, conforme croqui de junta ilustrado na Figura 13, com comprimento de 200 mm, e largura de 200 mm (sendo 100 mm para cada lado da junta). Estas dimensões foram definidas de acordo com a área de varredura necessária para inspeção por ultrassom.

Cálculo da área de varredura de END Ultrassom

Dados:

Ângulo Cabeçote: 70°
Espessura chapa: 6,35 mm
"1/2 Pulo" US: 3x
Tolerância: 25 mm

Cálculo:

$A = \tan(70) (3 \times 6,35) + 25$
 $A = 77,33 \text{ mm}$

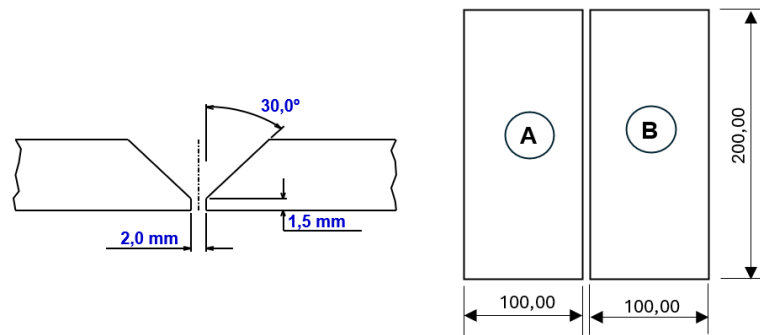


Figura 13 – Croqui da chapa para Teste de Qualificação de Soldadores - Fonte: IT-ETM-001-23 – Instrução Técnica para Qualificação de procedimento de Soldagem, ETEMAN.

Cada soldador executou sob o acompanhamento do inspetor, conforme EPS qualificada, nos limites dos seus parâmetros, a soldagem de 3 chapas de testes, dispostas nas posições, Horizontal (2G), Vertical (3G - Ascendente) e Sobre-Cabeça (4G).

4.5.2. Parâmetros de Soldagem

Os parâmetros de soldagem listados a seguir foram verificados, medidos e monitorados durante a execução da soldagem pelo soldador e avaliados conforme os parâmetros estabelecidos pela faixas qualificadas na EPS:

- Condições ambientais (de segurança, higiene e saúde);
- Montagem da Junta (Ponteamento ou dispositivos de fixação);
- Posição de Soldagem;
- Condições das máquinas e equipamentos de soldagem;
- Consumível de soldagem (bitola, classificação e condições);
- Tipo de gás e mistura (%);
- Fluxo (vazão) do gás de proteção;
- Limpeza Inicial da junta a ser soldada;
- Temperatura de pré-aquecimento;
- Tensão e Corrente durante a soldagem;
- Descontinuidades e defeitos entre passes de solda;
- Largura e oscilações dos passes de solda;
- Progressão da Soldagem;
- Limpeza entre passes;

- Velocidade de soldagem;
- Desenvolvimento dos passes de solda;
- Aspecto visual do acabamento da solda pelo lado da face e raiz;

4.5.3. Técnica de Soldagem e Características Elétricas

As técnicas de soldagem desenvolvidas pelos soldadores estavam de acordo com os parâmetros descritos em 4.5.2 e nos requisitos da EPS. Assim, foi devidamente observado a habilidade do soldador em desenvolver os passes de soldagem, mantendo os padrões e faixas dos parâmetros da soldagem, sem que as variações oscilassem para valores fora dessas faixas. Nesta parte foi observado o ângulo de trabalho, de deslocamento, e o andamento da soldagem ao longo de cada passe de solda.

4.5.4. Inspeção Após Soldagem

Conforme QW-304.1 que trata dos ensaios e testes, deve-se realizar além do ensaio visual, tanto ensaios mecânicos (dobramentos) quanto ensaios não destrutivos END's volumétricos (Ultrassom ou Radiografia).

Após a soldagem, as chapas de teste foram ser submetidas ao ensaio não destrutivo END Visual e volumétrico por Ultrassom, a ser realizado por um profissional capacitado e qualificado, habilitado a emitir e assinar o relatório de registro de resultados que irá compor a documentação para anexar e dar suporte ao certificado de qualificação do soldador (CQS).

4.5.5. Certificação do Soldador Qualificado e Controle de Desempenho

Para que o soldador fosse aprovado, e ficasse apto a receber o seu certificado de qualificação de soldador (CQS), necessitou-se ser aprovado no ensaio visual (EVS), e no ensaio por ultrassom (US).

No decorrer das atividades de soldagem do equipamento pelos soldadores, foi adotado um controle de soldagem que informe a atuação de cada soldador, indicando o desempenho dos mesmos em relação a qualidade das soldas produzidas

(quantidade de soldas realizadas x quantidade de soldas rejeitadas). O soldador que obtivesse índices de rejeição acima do limite aceitável, deveria ser desqualificado.

Conforme descrito no parágrafo QW-322, o soldador que é qualificado e passar por um período maior que 6 meses sem executar soldagem, não terá mais habilitação satisfatória de desempenho para continuar e também será desqualificado.

Em ambos os casos de desqualificação do soldador, conforme descrito acima, eles poderão voltar a soldar somente quando passarem por treinamento e um novo teste de qualificação para comprovar as suas aptidões laborais.

4.6. Qualificação da EPS

Antes do início da soldagem (conforme apresentado na Figura 14), verificou-se em todo o ambiente de soldagem a ausência de produtos inflamáveis, se o local era ventilado, se a área onde a solda foi realizada estava com biombos de proteção, se a ventilação era adequada, equipamentos, instrumentos de inspeção, medição e ensaios, bem como todos os itens que já foram citados e são requeridos.



Figura 14 – Registro Fotográfico dos Materiais e Equipamentos de Soldagem

- Fonte: ETEMAN.

4.6.1. Preparação da Junta

A junta foi preparada (ver Figura 15), por meio de ponteamento por solda, para manter os componentes fixados durante a execução da soldagem. Após o ponteamento da junta, foi realizada a inspeção visual e dimensional, avaliando a abertura de raiz, ângulo do chanfro, face da raiz, limpeza inicial, se os pontos de solda estavam isentos de descontinuidades e/ou defeitos, liberando a junta para iniciar o pré-aquecimento e a execução da soldagem.

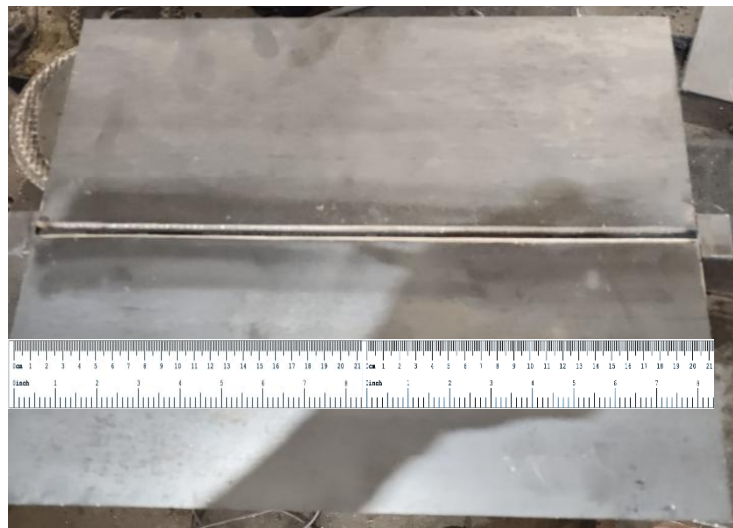


Figura 15 – Junta Preparada para Soldagem - Fonte: ETEMAN

4.6.1.1. Soldagem da Junta

A soldagem da junta foi acompanhada, e todos os valores mostrados na Figura 17 foram registrados, antes, durante e depois da soldagem da junta, no Registro de Acompanhamento e Inspeção de Soldagem (RAIS).

Foi realizado uma solda multipasses, sendo um total de 5 passes depositados em 5 camadas, conforme apresentado na Figura 16.

O pré-aquecimento da junta foi através do gás GLP utilizando-se um maçarico com bico de projeção do tipo “chuveiro” (que projeta a chama de forma espalhada semelhante-se a um chuveiro), até que se chegasse a uma temperatura de aproximadamente 60°C, a temperatura foi verificada com um termômetro digital por infravermelho.

Os resultados encontrados foram comparados com a pré-EPS elaborada, constatou-se que não houve variações fora das faixas e valores estabelecidos, e todo o processo ocorreu conforme com as variáveis aplicáveis a soldagem da chapa de teste.

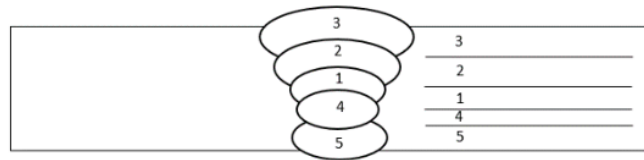


Figura 16 – Perfil da seção transversal da solda após a soldagem, sequência de passes

Fonte: ETEMAN


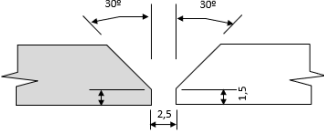
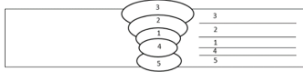

