



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Fabricação de escadas para o Cais - KENMARE

Discente:

Timana, Geraldo Armando

Supervisor da Faculdade

Prof. Doutor Eng.º Inácio Lhate

Supervisor da Empresa

Eng.º Rendes Macário

Maputo, Outubro de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

Fabricação de escadas para o Cais - KENMARE

Autor

Timana, Geraldo Armando

Supervisor da Faculdade

Supervisor da Empresa

Prof. Doutor Eng.º Inácio Lhate

Eng.º Rendes Macário

Maputo, Outubro de 2024



Fabricação de escadas para o Cais - KENMARE



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

Termo de entrega do relatório de estágio profissional

Declaro que o estudante Geraldo Armando Timana, com código 20182248, entregou no dia ___/___/ 2024 as três copias do relatório de estagio profissional, intitulado: Fabricação de escadas para o cais -KENMARE, o estágio foi realizado na ENGPROJECTS, localizada no município de Boane, província de Maputo.

Maputo_____de_____de 2024

Chefe da Secretaria

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer a Deus pelo dom da vida, pela saúde, por me fortalecer e me guiar durante a minha formação.

Expresso aqui um especial agradecimento a minha família, minha mãe Rosita Augusto Macucule, meus irmãos: Aurélio Timana, Obed Timana, Carla Timana, Erica Timana e Josefina Timana, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

As minhas madrinhas Germana Manhique e Quiteria pelo apoio.

Aos meus supervisores, o Prof. Doutor Eng^o Inácio Lhate e o Eng^o Rendes Macário pelos conselhos, dedicação, paciência, apoio e disponibilidade por partilhar o seu vasto conhecimento durante a realização deste trabalho.

Agradeço aos colegas da faculdade, por compartilharem comigo momentos incríveis e inesquecíveis cheios de amizade, irmandade, em especial Faizal Guilundo, Benildo Pachela, Pedro Cumbane, Eng^o Manuel Piconês, Domingos Gimo, Chakily Gimo, Eng^o Fabião Tovela.

Aos familiares e amigos em geral expresso a minha profunda gratidão.

DEDICATÓRIA

À minha Mãe,

Rosita Augusto Macucule pelo amor incondicional, pelo encorajamento, por me impulsionar e me motivar durante a minha caminhada.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Geraldo Armando Timana, declaro por minha honra que este trabalho exclusivamente da minha autoria e nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu estágio profissional na empresa ENGPROMETS, S.A. Este relatório é apresentado em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Mecânica, da Universidade Eduardo Mondlane.

Assinatura

Geraldo Armando Timana

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
DEDICATÓRIA.....	II
DECLARAÇÃO DE HONRA	III
ÍNDICE DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Introdução	1
1.2 Problemática	2
1.3 Objectivos	2
1.3.1 Objectivos gerais.....	2
1.3.2 Objectivos específicos	2
1.4 Metodologia.....	2
CAPITULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Definição de escadas.....	3
2.1.1. Generalidades sobre escadas.....	3
2.2. Escolha do material.....	4
2.3. Soldadura	5
2.3.1. Soldabilidade dos materiais.....	5
2.3.2. Classificação dos tipos de soldadura.....	6
2.3.3. Princípio de funcionamento de SMAW	8

2.4. Ensaaios não destrutivos	9
2.4.1. Objectivos dos END	9
2.4.2. Vantagens e desvantagens dos END.....	9
2.4.3. Classificação dos END	9
2.5. Corrosão.....	10
2.5.1. Tipos de corrosão.....	10
2.5.2. Formas de corrosão	11
2.5.3. Corrosão Uniforme	11
2.5.3.1. Corrosão Por Picada	12
2.5.3.2. Corrosão filiforme.....	12
2.5.3.3. Corrosão alveolar	13
2.5.3.4. Corrosão por placas	14
2.5.3.5. Corrosão em torno do cordão de solda	14
2.6. Meios Corrosivos.....	15
2.6.1. Meio atmosférico.....	15
2.6.2. Meio aquoso	15
2.6.2.1. Sais dissolvidos	16
2.6.2.2. Natureza Electroquímica da Corrosão aquosa.....	17
2.6.3. Factores influentes a taxa de corrosão.....	17
2.6.3.1. Factores Químicos	18
2.6.3.2. Velocidade de circulação da água.....	18
2.7. Preparação da superfície (Decapagem).....	19
2.7.1. Grau de preparação da superfície	19
2.8. Protecção contra corrosão.....	20
2.8.1. Revestimento anticorrosivo	20

2.8.2.	<i>Revestimento metálico</i>	20
2.8.3.	<i>Revestimento não metálico orgânico</i>	22
CAPÍTULO 3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO		24
3.1	<i>Apresentação da Empresa</i>	24
3.1.2	<i>Princípios da empresa</i>	24
3.2.	<i>Estado actual do objecto</i>	25
CAPÍTULO 4 METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA		26
4.2.	<i>Escolha do material</i>	27
4.3.	<i>Escolha do tipo de Soldadura</i>	27
4.4.	<i>Análise das juntas soldadas</i>	29
4.5.	<i>Preparação da superfície</i>	29
4.6.	<i>Líquidos Penetrantes</i>	30
4.6.1.	<i>Fundamentação do Método</i>	30
4.6.2.	<i>Etapas essenciais</i>	31
4.7.	<i>Protecção contra a corrosão</i>	33
4.8.	<i>Pintura</i>	33
CAPÍTULO 5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS		35
5.1.	<i>Apresentação e análise dos resultados</i>	35
5.2.	<i>Análise da estrutura</i>	35
CAPITULO 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES		37
6.1	<i>CONCLUSÃO</i>	37
6.2	<i>RECOMENDAÇÕES</i>	37
BIBLIOGRAFIA.....		38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades dos materias	4
Tabela 2. Soldabilidade dos matérias	5
Tabela 3.Comparacao dos tipos de soldadura	7
Tabela 4. Vantagens e desvantagens de END	9
Tabela 5. Classificação dos END	9
Tabela 6 Tipos de corrosão	10
Tabela 7. Grau de preparação da superfície	19
Tabela 8. Taxa média de corrosão em aço galvanizado.	21
Tabela 9. Pintura	22
Tabela 10. Espessura mínima da película de tinta	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Classificação da escada em função do ângulo de inclinação	3
Figura 2. Tipos de soldadura	6
Figura 3 Princípio funcionamento de soldadura manual.....	8
Figura 4. Corrosão Uniforme	11
Figura 5. Características da corrosão por picada.....	12
Figura 6. Características da corrosão filiforme	13
Figura 7. corrosão alveolar.....	14
Figura 8. corrosão por placas	14
Figura 9. Corrosão em torno do cordão de solda	15
Figura 10.Natureza Electroquímica da Corrosão aquosa	17
Figura 11. Preparação do material Fonte: Própria.....	27
Figura 12. Escada	42
Figura 13. Escada 2	42
Figura 14. Escada depois da decapagem	44
Figura 15. ETAPAS ESSENCIAIS	45
Figura 16.Escada após aplicação do líquido penetrante	46
Figura 17. Revelação das discontinuidades	46
Figura 18. Tintas	48