		REGISTRO DE ACOMPANHAMENTO E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM RAIS						RAIS N° 001/23 FOLHA: 1 / 2 DATA: 02/11/2023								
PROCESSO DE SOLDAGEM ER: <input type="checkbox"/> TIG: <input type="checkbox"/> AS: <input type="checkbox"/> MIG: <input type="checkbox"/> MAG: <input type="checkbox"/> AT: <input checked="" type="checkbox"/>				TIPO MANUAL: <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICA: <input type="checkbox"/> SEMI-AUTOMAT.: <input checked="" type="checkbox"/>			EPS N/A		NORMA DE REF. ASME Sec. IX – Ed. 2023							
ESPECIFICAÇÃO ASME OU ASTM MEMBRO 1: USI SAC 350 MEMBRO 2: USI SAC 350 P N°: 1		Â DE INCLINAÇÃO (°) 0 Â DE ROTAÇÃO (°) 0		METAL DE BASE DIMENSÕES DO CHANFRO  Cotas em mm Ø DA PEÇA: N/A			SEQÜÊNCIA DE PASSES  OBSERVAÇÕES: Goivagem realizada pelo lado oposto; Espessura Depositada Processo: 6,35 mm									
CERTIFICADO DE QUALIDADE MEMBRO 1: 8152898532 MEMBRO 2: 8152898532		POSICÃO DE PLANA (1G)		PRE-DEFORMAÇÃO (°) N/A												
ESPESSURA (mm) MEMBRO 1: 6,35 mm MEMBRO 2: 6,35 mm																
SEQUÊNCIA		METAL DE ADIÇÃO				CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS				TÉCNICA DE SOLDAGEM						
PASSE	CAMADA	Esp. ASME (SFA)	Clas. ASME	F - N°	Ø	Marca Comercial	Fabricante	CORRENTE/ POLARIDADE	TENSÃO (V)	CORRENTE (A)	TIPO DO CORDÃO	OSCILAÇÃO (mm)	VELOC. DE SOLDAGEM (mm/min)	PROGRESSÃO	DIM. DO BOCAL (TIG)	TEMP. INTERPASSE (°C)
1	1	5.29 / 5.36	E81T1-C1A2-W2	6	1,2	OKTUB.81W	ESAB	CC+	24	145	ESTREITO	10,6	83	N/A	N/A	155
2	2	5.29 / 5.36	E81T1-C1A2-W2	6	1,2	OKTUB.81W	ESAB	CC+	28	193	OSCILANTE	11,1	145	N/A	N/A	164
3	3	5.29 / 5.36	E81T1-C1A2-W2	6	1,2	OKTUB.81W	ESAB	CC+	27,5	172	OSCILANTE	12,5	167	N/A	N/A	175
4	4	5.29 / 5.36	E81T1-C1A2-W2	6	1,2	OKTUB.81W	ESAB	CC+	27,5	172	OSCILANTE	10,9	160	N/A	N/A	175
5	5	5.29 / 5.36	E81T1-C1A2-W2	6	1,2	OKTUB.81W	ESAB	CC+	28,5	170	OSCILANTE	11,8	151	N/A	N/A	167
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		REGISTRO DE ACOMPANHAMENTO E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM RAIS						RAIS N° 001/23 FOLHA: 2 / 2 DATA: 02/11/2023								
GÁS DE PROTEÇÃO DO ARCO					GÁS DE PROTEÇÃO DA RAIZ											
TIPO	COMPOSIÇÃO	VAZÃO	FABRICANTE	MARCA COMERCIAL	TIPO	COMPOSIÇÃO	VAZÃO	FABRICANTE	MARCA COMERCIAL							
CO ₂	100 %	15 L/min	AIR LIQUIDE	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A							
INSTRUMENTOS							MÉTODO DE LIMPEZA									
FERRAMENTAS	TAG	MODELO	MARCA	FABRICANTE	VALIDADE	N° CERT. AFERIÇÃO/ CALIBRAÇÃO	FERRAMENTA	INICIAL	INTERPASSE							
PAQUIMETRO	04-PQ-025	1106-601	INSIZE	INSIZE	10/2026	263299/23	ESMERILHADEIRA	X	X							
CALIBRE DE SOLDA FBTS	CF-002	N/C	CARBOGRAFIT	CARBOGRAFIT	09/2024	250931/23	ESCOVAMENTO	X	X							
INCLINÔMETRO	01313/23	N/C	DASQUA	DASQUA	06/2024	70338/23	PICADEIRA	N/A	N/A							
TRENA	TR-023	TS34-SME	STARRET	STARRET	07/2024	182867/23										
--	--	--	--	--	--	--										
INSTRUMENTOS							ENSAIO VISUAL DE SOLDAS									
FERRAMENTAS	TAG	MODELO	MARCA	FABRICANTE	VALIDADE	N° CERT. AFERIÇÃO/ CALIBRAÇÃO	N° DO CUPOM		TEMPERATURA INICIAL DO CUPOM							
TERMÔMETRO DIGITAL	TI-01	MT-350	MINIPA	MINIPA	03/2024	76070/23										
ALICATE AMPERÍMETRO	99.272	ET-3200	MINIPA	MINIPA	02/2024	8711.2	DESCONTINUIDADES ENCONTRADAS									
TERMO-HIGRÔMETRO	TH-01	MT-241	MINIPA	MINIPA	03/2024	76086/23	PO	-	AA	-	FP	-				
LUXÍMETRO	2975818	MLM-1011	MINIPA	MINIPA	09/2024	251292/23	TT	-	CO	-	SP	-				
TRANSFERIDOR ÂNGULO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TL	-	RC	-	-	-				
							MO	-	FF	-	-	-				
EQUIPAMENTOS																
FERRAMENTAS	TAG	MODELO	MARCA	FABRICANTE	VALIDADE	N° CERT. AFERIÇÃO/ CALIBRAÇÃO	LAUDO		A_(X) R_()							
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	LEGENDA:									
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	PO	-	AA	-	FP	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TT	-	CO	-	SP	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	MO	-	RC	-	FF	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	-	FF	-	SP	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	AA	-	FF	-	SP	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TL	-	RC	-	FF	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	-	FF	-	SP	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	AA	-	FF	-	SP	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TL	-	RC	-	FF	-				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	-	FF	-	SP	-				

Figura 17 – RAIS – Registro de Acompanhamento e Inspeção de Soldagem –
 Fonte: ETEMAN

4.6.1.2. Ensaios e Testes Realizados

END Visual: Após a soldagem da junta, foi realizado inspeção por ensaio não destrutivo visual e o resultado encontrado foi satisfatório, conforme Figura 18.

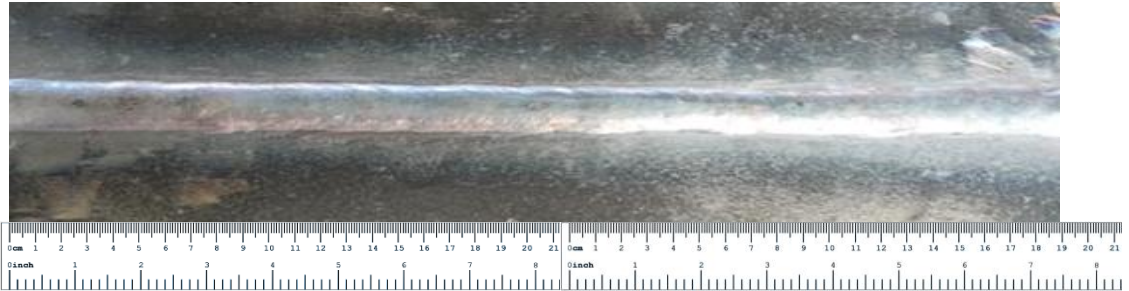


Figura 18 – Perfil da face da solda isenta de descontinuidades (Ensaio Visual) – Fonte: ETEMAN

Por meio de corte à frio (com o equipamento serra-fita), foram removidos da chapa de teste de qualificação de procedimento, 2 corpos de prova para ensaio de Tração e 4 corpos de provas para ensaio de dobramento (sendo 2 para dobramento de face e 2 para dobramento de raiz). As dimensões dos corpos de prova foram avaliadas e os valores são apresentados na Figura 19.

O valor mínimo aceitável para resistência à tração em cada corpo de prova ensaiado era de 500 Mpa, pois a faixa de resistência estabelecida para o aço USI SAC 350, informado no catálogo da USIMINAS é de 500Mpa a 650Mpa.

A resistência encontrada no corpo de prova item 1 do certificado de ensaio de tração foi de 519,3 Mpa, e no corpo de prova item 2 foi de 536,6 Mpa, sendo que a ruptura ocorreu no metal de solda. Desta forma, todos os valores de resistência encontrados estão acima do mínimo especificado para o material.

Os ensaios de dobramento de face e de raiz foram realizados, nos corpos de prova dimensionados conforme mostrado na Figura 19, e não foram encontrados descontinuidades ou sequer indicações nas regiões de interesse para ensaio.

Os ensaios mecânicos foram realizados pelo laboratório metalográfico do departamento de engenharia da Universidade de Itaúna e os resultados, conforme certificados de ensaios foram considerados aprovados.



CERTIFICADO Nº: 263262

INTERESSADO: ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA

MATERIAL: CHAPA DE AÇO SOLDADA

NATUREZA DO TRABALHO: ENSAIO DE TRAÇÃO E DOBRAMENTO

Planilha de Ensaio: 231709 **Tipo:** Ensaio de Qualificação Procedimento

ENSAIO DE TRAÇÃO

Item	C.P	Dimensões (mm)	Área Seção (mm ²)	Carga (Kgf)	Resist. (MPa)	Observações
1	1	17,93 x 6,29	112,78	5970	519,3	Ruptura Ocorreu Na Solda
2	1	19,08 x 6,15	117,34	6418	536,6	Ruptura Ocorreu Na Solda

***Maquina Universal de Ensaio, tipo hidraulica, marca EMIC .Está calibrada pela ABNT NBR ISO/IEC 17025. . CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº1211847, emitido pelo Laboratório Isaac Newton do Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC - Acreditado pela RBC-CAL-0045.

***DOCUMENTO VALIDADO PELO RELATÓRIO DE ASSINATURAS ANEXADO.

ENSAIO DE DOBRAMENTO

Item	C.P	Dimensões (mm)	Diâmetro Cutelo (mm)	Ângulo de Dobramento	Dobramento	Observações
1	1	6,35 x 38,0	25	180°	RAIZ	Não Houve Trinca
2	1	6,35 x 38,0	25	180°	FACE	Não Houve Trinca
3	1	6,35 x 38,0	25	180°	RAIZ	Não Houve Trinca
4	1	6,35 x 38,0	25	180°	FACE	Não Houve Trinca

Dados fornecidos pelo Cliente:

Cliente: ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

Corpo de Prova: CP-001/23

Metal de Base: USI SAC 350/WS 350

Processo de Soldagem ARAME TUBULAR (FCAW)

Posição de Soldagem: PLANA (1G)

Soldador: Wender Pereira de Aguiar WPA

Sinete: S-004

Norma; ASME IX / Ed. 2023

Figura 19 – Resultados dos Ensaio de Tração e Dobramento Conforme Certificado Nº. 263262 – Fonte: ETEMAN

4.6.1.3. Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem (RQPS)

O registro de qualificação de procedimento de soldagem (RQPS) foi emitido, com base nos resultados registrados (ver Anexos 6 a 10), Registro de Acompanhamento e Inspeção de Soldagem – RAIS (ver Anexo 13), Ensaio Mecânicos (ver Figura 19), para as variáveis de soldagem (ver Tabela 11), conforme requisitos estabelecidos pelo código ASME Sec. IX – Ed. 2015.