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviaturas	Significado
AWS	American Weldng Society
DFT	Dry Film Thickness
END	Ensaaios não destrutivos
F_{max}	Força máxima
FS	Factor de segurança
GMAW	Gas Metal Arc Welding
m_t	Massa total
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas
NDE	Nondestructive Evaluation
QA	Quality Assurance
QCP	Quality Control Plan
PH	Potencial Hidrogeniónico
SMAW	Shielded Metal Arc Welding

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
Al	Alumínio
Cl	Cloro
Cu	Cobre
d	Diâmetro
Fe	Ferro
g	Aceleração de gravidade
H_2O	Água
H_2S	Gás Sulfídrico
NaCl	Cloreto de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
NH₃	Amoníaco
P	Peso
Si	Silício
SO₃	Trióxido de Enxofre
Sn	Estanho
Zn	Zinco

➤ Simbologia Grega

σ_{adm}	Tensão admissível
σ_{esc}	Tensão de escoamento
β	Beta
γ	Gama
τ	Tensão

RESUMO

O presente trabalho consiste na fabricação de duas escadas para o Cais na mina de KENMARE.

KENMARE é um dos maiores produtores de areias pesadas do mundo, estes minérios processados são escoados por via marítima, esse escoamento implica o uso de cais para o escoamento do minério até o barco.

Para fins de escoamento dos minérios e a manutenção do próprio Cais usam-se duas escadas, actualmente as escadas encontram-se em um estado avançado de corrosão, dificultando as actividades realizadas e colocando em risco os trabalhadores, portanto, estas escadas devem ser substituídas.

A fabricação destas escadas consiste em uma série de procedimentos como a escolha do material, escolha do tipo de soldadura, limpeza das estruturas usando o processo de decapagem, avaliação das juntas soldadas usando um ensaio não destrutivo, escolha de um tipo de protecção contra a corrosão, fazer a análise estrutural considerando o carregamento da estrutura e garantir a integridade estrutural.

Palavra-chave: Protecção contra corrosão, análise estrutural, Fabricação de escadas para o cais na mina de KENMARE.

ABSTRACT

The present work consists of manufacturing two ladders for the Pier at the KENMARE mine.

KENMARE is one of the largest producers of heavy sand in the world, these processed ores are transported by sea, this flow involves the use of Pier to transport the ore to the boat.

For the purpose of draining the ores and maintaining the Pier itself, two ladders are used. Currently, the ladders are in an advanced state of corrosion, making the activities carried out difficult and putting workers at risk, therefore, these ladders must be replaced.

The manufacture of these ladders consists of a series of procedures such as choosing the material, choosing the type of welding, cleaning the structures using the pickling process, evaluating the welded joints using a non-destructive test, choosing a type of protection against corrosion, carry out structural analysis considering the load of the structure and guarantee structural integrity.

Keyword: Corrosion protection, structural analysis, Manufacture of dock stairs at KENMARE mine. Corrosion protection, structural analysis, Manufacture of dock stairs at KENMARE mine.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

O estágio é um processo de formação que leva o estudante a uma aproximação com a realidade, aplicando o conhecimento adquirido ao longo do curso, possibilitando desse jeito a reflexão das questões teóricas e praticas.

O estágio foi realizado na empresa EngProjects,S.A, localizada na Província de Maputo, no distrito de Boane cujo seu ramo principal de actuação é a metalomecânica.

A ENGPROJECTS, S.A é uma empresa que presta serviços a KENMARE.

A Kenmare é um dos maiores produtores de areias pesadas minerais do mundo, estes minérios processados são escoados por via marítima, esse escoamento implica o uso de cais para o escoamento do minério até o barco.

Cais servem como plataforma de carga e descarga. Para fins de manutenção da parte imersa do cais tem duas escadas que transportam os mergulhadores até a área do cais, estás escadas actualmente usadas encontram-se em um estado avançado de corrosão, colocando em risco os mergulhadores. As escadas constituem um meio de circulação não mecânico que permite a ligação entre planos de níveis diferentes.

No âmbito de resposta a solicitação da KENMARE, a empresa ENGPROJECTS, S.A pretende fabricar duas escadas para a plataforma e proteger contra a corrosão.

1.2 Problemática

Actualmente as escadas encontram-se em um estado avançado de degradação, colocando em risco aos mergulhadores e as actividades envolvidas.

Face a esta situação deve-se fabricar duas escadas e substituir no *Cais* na mina de KENMARE.

1.3 Objectivos

1.3.1 Objectivos gerais

- Fabricar de duas escadas para o Cais para mina de KENMARE

1.3.2 Objectivos específicos

- Analisar o tipo de material para a fabricação das escadas;
- Analisar o tipo de soldadura adequado para a fabricação das escadas;
- Analisar os diferentes métodos de protecção contra corrosão;
- Verificar a resistência da estrutura.

1.4 Metodologia

A elaboração deste presente relatório foi baseada em:

- Pesquisa Bibliográfica;
- Pesquisa na Internet;
- Sessões de consulta com os supervisores da faculdade e o supervisor do estágio;
- Observação dos procedimentos no durante o processo de estágio.

CAPITULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Definição de escadas

As escadas constituem um meio de circulação vertical não mecânico que permite a ligação entre planos de níveis diferentes.