Os Anexos 6, 7, 8, 9 e 10, mostram de forma abrangente todas as páginas do RQPS-ETM-001/23, emitido e aprovado, que foi utilizado para gerar e dar suporte a EPS-ETM-001/23 (ver Anexos 11 e 12).

4.6.1.4. Emissão da Especificação do Procedimento de Soldagem (EPS)

A EPS deve possuir rastreabilidade ao número do RQPS pelo qual ela foi elaborada, o número, neste formulário utilizado está logo abaixo do número da EPS oficial (ver Anexos 11 e 12).

Quando da análise dos resultados obtidos por meio do RQPS dos registros encontrados nos testes e ensaios, assim como todas as variáveis e parâmetros de soldagem, foram realizadas consultas no código ASME Sec. IX, consultando as faixas qualificadas.

Estes limites e faixas são registradas no formulário próprio de EPS e estabelece todos os padrões a serem seguidos na soldagem de fabricação.

A Tabela 11 apresenta um resumo das variáveis de soldagem controladas e avaliadas durante a soldagem da chapa de teste.

VARIÁVEIS DE SOLDAGEM - QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM				
Variável	Reg. Teste	ASME IX		EPS
		QW	Faixa	
P-Number	3	403.11	P-Nº. 1	P-Nº. 1
A-Number	1	404.5	A-Nº. 1	A-Nº. 1
F-Number	6	404.4	F-Nº. 6	F-Nº. 6
Espessura MB	6,35 mm	403.8	1,5 a 12,7 mm	1,5 a 12,7 mm
Espessura Dep.	6,35 mm	404.30	1,5 a 12,7 mm	1,5 a 12,7 mm
Diâmetro do Tubo	N/A	404.6	Todos	Todos
Gás Proteção	CO ₂	408.2	CO ₂	CO ₂
Modo Transfer.	Globular	409.2	Globular	Globular
Pré-aquecimento	60°C	406.1	15°C a 250°C	15°C a 250°C

Tabela 11 – Relação de variáveis de soldagem e faixas qualificadas conforme ASME Sec. IX -

Fonte: O autor

4.7. Qualificação do Soldador

A qualificação dos soldadores foi realizada nas dependências da ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA em conformidade com o planejamento descrito no item 4.2, levando em consideração as variáveis de soldagem para teste de qualificação de soldadores.

Em resumo, os soldadores realizaram a soldagem de 3 juntas preparadas nas posições de soldagem 2G, 3G e 4G, conforme Figura 20. A posição de soldagem é

muito importante de ser verificada e analisada, pois a cada posição o soldador deve possuir um nível de habilidade diferente. A Tabela 12 relaciona as aptidões que o soldador terá em função da posição de teste que ele realiza. Para a qualificação deste trabalho, estão circuladas as posições que foram utilizadas.

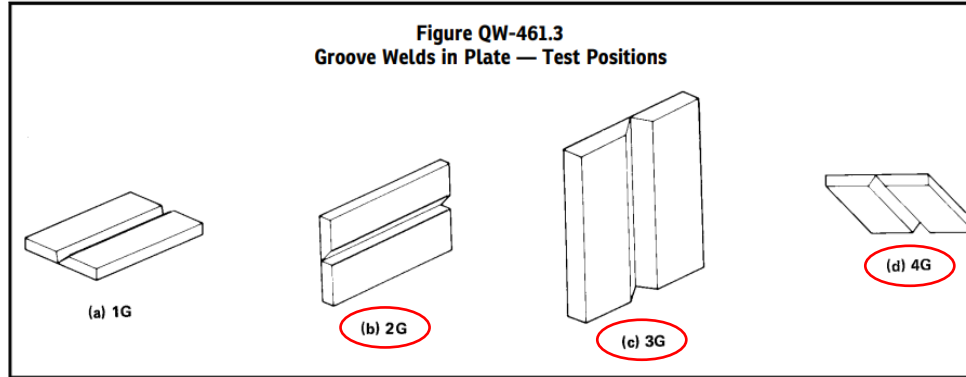


Figura 20 – Posição de Soldagem Qualificação de Soldadores – Fonte: ASME Sec. IX – Ed.2015

TABELA QW-461.9				
Limitações de Posição e Diâmetro - Qualificação de Soldador				
(Dentre outras Limitações em QW-303)				
Teste de Qualificação		Posição e Tipo de Solda Qualificada [Note (1)]		
		Chanfro		Angulo
Solda	Posição	Chapa e Tubo acima de 24 in. (610 mm) O.D.	Tubo ≤ 24 in. (610 mm) O.D.	Chapa e Tubo
Chapa - Chanfro	1G	F	F [Note (2)]	F
	2G	F, H	F, H [Note (2)]	F, H
	3G	F, V	F [Note (2)]	F, H, V
	4G	F, O	F [Note (2)]	F, H, O
	3G and 4G	F, V, O	F [Note (2)]	All
	2G, 3G, and 4G	All	F, H [Note (2)]	All
	Special Positions (SP)	SP, F	SP, F	SP, F
Chapa - Angulo	1F	...	...	F [Note (2)]
	2F	...	...	F, H [Note (2)]
	3F	...	...	F, H, V [Note (2)]
	4F	...	...	F, H, O [Note (2)]
	3F and 4F	...	...	All [Note (2)]
	Special Positions (SP)	...	...	SP, F [Note (2)]
Tubo - Chanfro	1G	F	F	F
	2G	F, H	F, H	F, H
	5G	F, V, O	F, V, O	All
	6G	All	All	All
	2G and 5G	All	All	All
	Special Positions (SP)	SP, F	SP, F	SP, F
Tubo - Angulo	1F	...	...	F
	2F	...	...	F, H
	2FR	...	...	F, H
	4F	...	...	F, H, O
	5F	...	...	All
	Special Positions (SP)	...	...	SP, F

Tabela 12 – Posição de Soldagem Qualificação de Soldadores – Fonte: ASME Sec. IX – Ed.2015

4.7.1. Preparação da Chapa de Teste (CT)

Conforme plano descrito em 4.5.1, a peça foi montada por meio de ponteamto, com duas chapas apêndice (“babadores”) para abertura do arco e início do andamento da soldagem, e a seção transversal, limpeza e posicionamentos foram inspecionados e liberados em conformidade. A Figura 21 apresenta a peça de teste preparada para a soldagem.

É muito importante que nos testes de qualificação de soldadores sejam identificados e eliminados todos os contaminantes como óleo, graxa, poeira, resíduos superficiais, desalinhamentos, entalhes, e outros que possam causar descontinuidades que não são atribuídas as habilidades e responsabilidades do soldador, para que a acurácia da aprovação ou rejeição do soldador seja a melhor e a mais justa possível.

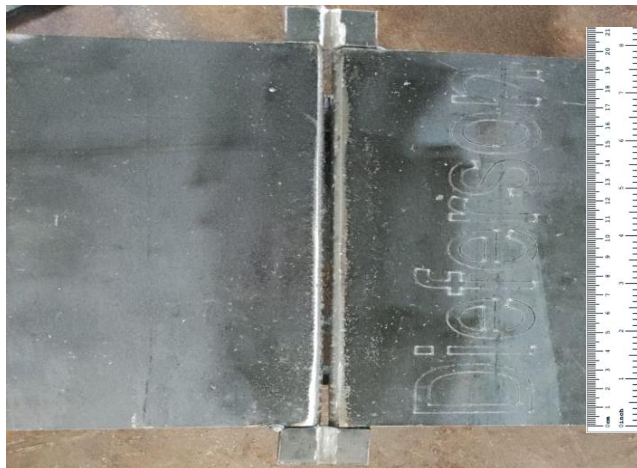



Figura 21 – Chapa de Teste de Qualificação de Soldadores – Fonte: ETEMAN

4.7.1.1. Soldagem da Junta

Conforme apresentado na Figura 22, durante a soldagem foram verificadas, registradas e inspecionadas todas as variáveis referentes à qualificação dos soldadores, conforme Registro de Acompanhamento da Qualificação do Soldador RAQS-002/23 (ver Anexo 13).



ETEMAN				ACOMPANHAMENTO DA QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR		DATA: 04/11/2023	
Nome: DIEFERSON CLEBER DA SILVA						Sinete: S-001	
CPF: 114 217 926-56				CP: 002		Iniciais: DCS	
EPS: ETM-001/23		Edição: 2023	Revisão: 0	Norma: ASME IX		Edição: 2023	
Tubo de Teste: N/A		Chapa de Teste: X		Junta de Topo: X		Brasagem: N/A	
Metal de Base: US1 SAC 350 / WS 350				Tipo de Chanfro: V			
Posição do Teste: 3G		Progressão:		Vertical Ascendente: X		Vertical Descendente: N/A	
Diâmetro do Tubo de Teste: N/A		Espess. Tubo / da Chapa: 6,35		Gás Purga: N/A			
Cobre Junta: NÃO		Processo: FCAW		Goivagem: SIM			
Camada	Processo	Consumível Diam. (mm)	Classe AWS	Marca Comercial	Espessura do Metal de Solda Depositado (mm)	Observações	
Raiz	FCAW	1,2	Obs(1)	OK TUB. 81W	6,35	(1) E81T1-C1A2-W2	
Enchimento	FCAW	1,2	Obs(1)	OK TUB. 81W		(1) E81T1-C1A2-W2	
Acabamento	FCAW	1,2	Obs(1)	OK TUB. 81W		(1) E81T1-C1A2-W2	
ENSAIO VISUAL DE SOLDA				Inspetor de Soldagem		Cliente	
Aprovado: <input checked="" type="checkbox"/>				Reprovado: <input type="checkbox"/>		Data: 04/11/2023	
ENSAIOS MECÂNICOS E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS							
Tipo	Executante	Nº Relatório	Laudo	Observações			
Gamagrafia / RX	N/A	N/A	N/A	Nº Filmes: N/A			
Ultrassom	METODO INSPEÇÕES	ETM-002.23	APROVADO				
Fratura	N/A	N/A	N/A				
Macrografia	N/A	N/A	N/A				
Observações: Instrumentos Utilizados:							
Calibre de Solda HI-LO: CH-003							
Calibre de Solda FBTS: CF-002							
Paquímetro: 04-PQ-025							
Termômetro Laser: T1-01							
Alicate Volt-Amperímetro: 99272							
Luxímetro: 2975818							
Trena Metálica: TR-023							

22 – Soldagem da Chapa de Teste de Qualificação de Soldadores – Fonte: ETEMAN

4.7.1.2. Ensaios e Testes Realizados

Conforme já foi citado anteriormente, consultando ASME – Sec. IX – Ed. 2015, no parágrafo QW-304 / 304.1, nos informa que os ensaios são: Ensaio Não Destrutivo Visual, Ensaio por Radiografia ou Ultrassom (volumétricos), ou ensaios mecânicos de dobramento.