2.1.1. Generalidades sobre escadas

As escadas podem ser divididas tendo em consideração o fim que se destinam. Existem escadas de habitação, de escritórios, industriais e de estabelecimentos comerciais. Independentemente do fim a que se destinam, as escadas têm, por norma, elementos na sua constituição, que lhe são comuns.

O gráfico a seguir apresenta uma classificação prática das escadas em função do ângulo de inclinação.

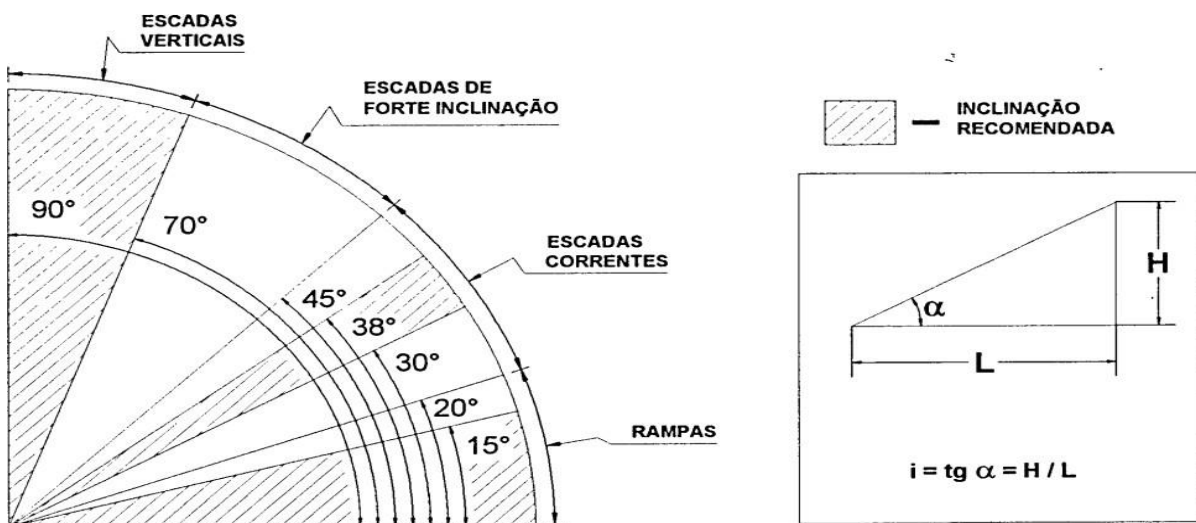


Figura 1. Classificação da escada em função do ângulo de inclinação

Fonte: (Pinho e Costa, 2018)

Para a escolha de um determinado tipo de escada devem ponderar-se os seguintes factores: condições de utilização (acesso normal ou de segurança, frequência de utilização), desnível a vencer, espaço disponível para a implantação da escada e segurança dos utentes.

Neste trabalho abordar-se-á sobre as escadas verticais fixas. Segundo a Norma Francesa NF E 85-010 (Fevereiro 1974) para desníveis superiores a 2,5 metros, é obrigatório a colocação de aros de segurança neste tipo de escadas, que tem como função principal garantir a maior segurança aos seus utilizadores.

2.2. Escolha do material

Uma peça tem que ser fabricada do material que tem propriedades físicas, químicas, mecânicas suficientes para garantir seu funcionamento seguro, para suportar todas as condições do seu funcionamento e propriedades tecnológicas e económicas suficientes para garantir sua fabricação efectiva (Kurbatov, 2020)

Para a escolha do material seguem-se as seguintes propriedades:

Tabela 1. Propriedades das matérias

Propriedades Físicas	São as que podem ser medidas sem alteração de composição e estrutura do material;	- Condutibilidade térmica - Coeficiente de dilatação térmica; -Densidade; -Tipo da rede cristalina, etc.
Propriedades Químicas	São as que caracterizam reacções entre materiais e resultados dessas reacções;	-Resistência a corrosão; -Resistência a oxidação; -Solubilidade; -Inflamabilidade; -Resistência a decomposição, etc.
Propriedades Mecânicas	Caracterizam a resistência do material à destruição sob acção de qualquer força;	- Dureza, -resistência à tracção; compressão, torção, fadiga, ao desgaste, etc.
Propriedades Tecnológicas	São as que caracterizam a facilidade ou dificuldade de tratamento do material, usando os métodos apropriados;	-Soldabilidade; - Usinabilidade; -Fundição; etc.
Propriedades Económicas	Caracterizam o custo de fabrico de peças ou capitais necessários para realizar o seu fabrico.	- Custo de fabricação; -Preço de compra; -Custos capitais; -Acessibilidade; - Abundância

Fonte: (Kurbatov, 2006) adaptado pelo autor.

O material para as escadas deve ser escolhido de modo a combinar estas propriedades.

2.3. Soldadura

Soldadura – é um processo de ligação interatômica, isto é permanente de pelo menos dois materiais, por meio de calor ou pressão, ou ainda por meio de acção combinada daqueles dois.

2.3.1. Soldabilidade dos materiais

Antes da soldadura de um material, deve-se verificar a sua soldabilidade.

Se o material a ser trabalhado exigir muitos cuidados, tais como controle de temperatura de aquecimento, ou tratamento térmico após soldadura, por exemplo, dizemos que o material tem baixa ou fraca soldabilidade.

Tabela 2. Soldabilidade dos materiais

Materiais	Soldabilidade			
	Óptima	Boa	Regular	Difícil
Aço Baixo Carbono	X			
Aço médio Carbono		X	X	
Aço alto Carbono				X
Aço Inox	X	X		
Aço- liga			X	
Ferro Fundido Cinzento			X	
Ferro Fundido Maleável e Nodular			X	
Ferro Fundido Branco				X
Liga de Alumínio		X		
Liga de Cobre		X		

Fonte: (Mulima, 2020)

2.3.2. Classificação dos tipos de soldadura

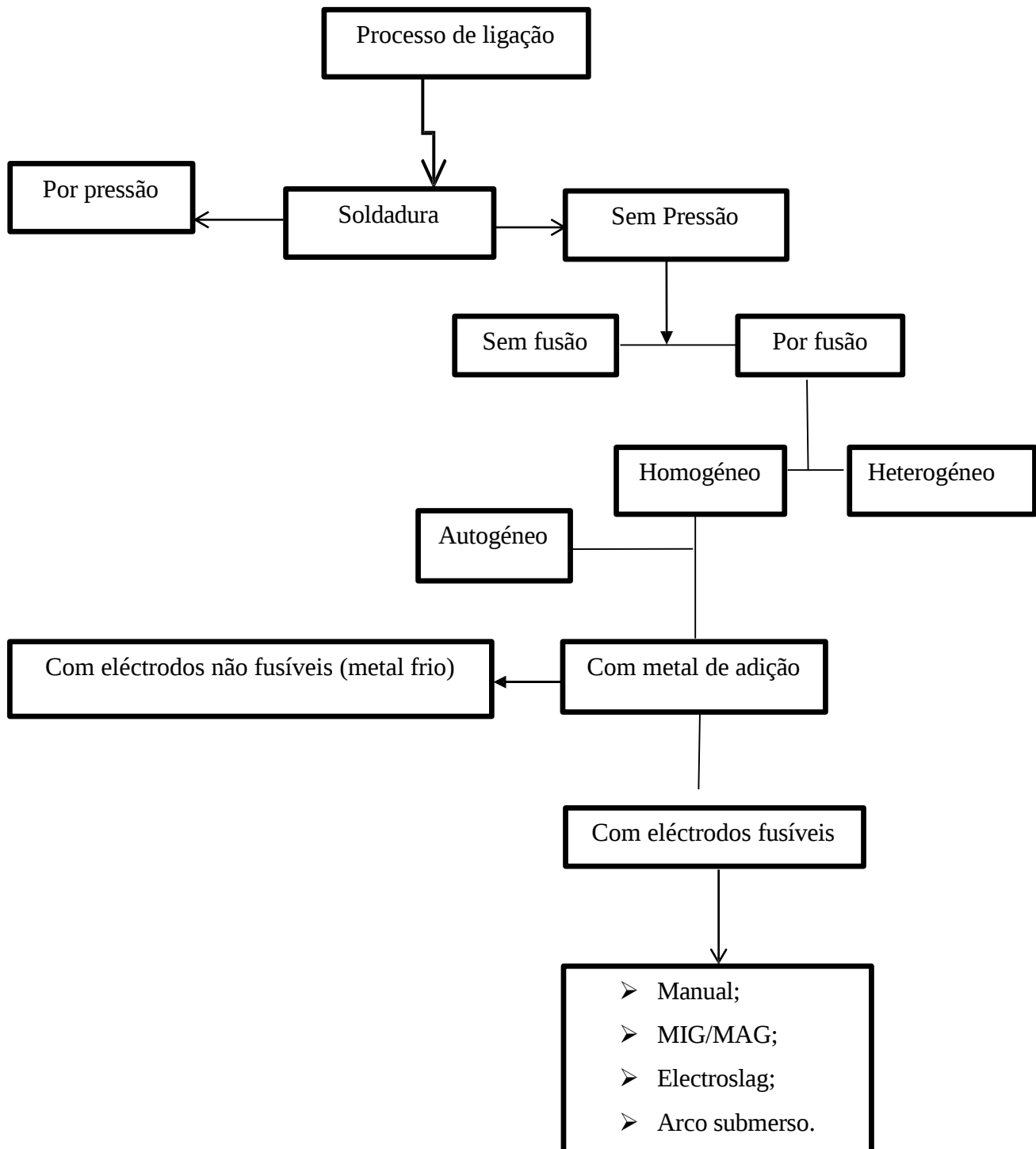


Figura 2. Tipos de soldadura

Fonte: (Mulima, 2020), adaptado pelo autor.

Tabela 3. Comparação dos tipos de soldadura

Tipo de Soldadura	Vantagens	Desvantagens
Soldadura Manual	➤ O processo versátil, aplicável a uma grande variedade de aplicações e grandes variedades de eléctrodos; ➤ Equipamento relativamente simples, praticamente barato e portátil; ➤ Adaptável para espaços confinados; ➤ A quantidade do fluxo no eléctrodo é regulada pelo fabricante; ➤ Baixa sensibilidade ao vento; ➤ Pode soldar uma grande variedade de materiais (aços de carbono liga, aços Inoxidáveis e aços; ➤ Bom processo na montagem de estruturas complexas devido à adaptabilidade a diferentes posições. ➤ O revestimento do eléctrodo não é sensível ao ar (o ar pode afectar a protecção dos gases externos a partir de outros processos.) ➤ Dobrando os eléctrodos podem acessar áreas de difícil acesso.	➤ Difícil de mecanizar; ➤ Requer constante reposição do eléctrodo; ➤ Requer constante limpeza das escórias depois da soldadura; ➤ Intensidades de correntes limitadas; ➤ Baixa produtividade quando comparado com os processos.
Soldadura MIG/MAG	➤ Solda todos os metais comercializados; ➤ Controlo da Penetração Razoável; ➤ Usa DC (+) /AC; ➤ Solda em Todas as Posições; ➤ Factor de Marcha de 60%; ➤ Automatização, eléctrodo Contínuo ➤ Baixos Níveis de Hidrogénio ➤ Sem Escória, excepto com CO	➤ Acessibilidade e Mobilidade ➤ Falta de Fusão/Colagens ➤ Limitado a espessuras até 50 mm (devido às colagens) ➤ Risco de Inclusões com CO₂ ➤ Boas Competências do Soldador ➤ Grande sensibilidade às correntes de ar ➤ Custos dos Gases de Protecção

Soldadura Electroslog (ESW)	➤ O metal depositado é bem desgaseificado e livre de poros, não mostra endurecimento e confere alta qualidade à junta soldada; ➤ Devido ao resfriamento lento, as tensões próprias da solda são consideravelmente mais baixas do que as de soldas executadas por outros processos; ➤ Solda sem distorções, o que evita trabalhos de ajustamento muito onerosos.	➤ O processo é eficiente apenas para soldar secções acima de 19mm; ➤ A soldadura só pode ser feita na posição vertical ascendente e não deve ser interrompida, pois cada interrupção, por mais breve que seja, leva ao resfriamento da camada de escória, com diluição insuficiente e consequentes descontinuidades.
Soldadura por Arco Submerso (SAW)	➤ Elevados índices de deposições; ➤ Elevada qualidade dos cordões de soldadura; ➤ Fácil de automatizar; ➤ Solda até 16 mm de espessura em passagem única; ➤ Sem limite de espessura para soldaduras de múltiplas passagens ➤ Não requer operadores de elevada formação; ➤ Não há arco visível nem faíscas, respingos ou fumos.	➤ Não pode ser manual; ➤ Fissuras de cristalização e de H₂; ➤ Fusão incompleta; ➤ Porosidade; ➤ Irregularidades do mecanismo de alimentação do arame; ➤ Posição de soldadura limitada para soldadura topo a topo.