Para os testes de qualificação dos soldadores no caso deste trabalho foram realizados ensaio visual (END-EVS) e ensaio por ultrassom (END-US).

Os resultados obtidos em ambos os ensaios foram considerados aprovados e os soldadores também foram aprovados.

VARIÁVEIS DE SOLDAGEM – QUALIFICAÇÃO DE SOLDADORES				
Variável	Reg. Teste	ASME IX		EPS
		QW	Faixa	
Processo	AT (FCAW)	355	AT (FCAW)	AT (FCAW)
Metal de Base	USI SAC 350	403	USI SAC 350	USI SAC 350
Espessura Metal de Base	6,35 mm	404	≤ 12,7 mm	6,35 mm
Espessura Depositada	6,35 mm	403	≤ 12,7 mm	6,35 mm
Diâmetro do Tubo	N/A	404	Chapa	Chapa
Gás de Proteção	CO ₂	408	CO ₂	CO ₂
Modo de Transferência	Globular	409	Globular/Spray /Curto-Circuito	Globular
Posição	2G, 3G e 4G	405	Todas	Plana
Progressão	Ascendente	405	Ascendente	N/A
Cobre-Junta	Com *	408	Com	Com

* Goivagem pelo lado oposto da face da solda (extração de raiz)

Tabela 13 – Relação de variáveis de soldagem e faixas qualificadas conforme ASME Sec. IX -

Fonte: O autor

4.7.1.3. Emissão do Certificado de Qualificação do Soldador (CQS)

Ao final dos testes, com todos os ensaios realizados, todos os registros emitidos, toda documentação é reunida, e em formulário específico de Certificado de Qualificação de Soldadores os dados são lançados, avaliados e interpretados. Não havendo falhas nos processos realizados para teste da qualificação do soldador, este documento é emitido, atestando que o soldador está apto, qualificado e habilitado a executar as soldas que satisfaçam aos padrões normativos, contratuais e de projeto.

A seguir, no Anexo 14 está apresentado um dos certificados que foram emitidos para esse projeto, servindo como exemplo de um Certificado de Qualificação de Soldadores (CQS).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente estudo foi realizado uma análise dos parâmetros, requisitos e testes, comparando-os com os padrões normativos, contratuais e de projeto, preparado toda a documentação, que se fez necessária para dar suporte e orientar toda a fabricação, e como tudo isso aconteceu na prática, garantindo que fazendo desta maneira, mitigamos os riscos e aumentamos a nossa acurácia, tanto no que é inerente à qualificação de procedimentos de

soldagem, quanto para a qualificação de soldadores. A Tabela 14 apresenta os requisitos especificados e os compara com os resultados obtidos, fornecendo o status final sobre esses resultados.

ANÁLISE FINAL DOS RESULTADOS				
QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)				
ESAIOS E TESTES REALIZADOS	REFERÊNCIA	REQUISITOS		STATUS FINAL
		ESPECIFICADO	ENCONTRADO	
Inspeção da Soldagem (antes, durante e depois)	QW-251.2 QW-255	100 %	100 %	Satisfatório
END – Visual	QW-194	Isto de Descontinuidades	Isto de Descontinuidades	Satisfatório
EM – Tração (CP1)	QW-153.1	500 - 650 Mpa	519,3 Mpa	Satisfatório
EM – Tração (CP2)	QW-153.1	500 - 650 Mpa	536,6 Mpa	Satisfatório
EM – Dobramento (CP1)	QW-163	Isto de Descontinuidades	Isto de Descontinuidades	Satisfatório
EM – Dobramento (CP2)	QW-163	Isto de Descontinuidades	Isto de Descontinuidades	Satisfatório
EM – Dobramento (CP3)	QW-163	Isto de Descontinuidades	Isto de Descontinuidades	Satisfatório
EM – Dobramento (CP4)	QW-163	Isto de Descontinuidades	Isto de Descontinuidades	Satisfatório
ANÁLISE FINAL DOS RESULTADOS				
QUALIFICAÇÃO DE SOLDADORES (CQS)				
Inspeção da Soldagem (antes, durante e depois)	QW-355	100 %	100 %	Satisfatório
END – Visual	QW-194	Isto de Descontinuidades	Isto de Descontinuidades	Satisfatório
END – Ultrassom	QW-302.2	Isto de Descontinuidades	Isto de Descontinuidades	Satisfatório

Tabela 14 – Comparação entre Especificações e Resultados Obtidos - Fonte: O autor

A qualidade das soldas oferece a garantia de atender as necessidades nas quais ela se destina, quando existe qualidade nas soldas produzidas, também se pode dizer que a segurança está garantida, soldas de qualidade estão relacionadas a durabilidade, garantia de vida útil do produto, equipamento, assim como a segurança na fabricação, nas operações durante a vida útil, coloca as pessoas que participam daquele ambiente em segurança.

Quando há divergências envolvendo o tema SOLDAGEM, são frutos da falta de conhecimento e de especialistas que estejam a frente para a condução dos processos, não observando as regulamentações, sendo executadas tanto por leigos quanto por profissionais não qualificados, que muitas das vezes buscam as opções mais baratas de se fazer sem observar a qualidade, o que acarreta soldas de péssimas ou más qualidade, que podem colocar em risco a vida das pessoas.

Muitas das vezes, quando em uma investigação de um acidente, por meio de análise de falhas da forma como determinado equipamento foi soldado, por exemplo, conclui-se que não houve processo adequado para a realização da soldagem, porém já é tarde, muitas das vezes, o pior já aconteceu. No entanto, caros leitores, essas práticas de execução de soldas não qualificadas, que não são bem desenvolvidas e especificadas, ainda continuam acontecendo.

Dito isto, este trabalho teve como o objetivo e propósito, disseminar todo o conhecimento que se faz necessário para realização de soldas com alto padrão de qualidade, que atendam a requisitos internacionais, embasando-se em critérios normativos testados e utilizados no mundo inteiro, e que podem ser aplicados em toda e qualquer fabricação, garantindo a qualidade, a segurança operacional e aos propósitos a que se destina.

Muitas vezes a solda é pensada já no ato de se tomar um equipamento (máquina de solda), um consumível, um metal de base, e já partir para abrir um arco e realizar uma solda. Mas isso, é muito insuficiente, quando de fato, se necessita realizar a soldagem de um equipamento, é preciso ir mais além, é preciso ter, ou obter, ou contratar conhecimento, desenvolver a tecnologia, planejar as atividades, pesquisar o que é pertinente e aplicável, verificar de que forma, qual o melhor processo.

Este trabalho, nos dá a oportunidade de aprender, entender, e poder aplicar os conhecimentos adquiridos, pois iniciamos nas bases teóricas, relacionamos todo o conhecimento e formamos opiniões sobre o assunto, e com o devido consentimento e apoio da empresa ETEMAN MANUTENÇÕES INDUSTRIAIS LTDA, que implantou e implementou a soldagem desta maneira assertiva e garantida, padronizando e elevando o seu nível de fabricação, ficaram oficializados e devidamente testados na prática toda a tecnologia de soldagem que foi aqui abordada.

Este trabalho nos faz entender que para realizar a soldagem das juntas de um equipamento (neste caso, as juntas circunferenciais da tubulação de despoejamento industrial), é preciso relacionar o projeto aos códigos e normas que estabelecem os requisitos aplicáveis e as necessidades para que possamos iniciar um processo representativo, da realidade da construção, fabricação e/ou montagem, por meio de chapas de teste amostrais e destes obter corpos de prova para ensaios que representam as propriedades e características necessárias para o sucesso do processo de soldagem, tanto para se elaborar uma documentação de procedimentos de soldagem (EPS), quanto para garantir que somente profissional habilitado e qualificado execute as soldas do empreendimento (soldador).

Hoje, a empresa ETEMAN MANUTENÇÕES INDUSTRIAIS LTDA., é mais uma empresa que se preocupa em fabricar, construir, montar e oferecer produtos e serviços que garantam alto nível de qualidade, segurança e confiabilidade em suas entregas. Não há dúvida de que no cenário atual, empresas que seguem este exemplo, agregam valor, geram economia, se tornam mais competitivas e atraem clientes com projetos de maior nível de responsabilidade, ou seja, clientes que não querem entregar seus projetos nas mãos de qualquer empresa. O sinônimo de ter processos, procedimentos e mão-de-obra qualificada é confiança, garantia e melhor visibilidade, que são valores fundamentais para a saúde de qualquer empresa.

6. CONCLUSÃO




O presente trabalho demonstrou com sucesso a viabilidade da qualificação de procedimento de soldagem e soldadores para o processo FCAW em aço USI SAC 350. Através da execução rigorosa das etapas estabelecidas e da obtenção de resultados satisfatórios nos ensaios, os objetivos propostos foram plenamente alcançados. A qualificação do procedimento e dos soldadores garante a conformidade dos produtos fabricados com os requisitos técnicos e normativos, contribuindo para a melhoria da qualidade e a redução de defeitos.

A empresa beneficiou-se da qualificação ao otimizar seus processos, reduzir custos com retrabalho e aumentar a confiabilidade de seus produtos. A qualificação dos soldadores, por sua vez, proporcionou o desenvolvimento profissional dos colaboradores, elevando a qualidade da mão de obra e fortalecendo a imagem da empresa no mercado.