Fonte: (Mulima, 2020), adaptado pelo autor.

2.3.3. Princípio de funcionamento de SMAW

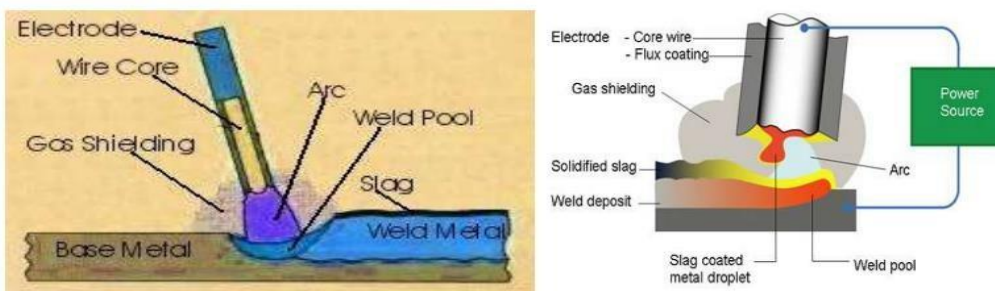


Figura 3 Princípio funcionamento de soldadura manual

Fonte: (Mulima, 2020)

- Este tipo de soldadura é dos mais usados, O material que cobre o eléctrodo (conhecido por fluxo), funde-se durante o processo de soldadura, formando uma nuvem gasosa.
- Esta nuvem estabiliza o arco e protege o banho de solda de contacto com os gases do meio ambiente.
- Depois da solidificação do cordão de soldadura, o fluxo forma na superfície do metal uma camada de escória que tem de ser limpo do cordão.
- Durante a combustão do arco, O fluxo serve também de desoxidante.

2.4. Ensaaios não destrutivos

2.4.1. Objectivos dos END

São utilizados para detectar e avaliar discontinuidades nos materiais. Também para controle da qualidade de materiais e produtos, contribuindo para reduzir os custos e aumentar a confiabilidade dos processos associados (Jr e Ramalho, 2002).

2.4.2. Vantagens e desvantagens dos END

Tabela 4. Vantagens e desvantagens de END

Vantagens	Desvantagens
Pode-se realizar o ensaio com a máquina a funcionar na maior parte dos casos.	Não se obtém resultados directos.
Pode-se repetir sempre que se quiser.	Resultam, dos ensaios, valores qualitativos.
Depois do ensaio as peças podem voltar a ser utilizadas.	É necessário, por vezes, usar vários métodos de END para se obter resultados seguros.
A preparação das peças e o tempo de ensaio é relativamente curto.	Requer pessoal com elevada qualificação.
Podem-se obter registos das peças.	

Fonte: (Matos, 2015) adaptado pelo autor

2.4.3. Classificação dos END

Tabela 5. Classificação dos END

Métodos Visuais	➤ Comparadores ópticos (endoscópios) ➤ Microscópios ➤ Líquidos penetrantes
Métodos Mecânicos	➤ Dureza ➤ Ensaio de pressão
Métodos Electromagnéticos	➤ Húmido ➤ Seco

Métodos Eléctricos	➤ Correntes Eddy
Métodos Ultra-sónicos	➤ Sombra ➤ Impulso ➤ Ressonância
Métodos Radiográficos	➤ Raios X ➤ Raios γ ➤ Raios β

Fonte: (Matos, 2015), adaptado pelo autor.

2.5. Corrosão

A corrosão é um processo espontâneo de degradação que deve ser analisado com atenção, pois afecta os metais de modo que a sua durabilidade e desempenho reduzam, além de envolver custos e perigos para a sociedade (GENTIL, 2011). Os processos corrosivos têm sido responsáveis por elevados gastos para repor estruturas e equipamentos degradados pela acção do meio, bem como ocasionam acidentes graves, devido à falha estrutural que pode vir a ocorrer (FONTANA, 1987).

Corrosão pode ser definida como sendo a deterioração e a perda de material devido a acção química ou electroquímica do meio ambiente, aliado ou não a esforços mecânicos.

A deterioração leva:

- Ao desgaste;
- À variações químicas na composição;
- À modificações estruturais.

Em geral a corrosão é um processo espontâneo

2.5.1. Tipos de corrosão

Tipo de corrosão	Tipo de Material	Tipo do meio	Tipo de processo
Química	Qualquer material	Qualquer meio	Indiferente
Electroquímica	Metal ou liga	Electrólito	Espontâneo
Electrolítica	Metal ou liga	Electrólito	Não- Espontâneo

Tabela 6 Tipos de corrosão

2.5.2. Formas de corrosão

A corrosão pode ocorrer sob diferentes formas, e o seu conhecimento é importante no estudo dos processos corrosivos. As formas de corrosão podem ser reconhecidas através de sua aparência, causa e forma de ataque. Neste trabalho, serão descritas as formas de corrosão que podem ser verificadas em aços carbono.

2.5.3. Corrosão Uniforme

A corrosão do tipo uniforme é também conhecida como corrosão generalizada, por se processar em toda a extensão da superfície do material. Esse tipo de corrosão ocasiona a perda uniforme da espessura da estrutura. Esta é a forma mais comum de corrosão, sendo facilmente visualizada a olho nu, permitindo a rápida recuperação ou substituição da seção atacada.



Figura 4. Corrosão Uniforme

Fonte: (Mulima, 2020)

A corrosão atmosférica seria o exemplo mais prevalente da corrosão uniforme e é que mais frequentemente se pode encontrar (Exemplo: corrosão do cobre no ar, ferrugem formada numa estrutura de metal exposto ao ar atmosférico)

- Para uma corrosão uniforme, o meio corrosivo deve ter um acesso igual a todas as partes da superfície do metal.

2.5.3.1. Corrosão Por Picada

Segundo Telles (2003) a corrosão por pites consiste na formação de cavidades de pequeno diâmetro e maior profundidade na peça, podendo chegar a perfurar a peça, com pouca ou nenhuma perda de espessura do material, por esta razão, esta forma de corrosão é muito destrutiva e perigosa. Esta distribuição irregular do ataque corrosivo dificulta a estimativa de tempo de vida do material.

Características da corrosão por picada

- Os picos podem estar agrupados ou espelhados numa vasta área, ter vários tamanhos e ângulos de penetração no metal e se atingem as fronteiras dos grãos, o metal fica fragilizado.
- Outra característica é uma elevada profundidade de ataque para uma pequena área e nenhum metal é resistente a este tipo de corrosão.
- Os elementos de ligas nos metais podem aumentar a resistência à picada.
- É uma forma de corrosão muito perigosa; nem sempre é visível

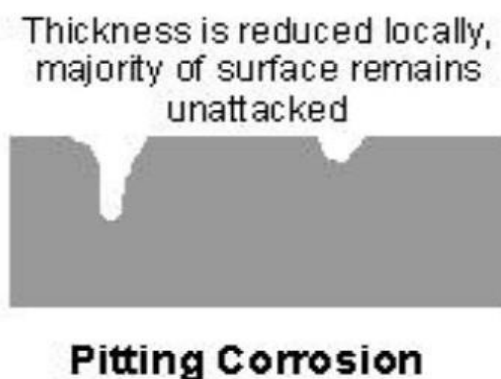


Figura 5. Características da corrosão por picada

Fonte: (Mulima, 2020)

2.5.3.2. Corrosão filiforme

É uma forma de ataque localizada, ocorre nas superfícies dos metais revestidos por películas orgânicas (finas) e.g. Tinta, ela ataca por baixo das películas

A corrosão filiforme é uma forma de ataque localizado, processa-se sob a forma de filamentos (nervuras), não profundos, os quais se propagam em diferentes direcções. Geralmente ocorre em

superfícies metálicas com um revestimento polimérico, como tinta, provocando o descolamento da camada protectora, expondo o metal ao meio.

As fontes para o início deste tipo de ataque são duma forma usual um defeito ou um arranhão mecânico no revestimento.

Características da corrosão filiforme

- Os filamentos são túneis compostos por produtos de corrosão e localizados sob revestimento densificado.
- Os filamentos são visíveis a olho nu como sendo pequenos inchaços e tem uma cabeça activa e seguida de filamentos.
- A corrosão filiforme por rotina acontece em latas de aços revestidos, alumínio pintado, nas protecções de bobinas de alumínio laminado e outros metais colocados em áreas de elevada humidade.

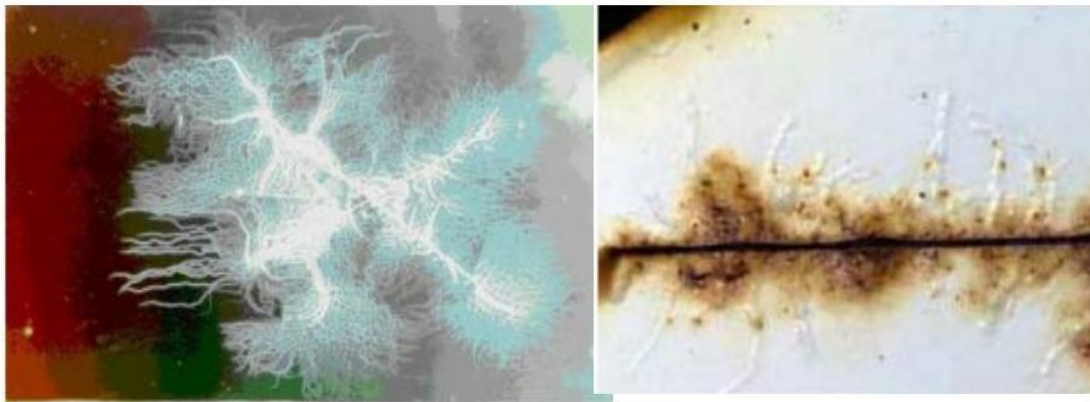


Figura 6. Características da corrosão filiforme

Fonte: (Mulima, 2020)

2.5.3.3. Corrosão alveolar

Segundo Telles (2003) a corrosão alveolar é uma variante da corrosão por pites (picada), na qual o diâmetro das cavidades é maior e a profundidade menor. É também classificada como um tipo localizado de corrosão.



Figura 7. corrosão alveolar

Fonte: Engenheiro de materiais (2017), corrosão alveolar.

2.5.3.4. Corrosão por placas

A corrosão por placas é uma forma localizada de ataque. Nos locais onde ocorre, são formados depósitos de produtos de corrosão, os quais aumentam com o tempo de ataque, representando elevado relevo na morfologia da superfície do material. Sob os depósitos, o material metálico é consumido por oxidação, formando-se placas com escavações, ocasionando a redução das propriedades mecânicas e estruturais do material.



Figura 8. corrosão por placas

Fonte: Gentil (2011), corrosão por placas.

2.5.3.5. Corrosão em torno do cordão de solda

A corrosão localizada em torno de cordão de solda é uma forma comum de ataque, facilmente visualizada. Ocorre em aços inoxidáveis e aços com um teor de carbono acima de 0,03%. Essa

forma de corrosão se processa intergranularmente, e ocorre devido à formação de pilha galvânica entre os diferentes materiais da matriz metálica e o metal da solda.



Figura 9. Corrosão em torno do cordão de solda

Fonte: Gentil (2011)

2.6. Meios Corrosivos

2.6.1. Meio atmosférico

A atmosfera é um meio corrosivo que envolve a presença de vários factores relevantes como humidade relativa, temperatura, ventos, gases, materiais particulados e poluentes atmosféricos em geral. A corrosão atmosférica é classificada em seca, húmida ou molhada (GENTIL, 2011). A corrosão atmosférica seca ocorre na atmosfera sem humidade, onde não há qualquer presença de filme de electrólito na superfície metálica; a corrosão atmosfera húmida ocorre com a humidade relativa menor que 100% e na corrosão atmosférica molhada tem-se a humidade relativa próxima a 100%, ocorrendo em uma camada de condensação na superfície do material metálico. O maior tempo de permanência de filme líquido sobre a superfície metálica promove a ocorrência das reacções electroquímicas, sendo a oxidação do metal, a corrosão (FURTADO, 1981).