Além dos benefícios diretos para a empresa, este trabalho contribui para a disseminação do conhecimento técnico na área de soldagem, incentivando a adoção de práticas padronizadas e seguras. A metodologia empregada pode servir como referência para a qualificação de outros processos de soldagem e materiais, contribuindo para o aprimoramento contínuo da indústria.

7. ANEXOS

É muito pertinente anexar neste trabalho, que se trata de uma experimentação prática, os principais certificados dos materiais usados, instrumentos de inspeção, medição e ensaios, para fins de comprovação da veracidade das informações registradas nos documentos que consultamos e utilizamos para a realização desta obra.

CERTIFICADO DE QUALIDADE/MILL TEST / QUALITY CERTIFICATE													
 BR-ML-OURO BRANCO-ACO ROD MG 443 KM 7 FAZENDA DO CADETE OURO BRANCO MG 36420-000 BRASIL	CLIENTE/CUSTOMER BENAFER S A COMERCIO E INDUSTRIA			ORDEM VENDA/SALES ORDER 13050765-20			DIMENSÕES/DIMENSIONS 6,30mm x 1500mm			PÁG/PAGE 1 / 2			
	PRODUTO/PRODUCT Bobina a Quente / Hot Rolled Coil			PEDIDO CLIENTE/CUSTOMER ORDER MGGE 07/2023 GERDAU//00000/			TOL. ESPESSURA/THICKNESS TOL. 0,220mm 0,220mm			NÚM.CQ/QC.NUM 8152898532			
	NORMA TÉCNICA DO AÇO/SPECIFICATION WS350 GERDAU			TIPO DE BORDA/EDGE TYPE Natural / Mill edge			TOL. LARGURA/WIDTH TOL. 0mm 38mm			DATA/DATE 18.07.2023			
				COND. FORNECIMENTO/DELIVERY COND. Como Laminado / As rolled			TIPO SUPERFÍCIE/SURFACE TYPE S2 / S2			NF/INVOICE 002717009			
ID VOLUME/VOLUME ID 230711118820	BOBINA MÃE/MOTHER COIL NÃO/NO		PESO/WEIGHT (T) 11,320		CORRIDA/HEAT 27137536		AMOSTRA/SAMPLE 27137536001 27137536003						
COMPOSIÇÃO QUÍMICA/CHEMICAL COMPOSITION													
CORRIDA/HEAT	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Al T (%)	Cr (%)	Cu (%)	Ti (%)	Mo (%)	Nb (%)	Ni (%)	
27137536	0,08	0,65	0,30	0,027	0,003	0,028	0,38	0,29	0,015	0,00	0,028	0,19	
	V (%)	B (%)	Ca (%)	N (%)	CEQ2 (%)								
27137536	0,004	0,0001	0,0004	0,0040	0,30								
TRAÇÃO/TENSILE TEST													
AMOSTRA/SAMPLE	DIREÇÃO/DIRECTION	POSIÇÃO/POSITION		LE/YS 0,2% (MPa)	LR/TS (MPa)	ALONG/ELONG (%)							
27137536001	Transversal	1/4 Larg / Width		462	542	37,0							
27137536003	Transversal	1/4 Larg / Width		483	549	36,0							
BASE DE MEDIDA/GAUGE LENGTH : L0: 50 mm													
DOBRAMENTO/BENDING													
AMOSTRA/SAMPLE	DIREÇÃO/DIRECTION	POSIÇÃO/POSITION		ÂNGULO/ANGLE	Ø (xR/XT) (mm)	RESULTADO/RESULT							
27137536001	Transversal	1/4 Larg / Width		180	1,0	APROVADO							
27137536003	Transversal	1/4 Larg / Width		180	1,0	APROVADO							
OBSERVAÇÕES/REMARKS													
<p>Todas as fontes de radiação são monitoradas e controladas. Toda sucata utilizada no processo de fabricação do aço na usina de Ouro Branco é gerada internamente. Certificamos que este material é isento de contaminação por radiação.</p> <p>All radiation sources are verified and controlled.</p> <p>All scrap used at Gerdauro Branco is internally generated.</p> <p>We certify that this material is free of contamination by radiation.</p>													
<p>A Gerdauro S.A. certifica que o material aqui descrito está de acordo com as especificações técnicas aplicáveis. Como proteção mútua para cliente e fornecedor, este certificado é considerado como confidencial e não pode ser transcrito ou reproduzido sem a autorização por escrito da Gerdauro S.A.</p> <p>Gerdauro S.A. certifies that the material herein described is in accordance with the applicable technical specifications. As mutual protection for customer and supplier, this certificate is</p>													
							VISTORIADOR/SURVEYOR			GERENTE DE QUALIDADE/QUALITY MANAGER			
										 THAYNE OLIVEIRA SILOTTI			
 BR-ML-OURO BRANCO-ACO ROD MG 443 KM 7 FAZENDA DO CADETE OURO BRANCO MG 36420-000 BRASIL													
CLIENTE/CUSTOMER BENAFER S A COMERCIO E INDUSTRIA			ORDEM VENDA/SALES ORDER 13050765-20			DIMENSÕES/DIMENSIONS 6,30mm x 1500mm			PÁG/PAGE 2 / 2				
PRODUTO/PRODUCT Bobina a Quente / Hot Rolled Coil			PEDIDO CLIENTE/CUSTOMER ORDER MGGE 07/2023 GERDAU//00000/			TOL. ESPESSURA/THICKNESS TOL. 0,220mm 0,220mm			NÚM.CQ/QC.NUM 8152898532				
NORMA TÉCNICA DO AÇO/SPECIFICATION WS350 GERDAU			TIPO DE BORDA/EDGE TYPE Natural / Mill edge			TOL. LARGURA/WIDTH TOL. 0mm 38mm			DATA/DATE 18.07.2023				
			COND. FORNECIMENTO/DELIVERY COND. Como Laminado / As rolled			TIPO SUPERFÍCIE/SURFACE TYPE S2 / S2			NF/INVOICE 002717009				
considered as confidential and can not be transcribed or reproduced without the written authorization of Gerdauro S.A.										CREA 249773			

Anexo 1 – Certificado do Metal de Base – Fonte: ETEMAN

ASAI
SOLUÇÕES METROLÓGICAS INTEGRADAS

Certificado de Calibração
Laboratório Medição Contagem

Certificado: 250631/23 Data Calibração: 29/09/2023 Validade: 09/2024
OS: 881824-A/2023 1 / 3

Solicitante: ICSK BRASIL CONSTRUÇÃO LTDA.
Rua Getúlio Vargas, 234 - Centro - Itabrito - MG - 35.450-072 - Brasil

Contratante: ICSK BRASIL CONSTRUÇÃO LTDA.

Características do Instrumento
Descrição: CALIBRE DE SOLDA FBTS Identificação: CF-002
Marca: CARBOGRAFITE Modelo: -
Nº Série: -

MEDICÃO
SOLUÇÕES METROLÓGICAS INTEGRADAS

Certificado de Calibração
Laboratório Medição Curitiba

Certificado: 275146/22 Data Calibração: 21/10/2022 Validade: 10/2023
OS: 796523-E/2022 1 / 4

Solicitante: ICSK BRASIL CONSTRUÇÃO LTDA.
Rua Getúlio Vargas, 234 - Centro - Itabrito - MG - 35.450-072 - Brasil

Contratante: NEGRELLO COMERCIO DE FERRAMENTAS EIRELI

Características do Instrumento
Descrição: CALIBRE DE SOLDA HILO Identificação: CH-003
Marca: CARBOGRAFITE Modelo: CE-CG 298
Nº Série: -

ASAI
SOLUÇÕES METROLÓGICAS INTEGRADAS

Certificado de Calibração
Laboratório Medição Montes Claros

Certificado: 263299/23 Data Calibração: 10/10/2023 Validade: 10/2026
OS: 884295-A/2023 1 / 2

Solicitante: ETEMAN MANUTENCAO INDUSTRIAL EIRELI
Rua E.180 - Distrito Industrial - Várzea Da Palma - MG - 39260-000 - Brasil

Contratante: ETEMAN MANUTENCAO INDUSTRIAL EIRELI

Características do Instrumento
Descrição: PAQUIMETRO DIGITAL Identificação: 04-PQ-025
Marca: INSIZE Modelo: 1106-601
Nº Série: 0303221139

ASAI
SOLUÇÕES METROLÓGICAS INTEGRADAS

Certificado de Calibração
Laboratório Medição Contagem

Certificado: 251292/23 Data Calibração: 29/09/2023 Validade: 09/2024
OS: 881824-A/2023 1 / 1

Solicitante: ICSK BRASIL CONSTRUÇÃO LTDA.
Rua Getúlio Vargas, 234 - Centro - Itabrito - MG - 35.450-072 - Brasil

Contratante: ICSK BRASIL CONSTRUÇÃO LTDA.