2.6.2. Meio aquoso

Materiais metálicos, quando entram em contacto com água, estão sujeitos a sofrer corrosão. Os factores que mais contribuem para a corrosão metálica em águas são pH, temperatura, sais dissolvidos, gases dissolvidos, matéria orgânica, materiais sólidos suspensos e microorganismos. As águas naturais podem apresentar factores agravantes da sua acção corrosiva, como poluentes, agro-tóxicos, efluentes residenciais e industriais, além da sua agitação natural (LAQUE, 1975). As águas do tipo potável, para geração de vapor, para processo industrial e para sistemas de

resfriamento são casos particulares de meios que devem ter reduzida a sua acção corrosiva sobre os metais, evitando-se o risco de explosões de equipamentos e formação de depósitos do tipo incrustação por sais nas paredes internas de tubulações. Já a água do mar é uma solução salina complexa, consistindo predominantemente de cloretos de sódio e magnésio, outros minerais solúveis, microorganismos e organismos animais e vegetais. A maioria dos sais dissolvidos se ioniza e aumenta a condutividade eléctrica da água, a qual tem potencializado sua acção corrosiva, promovendo ataques severos aos metais submersos (LAQUE, 1975). A taxa de corrosão referenciada para o aço carbono em água do mar é 130 mm/ ano, sendo linear até um tempo de 8 anos (SILVA, 2010). Depois desse período a taxa de corrosão decresce a um patamar mais baixo e constante. O aumento da velocidade da água em geral aumenta a taxa de corrosão. Para águas salinas estagnadas a taxa de corrosão para aços carbono está em cerca de 70 mm/ano, para períodos de imersão entre 5 e 10 anos. Para águas salinas fluindo em baixa velocidade a taxa de corrosão para aços carbono é de cerca de 95 mm/ano (SILVA, 2010).

- Gases dissolvidos – Oxigénio, N_2 , CO_2 , Cl_2 , NH_3 , SO_2 , H_2S ;
- Sais dissolvidos como – $NaCl$, $FeCl_3$, $MgCl_2$, $FeCl_2$, $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$.
- Matéria química de origem orgânica;
- Bactérias, limos e alga;
- Sólidos suspensos.

2.6.2.1. Sais dissolvidos

Os sais dissolvidos podem agir acelerando ou retardando a velocidade do processo corrosivo. Entre os sais que influenciam com maior frequência os processos de corrosão, estão: cloretos, sulfatos, sais hidrolisáveis, sais oxidantes e bicarbonatos de cálcio, de magnésio e de ferro.

O efeito de cloreto de sódio, na corrosão, deve-se ao facto de este sal ser um electrólito forte, ocasionando, portanto, aumento de condutibilidade, que é fundamental no mecanismo electroquímico de corrosão. No caso de corrosão do ferro em água saturada de ar, em temperatura ambiente, observa-se que a taxa de corrosão inicialmente cresce com a concentração de cloreto de sódio e depois decresce, o máximo sendo a 3% de $NaCl$ decrescendo depois até 26% $NaCl$.

Na apreciação do carácter corrosivo da água, também devem ser considerados o PH, a temperatura, velocidade e acção mecânica.

2.6.2.2. Natureza Electroquímica da Corrosão aquosa

- Quase todo processo de corrosão metálica numa solução aquosa envolve transferência de cargas electrónica. Assim, a discussão deste processo é bastante importante.
- A corrosão metálica pode ser definida como a interacção físico-química de um metal com o meio, da qual resultam alterações das propriedades do metal e frequentemente degradação funcional.
- Trata-se de um processo electroquímico que, aliado ou não a esforço mecânico, afecta a durabilidade e desempenho dos materiais.

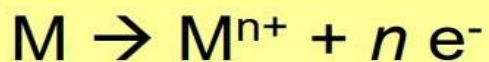


Figura 10. Natureza Electroquímica da Corrosão aquosa

Fonte: (Mulima, 2020)

2.6.3. Factores influentes a taxa de corrosão

Os factores que afectam a taxa de corrosão podem ser divididos em:

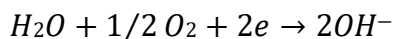
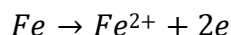
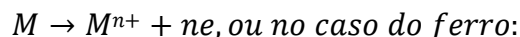
- Químicos – gases dissolvidos (oxigénio, gás carbónico);
- Físicos – velocidade, temperatura e pressão;
- Biológicos – vida vegetal (geração de oxigénio e consumo de gás carbónico) e vida animal (consumo de oxigénio e geração de gás carbónico).

2.6.3.1. Factores Químicos

- **Gases dissolvidos**

O oxigénio é o mais frequentemente encontrado e verifica-se que o mesmo pode exercer:

- Acção corrosiva – em meio aerado, a corrosão é mais severa, ocorrendo a redução do oxigénio na área catódica e a oxidação do metal na área anódica:



O teor de oxigénio na água do mar se situa a uma faixa de $8ml/l$. O movimento de ondas tende a aumentar esse valor.

O CO_2 influencia no valor de PH, pois a sua solubilidade em água acarreta a formação de ácido carbónico, como consequente decréscimo do valor de PH e aumento na acção corrosiva.

2.6.3.2. Velocidade de circulação da água

A velocidade da circulação da água é importante, pois o seu acréscimo em geral aumenta a taxa de corrosão, porque pode remover as camadas de produtos de corrosão aderentes ao material metálico e que estavam retardando o processo corrosivo. O aumento da velocidade de circulação da água pode arrastar maior quantidade de oxigénio para área catódica funcionando como agente despolarizante, acelerando, portanto, o processo corrosivo. Por outro lado, se a velocidade de circulação for muito pequena, poderá ocorrer a deposição de sólidos e, por conseguinte, aumentará a possibilidade de corrosão por aeração diferencial.

Os sólidos em suspensão podem-se depositar, originando corrosão sob depósito, observando-se a formação de pites ou alvéolos em baixo dos depósitos. Ao mesmo tempo aumentar a acção erosiva da água.