Características do Instrumento
Descrição: LUXIMETRO Identificação: 2975818
Marca: MINIPA Modelo: MLM-1011
Nº Série: 2975818

MEDICÃO
SOLUÇÕES METROLÓGICAS INTEGRADAS

Certificado de Calibração
Laboratório Medição Montes Claros

Certificado: 76070/23 Data Calibração: 31/03/2023 Validade: 03/2024
OS: 831483-A/2023 1 / 1

Solicitante: ETEMAN MANUTENCAO INDUSTRIAL EIRELI
Rua E.180 - Distrito Industrial - Várzea Da Palma - MG - 39260-000 - Brasil

Contratante: ETEMAN MANUTENCAO INDUSTRIAL EIRELI

Características do Instrumento
Descrição: TERMÔMETRO INFRAVERMELHO Identificação: TI-41
Marca: MINIPA Modelo: MT-350

VICTOR Brasil VICTOR HI-TECH DO BRASIL LTDA
Sistema de Gestão da Qualidade Certificado ISO 9001-2015
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 70338/23

Página 1 de 2

Cliente: ENGESHOP COMÉRCIO DE FERRAMENTAS LTDA SÃO PAULO SP
Endereço: RUA EDGAR DE CAMPOS, 95

Solicitante: O MESMO
Endereço:

Instrumento: MEDIDOR DE INCLINAÇÃO
Marca: DASQUA
Modelo: N/C
Série: N/C Capacidade: N/C
Nº patrimonial: N/C Resolução: N/C
Nº O.S.: 01313/23 Data Entrada do Instrumento: 12/08/2023

Anexo 2 – Certificado dos Instrumentos – Fonte: ETEMAN

ESAB **CERTIFICADO DA QUALIDADE**
Quality Certificate / Certificado de Calidad
Conforme ASMESFA5.01/2019 Programa(Schedule) F

Produto :	OK TUBROD 81W 1,20 MM CPR 12,5KG	Data de Produção :	01.06.2021
Lote :	VT121T6891		
Classificação :	AWS A5.29-10 ASME SFA5.29/ 2019 ES1T1-W2M-H8 AWS A5.36-10 ASME SFA5.36/ 2015 ES1T1-CIA2-W2		
Corpos de Prova de Metal Depositado <i>All-Weld Metal Test Assemblies/Corpos de Prova de Metal Depositado</i>			
Análise Química (%) <i>Chemical Analysis/Análise Química</i>			
C	Si	Mn	P
0,050	0,400	0,750	0,004
	Cr	Ni	Cu
	0,460	0,490	0,460
Propriedades Mecânicas Típicas <i>Typical Mechanical Properties / Propriedades Mecânicas Típicas</i>			
Resistência a Tração (MPa)/Tensile Strength/Resistência a la Tracion		650	
Limite de Escoamento (MPa)/Yield Strength/Limite de Fluencia		580	
Alongamento (%)/Elongation/Alargamiento		25	
Teste de Impacto CHARPY-V (J)/Impact Test/Ensayo de Impacto		35	
Temperatura (°C)/Temperature/Temperatura		-30	
Teste de Filete <i>Fllet Weld Test / Ensayo de Filete</i>			
ATENDE AOS REQUISITOS SATISFY THE REQUIREMENTS ATIENDE A LOS REQUISITOS			
Qualidade Radiográfica <i>Radiographic Test/Calidad Radiográfica</i>			
ATENDE AOS REQUISITOS SATISFY THE REQUIREMENTS ATIENDE A LOS REQUISITOS			
Observações <i>Observations/Observaciones</i>			
SOLDADO COM GAS 100%CO2WELDED WITH GAS 100%CO2SOLDADO COM GAS 100%CO2 H2 DIFUSIVEL MÁX 8ML/100G MAX DIFFUSIBLE H2 8ML/100G H2 DIFUSIBLE MAX 8ML/100G			

Anexo 3 – Certificado dos Consumíveis de Soldagem – Fonte: ETEMAN

REV. 3
25/03/21

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE

Contagem , 11 julho de 2023

PRODUTO: CO2 INDUSTRIAL

Este produto atende aos requisitos das normas ISO 14175/2008 e AWS A5.32M/2011

ESPECIFICAÇÃO : ISO 14175/2008

Produto	Composição	Pureza (%)	Ponto de Orvalho °C	Umidade ppm máx.
ISO 14175 - C	CO2	99,80%	-40°C	120
CO2	CO2	99,90%	-40°C	120

Tipo de Cilindro : B-50
Pressão : 70 kgf/cm²
Volume : 25 Kg
DATA FABRICAÇÃO: 11/07/2023
LOTE : 31

Embalagem de Transporte: O produto comprimido a alta pressão é acondicionado e transportado em cilindros de aço ou alumínio, sem costura.

VALIDADE: 5 anos

CARACTERÍSTICAS : Incolor, inodoro, insípido, não inflamável, não tóxico, asfixiante, inerte não corrosivo, gás comprimido.

ATENÇÃO : Feche a válvula do cilindro quando a pressão atingir 2,0 Kgf/cm²

RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA E MANUSEIO :

- Cilindros de gases comprimidos devem ser estocados longe de risco de fogo , em área ventilada.
- A mistura pode ser asfixiante porque desloca o O2 do recinto causando a redução da concentração de O2.
- A temperatura do cilindro nunca deve exceder 45°C .
- Não use chama ou calor para elevar a pressão do cilindro.
- O cilindro não deve ser submetido a impactos violentos.
- Use luvas de segurança para manusear o cilindro.
- Remova o lacre do cilindro apenas quando for usá-lo.

PRIMEIROS SOCORROS : Em caso de exposição à atmosferas ricas em CO2, remover a vítima para lugares bem ventilados. (CNTP - Condições Normais de Temperatura e Pressão, 21°C e 1 atm)

Garantia: Nós garantimos que nossos produtos estão de acordo com as informações técnicas acima.

DocuSigned by:

Jardel Costa Domingos

9D1E39D7A1CF4F1...

Jardel Domingos / Resp. Técnico - CRQ 03317298 - 4ª Região
Estrada da Boa Esperança, 650, Bom Pastor, Belford Roxo - RJ
Tel: 21 2662-2363



Várzea da Palma-MG, 06 de agosto de 2024

CARTA DE AUTORIZAÇÃO

ÀTT:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG.

Venho por meio desta, conceder autorização para que o Sr. José Pracídio Andrade, portador do CPF: 049.582.986-22 e RG-MG-11.704.152, possa divulgar, para fins de trabalho acadêmico, nesta entidade (UFMG), os dados da qualificação da EPS-ETM-001/23 (Rev. 0) de propriedade da empresa **ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.**

Atenciosamente,

07.059.960/0001-78
ETEMAN SERVICE
 ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA
 RUA E Nº180 - Distrito Industrial
 CEP 38260-000
 VÁRZEA DA PALMA - MG


Ricardo Antônio De Oliveira

ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.
CNPJ: 07.059.960/0001-78
 Rua Eng. Ricardo Antônio De Oliveira, 180, Cep: 38260-000,
 Distrito Industrial, Várzea Da Palma, Mg


ETEMAN		REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM		Nº RQPS: <i>RQPS-ETM-001/23</i>	
		RQPS		REV.: <i>0</i>	
				FOLHA: <i>1 / 5</i>	
				DATA: <i>03/11/2023</i>	
CLIENTE	CONTRATO	PROJETO			
		<i>FABRICAÇÃO / MONTAGEM / MANUTENÇÃO</i>			
NORMAS REFERÊNCIA	PROCESSO (A)	TIPO			
	<i>FCAW (AT)</i>	<i>SEMI-AUTOMÁTICO</i>			
	PROCESSO (B)				
<i>ASME Sec. IX - Ed. 2021</i>	PROCESSO (C)	TIPO			
CROQUI				DIMENSÕES DO CHANFRO	
				TIPOS DE CHANFRO	ÂNGULO (grau)	NARIZ (mm)	ABERTURA (mm)
		<i>V SIMPLES</i>	<i>60°</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>
VARIÁVEIS		PARÂMETROS DO TESTE DE QUALIFICAÇÃO			
METAL BASE (A)	METAL BASE	<i>USI SAC 350 / WS 350 (1)</i>	P Nº	<i>N/A</i>	GRUPO Nº
					<i>N/A</i>
METAL BASE (B)	METAL BASE	<i>USI SAC 350 / WS 350 (1)</i>	P Nº	<i>N/A</i>	GRUPO Nº
					<i>N/A</i>
DIÂMETRO / POSIÇÃO	DIÂMETRO	<i>N/A</i>	POSIÇÃO		
			<i>PLANA</i>		
ESPESSURA METAL BASE (mm)	CHANFRADO	<i>6,35 mm</i>	FILETADO		
ESPESSURA METAL DE SOLDA DEPOSITADO (mm)	PROCESSO	<i>FCAW (AT)</i>	ESPESSURA (mm)		
			<i>6,35 mm</i>		
CONSUMÍVEIS DE SOLDAGEM					
DESCRIÇÃO	RAÍZ / REFORÇO	ENCHIMENTO	ACABAMENTO	TUNGSTÊNIO	
ESPECIFICAÇÃO (SFA)	<i>5.29 / 5.36</i>	<i>5.29 / 5.36</i>	<i>5.29 / 5.36</i>	<i>N/A</i>	
CLASSE (SFA)	<i>E 81T1-C1A2-W2</i>	<i>E 81T1-C1A2-W2</i>	<i>E 81T1-C1A2-W2</i>	<i>N/A</i>	
FABRICANTE	<i>ESAB</i>	<i>ESAB</i>	<i>ESAB</i>	<i>N/A</i>	
MARCA COMERCIAL	<i>OK TUBROD 81W</i>	<i>OK TUBROD 81W</i>	<i>OK TUBROD 81W</i>	<i>N/A</i>	
DIÂMETRO (mm)	<i>1,2</i>	<i>1,2</i>	<i>1,2</i>	<i>N/A</i>	
Nº F	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>N/A</i>	
Nº A	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>N/A</i>	
PROGRESSÃO	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	
TIPO DE TRANSFERÊNCIA	<i>GLOBULAR</i>	<i>GLOBULAR</i>	<i>GLOBULAR</i>	<i>N/A</i>	
GASES DE PROTEÇÃO					
CLASSIFICAÇÃO	PROCESSO (A)	PROCESSO (B)	PROCESSO (C)	GÁS DE PURGA	
TIPO	<i>CO₂</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	
FABRICANTE	<i>AIR LÍQUIDE</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	
COMPOSIÇÃO (%)	<i>100%</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	
VAZÃO (l/min)	<i>16</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	


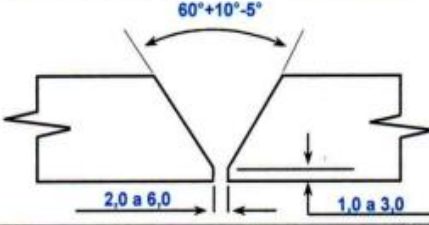
Anexo 6 – Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem – RQPS - Fl. 1/5 -


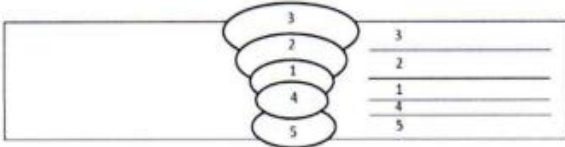
Fonte: ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA


	REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM RQPS			N° RQPS: <i>RQPS-ETM-001/23</i>
				REV.: <i>0</i>
				FOLHA: <i>2 / 5</i>
				DATA: <i>03/11/2023</i>
VARIÁVEIS	PARÂMETROS DO TESTE DE QUALIFICAÇÃO			
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS				
DESCRIÇÃO	RAÍZ	REFORÇO	ENCHIMENTO	ACABAMENTO
TIPO DE CORRENTE	<i>CONTÍNUA</i>	<i>CONTÍNUA</i>	<i>CONTÍNUA</i>	<i>CONTÍNUA</i>
POLARIDADE	<i>INVERSA</i>	<i>INVERSA</i>	<i>INVERSA</i>	<i>INVERSA</i>
TENSÃO (V)	<i>24 – 30</i>	<i>25 – 32</i>	<i>25 – 30</i>	<i>26 – 30</i>
CORRENTE (A)	<i>150 – 192</i>	<i>165 – 245</i>	<i>175 – 235</i>	<i>190 – 240</i>
CONTROLE DE TEMPERATURA DA SOLDAGEM				
PROCESSO	MÉTODO DE AQUECIMENTO		MÉTODO DE MEDIÇÃO TEMPERATURA	
	<i>MAÇARICO GLP</i>		<i>TERMÔMETRO DIGITAL</i>	
TEMPERATURA DE SOLDAGEM	PRÉ-AQUECIMENTO E TEMPERATURA INTERPASSES			
	MÍNIMO (°C)	<i>15°C</i>	MÁXIMO (°C)	<i>250°C</i>
TEMPERATURA APÓS SOLDAGEM	PÓS-AQUECIMENTO			
	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	<i>-</i>	TEMPO (minutos)	<i>-</i>
TRATAMENTO TÉRMICO				
TEMPERATURAS E TAXAS DE CONTROLE	TAXA DE AQUECIMENTO (°C/Hora)		TAXA DE RESFRIAMENTO (°C/Hora)	
	<i>-</i>		<i>-</i>	
	TEMPERATURA PATAMAR (°C)		TEMPO DE PATAMAR (minutos)	
<i>-</i>		<i>-</i>		
TEMPERATURA DE CONTROLE (°C)		PROCESSO DE TRATAMENTO		
<i>-</i>		<i>-</i>		
TÉCNICA				
DESCRIÇÃO	RAÍZ	REFORÇO	ENCHIMENTO	ACABAMENTO
VELOCIDADE DE SOLDAGEM (mm/min)	<i>83</i>	<i>145</i>	<i>151 – 166</i>	<i>147 - 162</i>
VELOCIDADE ALIMENTAÇÃO ARAME (mm/min)	<i>295</i>	<i>320</i>	<i>294 – 315</i>	<i>292 - 320</i>
HEAT INPUT (kJ/mm)	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
TIPO DE CORDÃO	<i>ESTREITO</i>	<i>OSCILANTE</i>	<i>OSCILANTE</i>	<i>OSCILANTE</i>
LARGURA DO PASSE (mm)	<i>15,0</i>	<i>15,0</i>	<i>15,0</i>	<i>15,0</i>
COBRE-JUNTA / GOIVAGEM	<i>GOIVAGEM / REMOÇÃO DE RAÍZ</i>			
TIPO DE VERNIZ DE PROTEÇÃO DO CHANFRO	<i>RISKEY – APLICAÇÃO COM PINCEL</i>			
STICK OUT (mm)	<i>-</i>			
TEMPERATURA DE IMPACTO	<i>PROCEDIMENTO SEM REQUISITO DE IMPACTO</i>			
LIMPEZA/PADRÃO SUPERFÍCIE ANTES E APÓS SOLDAGEM	<i>ESMERILHAMENTO COM DISCOS ABRASIVOS E ESCOVAS MANUAIS OU ROTATIVAS</i>			

Anexo 7 – Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem – RQPS - Fl. 2/5 - Fonte: ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA

		REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM		Nº RQPS: <i>RQPS-ETM-001/23</i>	
		RQPS		REV.: <i>0</i>	
				FOLHA: <i>5 / 5</i>	
				DATA: <i>03/11/2023</i>	
RELATÓRIOS DE TESTES E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS					
DESCRIÇÃO	Nº PROCEDIMENTO	Nº RELATÓRIO	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO	LAUDO	
<i>REGISTRO DE INSPEÇÃO</i>	<i>CONFORME NORMA</i>	<i>RAIS-001/23</i>	<i>ASME - B31.3</i>	<i>AP</i>	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
CERTIFICADOS DOS CONSUMÍVEIS					
DESCRIÇÃO	FABRICANTE	Nº CERTIFICADO	CORRIDA	LAUDO	
<i>SFA 5.29/5.36 E81T1-C1A2-W2</i>	<i>ESAB</i>	<i>VT121T6891</i>	<i>VT121T6891</i>	<i>AP</i>	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
CERTIFICADOS DOS MATERIAIS BASE					
DESCRIÇÃO	FABRICANTE	Nº CERTIFICADO	CORRIDA	LAUDO	
<i>USI SAC 350 / WS 350</i>	<i>GERDAU</i>	<i>8152898532</i>	<i>27137536</i>	<i>AP</i>	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO / AFERIÇÃO DE INSTRUMENTOS					
DESCRIÇÃO	Nº INSTRUMENTO	Nº CERTIFICADO	VALIDADE	LAUDO	
<i>PAQUIMETRO</i>	<i>04-PQ-025</i>	<i>263299/23</i>	<i>10/2026</i>	<i>AP</i>	
<i>CALIBRE DE SOLDA</i>	<i>CF-002</i>	<i>250931/23</i>	<i>09/2024</i>	<i>AP</i>	
<i>INCLINÔMETRO</i>	<i>01313/23</i>	<i>70338/23</i>	<i>06/2024</i>	<i>AP</i>	
<i>TRENA</i>	<i>TR-023</i>	<i>182867/23</i>	<i>07/2024</i>	<i>AP</i>	
<i>TERMÔMETRO DIGITAL</i>	<i>TI-01</i>	<i>76070/23</i>	<i>03/2024</i>	<i>AP</i>	
<i>ALICATE AMPERIMETRO</i>	<i>99.272</i>	<i>8711.2</i>	<i>02/2024</i>	<i>AP</i>	
<i>TERMOHIGRÔMETRO</i>	<i>TH-01</i>	<i>76086/23</i>	<i>03/2024</i>	<i>AP</i>	
<i>LUXÍMETRO</i>	<i>2975818</i>	<i>251292/23</i>	<i>09/2024</i>	<i>AP</i>	
OBSERVAÇÕES GERAIS					
<p>Notas:</p> <p>(1) ASTM A588 Gr. A / B, E SIMILARES (MATERIAL LISTADO EM ASME IX);</p>					


	ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM EPS		EPS Nº			
			EPS-ETM-001/23			
	Rev.	Folha	Data			
0	1 / 2	03/11/2023				
NORMA REFERÊNCIA: ASME Sec. IX - Ed. 2023			BASEADO NA RQPS Nº: RQPS-ETM-001/23			
PROCESSO SOLDAGEM: FCAW (AT)			TIPO: <input type="checkbox"/> Manual <input checked="" type="checkbox"/> Semi Automático <input type="checkbox"/> Automático			
DETALHE DA JUNTA: 						
METAL BASE			PRÉ / PÓS – AQUECIMENTO			
ESPECIFICAÇÃO: USI SAC 350 / WS 350			TEMP. PRÉ AQUECIM.: ≥ 15°C			
FAIXA QUALIFICADA: USI SAC 350 / WS 350			TEMP. INTERPASSES: ≤ 315°C			
DIÂMETRO: N/A			TEMP. PÓS AQUECIM.: N/A			
FAIXA QUALIFICADA: TODOS			TÉCNICA: N/A			
ESPESSURA METAL DE BASE: 6,35 mm			OBSERVAÇÕES:			
FAIXA QUALIFICADA: 1,5 mm A 12,7 mm						
			QUALIFICAÇÃO SEM REQUISITO DE IMPACTO			
POSIÇÃO			TRATAMENTO TÉRMICO PÓS-SOLDAGEM			
POSIÇÃO DE SOLDAGEM: TODAS			TAXA DE AQUECIMENTO: N/A			
PROGRESSÃO DE SOLDAGEM: ASCENDENTE			TEMPERATURA TRATAMENTO TÉMICO: N/A			
TEMPO DO INÍCIO DO 1º PASSE AO INÍCIO DO 2º PASSE: N/A			TEMPO TRATAMENTO TÉRMICO: N/A			
TEMPO ENTRE DEMAIS PASSES: N/A			TAXA RESFRIAMENTO: N/A			
COBRE JUNTA / GOIVAGEM: COM ou SEM			CONTROLE TEMPERATURA ATÉ: N/A			
GÁS DE PROTEÇÃO			GÁS DE PURGA			
TIPO: CO ₂			TIPO: N/A			
COMPOSIÇÃO: 99,90%			COMPOSIÇÃO: N/A			
VAZÃO: 12 – 25 L/min.			VAZÃO: N/A			
OBSERVAÇÕES: N/A			OBSERVAÇÕES: N/A			
METAIS DE ADIÇÃO						
Passe	Classe (SFA)	Especificação (SFA)	F Nº	Diâmetro (mm)	Classe Fluxo	Fabricante / Marca Comercial
Raiz	E 81T1-C1A2-W2	A 5.29/36	6	1,2	-	ESAB / OK TUBROD 81W
Reforço	E 81T1-C1A2-W2	A 5.29/36	6	1,2	-	ESAB / OK TUBROD 81W
Enchimento	E 81T1-C1A2-W2	A 5.29/36	6	1,2	-	ESAB / OK TUBROD 81W
Acabamento	E 81T1-C1A2-W2	A 5.29/36	6	1,2	-	ESAB / OK TUBROD 81W
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS						
Passe	Tipo de Corrente	Polaridade	Tensão (V)	Corrente (A)	Eletrodo Tungstênio	
Raiz	CONTÍNUA (CC)	INVERSA (+)	24 a 30	150 a 192	N/A	
Reforço	CONTÍNUA (CC)	INVERSA (+)	25 a 32	165 a 245	N/A	
Enchimento	CONTÍNUA (CC)	INVERSA (+)	25 a 30	175 a 235	N/A	
Acabamento	CONTÍNUA (CC)	INVERSA (+)	26 a 30	190 a 240	N/A	

		ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM EPS			EPS Nº		
					EPS-ETM-001/23		
Rev.	Folha	Data					
0	2 / 2	03/11/2023					
TÉCNICA DE SOLDAGEM							
Passe	Tipo de Cordão	Oscilação (mm) Máximo	Eletrodo (Múltiplo ou Simples)	Velocidade Soldagem (mm/min.)	Velocidade Alimentação do Arame (mm/min.)	Heat-input (kJ/mm) máximo	
Raiz	OSCILANTE	15	SIMPLES	145 - 240	675 - 935	-	
Reforço	OSCILANTE	15	SIMPLES	220 - 475	675 - 935	-	
Enchimento	OSCILANTE	15	SIMPLES	225 - 445	675 - 935	-	
Acabamento	OSCILANTE	15	SIMPLES	205 - 340	675 - 935	-	
SEQUÊNCIA DE SOLDAGEM							
							
LIMPEZA INICIAL:	ESMERILHAMENTO / ESCOVAMENTO						
LIMPEZA INTERPASSE:	ESMERILHAMENTO / ESCOVAMENTO						
MÉTODO DE GOIVAGEM:	ESMERILHAMENTO						
MODO DE TRANSFERÊNCIA:	GLOBULAR						
ACOPLAMENTO:	COM DISPOSITIVO AUXILIAR DE MONTAGEM OU PONTEAMENTO						
OBSERVAÇÕES:	<ol style="list-style-type: none"> A soldagem não deve ser executada, quando a superfície da peça, numa faixa de 150 mm, centrada na raiz da junta a ser soldada, estiver úmida, ou a temperatura inferior a 15°C. A soldagem pode ser executada, desde que, a região a ser soldada seja aquecida, no mínimo a 50°C. Este procedimento se aplica também, para a soldagem de reparos. Qualificação para todos os diâmetros e espessuras para soldas em ângulo (soldas de filete). Para o consumível, utilizar a marca comercial indicada ou qualquer marca homologada pela FBTS, conforme especificação SFA. Range de LMRT qualificado para 500 Mpa – 650 Mpa. 						

 www.eteman.com.br 32 9 9894-4286	ACOMPANHAMENTO DA QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR				DATA: 04/11/2023	
					PÁG: 1/1	
					NºRAQS: 002/23	
Nome : DIEFERSON CLEBER DA SILVA				Sinete : S-001		
CPF: 114.217.926-56			CP: 002		Iniciais : DCS	
EPS: ETM-001/23		Edição: 2023	Revisão: 0	Norma : ASME IX		Edição: 2023
Tubo de Teste: N/A	Chapa de Teste: X		Junta de Topo: X		Brasagem: N/A	
Metal de Base: USI SAC 350 / WS 350			Tipo de Chanfro: V			
Posição do Teste: 3G		Progressão:		Vertical Ascendente: X	Vertical Descendente: N/A	
Diâmetro do Tubo de Teste : N/A		Espess.Tubo / da Chapa : 6,35		Gás Purga : N/A		
Cobre Junta : NÃO		Processo : FCAW		Goivagem : SIM		
Camada	Processo	Consumível			Espessura do Metal de Solda Depositado (mm)	Observações
		Diam. (mm)	Classe AWS	Marca Comercial		
		1,2	Obs(1)	OK TUB. 81W		
		1,2	Obs(1)	OK TUB. 81W		
Raiz	FCAW	1,2	Obs(1)	OK TUB. 81W	6,35	(1) E81T1-C1A2-W2
Enchimento	FCAW	1,2	Obs(1)	OK TUB. 81W	6,35	(1) E81T1-C1A2-W2
Acabamento	FCAW	1,2	Obs(1)	OK TUB. 81W	6,35	(1) E81T1-C1A2-W2
ENSAIO VISUAL DE SOLDA				Inspetor de Soldagem		Cliente
Aprovado : X		Reprovado :		José Pracídio Andrade		
				Data : 04/11/2023		Data : 04/11/2023
ENSAIOS MECÂNICOS E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS						
Tipo	Executante		Nº Relatório		Laudo	Observações
Gamagrafia / RX	N/A		N/A		N/A	Nº Filmes : N/A
Ultrassom	MÉTODO INSPEÇÕES		ETM-002.23		APROVADO	
Fratura	N/A		N/A		N/A	
Macrografia	N/A		N/A		N/A	
Observações : Instrumentos Utilizados:						
Calibre de Solda HI-LO:		CH-003				
Calibre de Solda FBTS:		CF-002				
Paquímetro:		04-PQ-025				
Termômetro Laser:		TI-01				
Alicate Volt-Amperímetro:		99272				
Luxímetro:		2975818				
Trena Metálica:		TR-023				

Anexo 13 – Registro de Acompanhamento de Qualificação de Soldador - RAQS - FI. 1/1 -

Fonte: ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA

 www.eteman.com.br 38 9 9894-4206		CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR WELDING PERFORMANCE QUALIFICATION CERTIFICATE					
CQS Nº: WPQ	001/23	REV.: Rev	0	DATA: Date	05/11/2023	FOLHA: Page	01/01
NOME: Welder's name						SINETE: Stam nº	
NORMA: Code		ADENDA: Addenda		Nº TESTE Test nº		CP - 001 / 002 / 003	
PROCESSO: Welding process(es) used		Nº EPS: WPPS nº		Nº RQPS: PQR nº		ETM-001/23	
TIPO: Type		MATERIAL Base material(s) welded		ESPESSURA MB Thickness		6,35 mm	
CONSUMÍVEL AWS: Filler metal Classification		FABRICANTE: Manufacturer		MARCA: Tradename		OK TUBROD 81W	
VARIÁVEL Variable		VALORES ATUAIS Actual Values				FAIXA DE QUALIFICAÇÃO Qualified Range	
MATERIAL BASE Base material nº P		Nº P	1	Gr	1	Nº P e S: 1 a 15F, 34,41 a 49	
POSIÇÃO/DIÂMETRO Welding position/diameter		POSIÇÃO Position	2G / 3G / 4G	Ø DIÂMETRO Diameter (IN)	N/A	QUALIFICADO PARA AS POSIÇÕES: Qualified Positions	
		TUBO Pipe	CHAPA Plate	FILETE Fillet	CHANFRO Groove	QUALIFICADO PARA TUBOS Ø (mm): Qualified Diameters	
		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 73,0	
						QUALIFICADO PARA SOLDA EM ÂNGULO: Fillet Qualification	
						TODAS	
ESPESSURA DO METAL DE SOLDA DEPOSITADO Welding deposition thickness for each process		6,35 mm				CHANFRO: Groove	
						FILETE Fillet	
						ATÉ 12,7 mm	
PROGRESSÃO Progression		ASCENDENTE Uphill	X	DESCENDENTE Downhill	N/A	ASCEND. Uphill	X
COBRE-JUNTA Backing metal		COM With	X	SEM Without	N/A	COM With	X
CONSUMÍVEL Consumable		Nº F	6	Nº F	6		
GÁS DE PURGA Backing Gas		TIPO Type	SEM		TIPO Type	COM E SEM	
CORRENTE Current		CONTÍNUA Continue	X	ALTERNADA Alternate	N/A	CONTÍNUA Continue	X
POLARIDADE Polarity		DIRETA Direct	N/A	INVERSA Reverse	X	DIRETA Direct	N/A
						ALTERNADA Alternate	N/A
						INVERSA Reverse	X
ENSAIOS MECÂNICOS E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS Mechanical and Non-Destructive Testing							
TIPO Type	EXECUTANTE Execution Responsible	Nº RELATÓRIO Report Nr.	RESULTADO Result	OBSERVAÇÕES Observation			
VISUAL Visual	JOSÉ PRACÍDIO ANDRADE	RAQS-001/002/003	APROVADO	SNQC: 2942N2			
ULTRASSOM Ultrasonic Testing	CARLOS ROBERTO NAZARETH	ETM-001/002/003	APROVADO	ASNT: 025.23			
DOBRAMENTO Bend test	-	-	-	-			
RASTREAMENTO DE SOLDAS PARA MANUTENÇÃO DAS QUALIFICAÇÕES DOS SOLDADORES/OPERADORES Identification of welding for maintenance qualification of welders/welding operator							
DATA RENOVAÇÃO Renovation date	IDENTIFICAÇÃO DA JUNTA Nº. ISOMÉTRICO / JUNTA / LINHA Joint identification (line/joint)	CONTROLE DA SOLDA Welding Control			RELATÓRIO/INSPECTOR Report/Inspector		
		VS	RX	US			
-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-		
OBSERVAÇÕES: (Observation): CPF: 114.217.926-56							
Certificamos que o descrito neste registro está correto, e que todos os cupons de teste foram preparados, soldados e testados de acordo com os requisitos da norma ASME Sec. IX - Ed. 2023. (We certify that the statements in record are correct and that the test coupons were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of section IX of the ASME 2021 code)							
Este documento é de propriedade da ETEMAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA. Não nos responsabilizamos por qualquer alteração ou reprodução não autorizada. (This document is property of CONSTRUTORA COLARES LINHARES S.A. We are not responsible for any change or unauthorized copy).							

8. REFERÊNCIAS

Asm Handbook. **Welding, Brazing and Soldering**: Volume 6. The United States of America: ASM International, 1993.

Fortes, Cleber; **Apostila de Arame Tubular ESAB**, maio 2004. Disponível em: http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901098rev1_apostila_arames_tubulares_ok.pdf

Modenesi, Paulo J. **Introdução à física do arco elétrico e sua aplicação na soldagem dos metais**. Belo Horizonte, abr. 2012. Disponível em: http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/fisica_da_soldagem1.pdf. 34

Modenesi, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani; **Soldagem I - Introdução aos Processos de Soldagem**. Belo Horizonte, Ed. UFMG, Nov. 2000.

Modenesi, Paulo J. **Terminologia Usual de Soldagem e Símbolos de Soldagem**. Belo Horizonte, abr. 2012. Disponível em: <http://demet.eng.ufmg.br/wpcontent/uploads/2012/10/terminologia.pdf>

Modenesi, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. 3. ed. atual. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2009.

Modenesi, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani; SANTOS, Dagoberto Brandão. **Introdução a Metalurgia da Soldagem**, Belo Horizonte, janeiro 2012. Disponível em: <http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/metalurgia.pdf>

The American Society of Mechanical Engineers. II Materials: part C: **Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals**. ASME, 2010.

The American Society of Mechanical Engineers. Sec. IX **Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators**. ASME, 2015.