Em alguns casos o movimento electrolítico pode ser benéfico, pois homogeneizando a composição do meio e o teor de oxigénio impede a formação de pilhas de concentração, diminuindo a taxa de corrosão.

2.7. Preparação da superfície (Decapagem)

A preparação da superfície constitui uma etapa importantíssima na execução da pintura e é fundamental ao seu bom desempenho. A preparação da superfície é realizada com dois objectivos principais:

1 - Limpeza superficial: remoção da superfície de quaisquer materiais que possam impedir o contacto directo da tinta com o aço, tais como calamina, ferrugem, pó, gorduras, óleos, combustíveis, restos de tintas, etc.

2 - Ancoragem mecânica: o aumento da rugosidade superficial proporciona um aumento da superfície de contacto entre o metal e a tinta, contribuindo, desse modo, para o aumento da aderência entre camadas.

2.7.1. Grau de preparação da superfície

Tabela 7. Grau de preparação da superfície

GRAUS DE PREPARAÇÃO PRIMÁRIA DE SUPERFÍCIE OBTIDOS COM DECAPAGEM POR PROJEÇÃO DE ABRASIVOS	
SA 3	Decapagem por projecção de abrasivos até aço visualmente limpo. Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como de calamina, ferrugem e matérias estranhas (1). Deve apresentar uma cor metálica uniforme
SA 2 1/2	Decapagem muito cuidada por projecção de abrasivos. Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como de calamina, ferrugem, tintas e matérias estranhas. Quaisquer vestígios de contaminação residual terão o aspecto de leves manchas na forma de pontos ou faixas.
SA 2	Decapagem cuidada por projecção de abrasivos. Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como da maior parte da calamina, ferrugem, tintas e matérias estranhas. Qualquer contaminação residual deverá estar bem aderente (2).

SA 1	Decapagem ligeira por projecção de abrasivos. Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como de calamina, ferrugem, tintas e matérias estranhas pouco aderentes.
------	--

Fonte: (Gentil, 2006)

2.8. Protecção contra corrosão

A protecção consiste em introduzir um revestimento entre a superfície do metal e o meio, circunvizinho evitando-se o contacto metal-meio.

Para isso, devem ser considerados factores geométricos e as condições de serviço.

2.8.1. Revestimento anticorrosivo

Segundo (Telles 2003), revestimentos protectores são películas aplicadas artificialmente sobre o metal, formando uma barreira para evitar o contacto do fluido corrosivo com o material metálico revestido.

2.8.2. Revestimento metálico

Imersão a quente

No caso de Zn a operação de revestimento é chamada de **galvanização** ou **zincagem** por imersão a quente, obtendo-se então o **aço galvanizado**. Quando uma peça de aço é mergulhada em um banho de Zn, existe um período inicial de segundos ou minutos, que é função das dimensões da peça, em que o aço é trazido até a temperatura do banho. Ao ser alcançada esta temperatura, ou próximo dela, forma-se uma camada aderente de liga de Zn-Fe na superfície de aço e, quando a peça é retirada do banho, observa-se sobre a camada de liga de Zn-Fe outra de Zn puro. Ambas as camadas contribuem para a resistência à corrosão e para a vida útil do revestimento aplicado.

A camada de liga Zn e Fe, de estrutura complexa, relativamente não-dúctil comparada com o próprio Zn, tem espessura que depende da temperatura do banho e do tempo de imersão. A sua formação é mais rápida quanto mais alta for a temperatura do banho e sua espessura cresce com o tempo de permanência nele.

Os banhos de galvanização são mantidos em temperaturas entre 440-480°C. A elevação de temperatura pode ocasionar alguns inconvenientes como considerável ataque do Zn às paredes de aço da cuba de galvanização, um maior consumo de energia para aquecimento de banho, bem como a formação de um revestimento constituído principalmente de liga de Zn-Fe. Esse último

inconveniente, inclusive, concorrerá aderência. A elevação da temperatura pode ocasionar a formação, na parte superior do banho, de uma camada de borra contendo cerca de 96% de Zn e 4% de Fe, sendo, portanto, uma perda.

O tempo de imersão influirá na espessura da liga de Zn. E o aumento exagerado dessa espessura é altamente prejudicial, nada mais significando senão perda do metal. Em geral, o tempo de imersão de 1 a 2 minutos, seguido de retirada adequada da peça, significará uma espessura de película com cerca de 600-700 g/m².

A velocidade e o método de retirada da peça do banho afectarão a espessura do revestimento. Se for excessiva, grande quantidade de Zn puro ficará, desnecessariamente, depositada na peça. Além disso, haverá variação na espessura da película. Se for lenta, haverá formação desigual da liga. Na prática retira-se a peça com uma velocidade adequada e, em seguida, é resfriada por imersão rápida em água. É usual uma camada de fluxo (Cloreto duplo de Zn e amónio) sobre o Zn fundido, que tem finalidade de remover finíssimas películas de óxidos que podem ter se formado após decapagem acida e enxaguamento.

Para cada tipo de produto, existem especificações nas quais são indicadas as espessuras adequadas que devem ser usadas para evitar problemas na utilização do aço galvanizado. Essas espessuras estão compreendidas, com mais frequência entre 305 e 610 g/m² (1 g/m² = 0,143 μm).

Quando as superfícies galvanizadas são colocadas em águas naturais ou são expostas às condições atmosféricas normais apresentam um tempo de vida bastante longo, mas ele é substancialmente reduzido quando as superfícies estão expostas a ambientes mais agressivos, como por exemplo atmosferas industriais.

Taxa média de corrosão em aço galvanizado.

Tabela 8. Taxa média de corrosão em aço galvanizado.

Atmosfera	Penetração Média (μm/ ano)
Industrial	0,77-10,25
Marinha	0,63-15,57
Rural	0,16-1,58
Urbana	1,11-2,37

Fonte: (Gentil, 2006)

2.8.3. Revestimento não metálico orgânico

2.8.3.1. Pintura

Dentre as técnicas de protecção anticorrosiva existentes, a aplicação de tintas ou de sistema de pintura é uma das mais empregadas. A pintura, como protecção anticorrosiva, apresenta uma série de propriedades importantes, tais como facilidade de aplicação e de manutenção, relação custo-benefício atraente, e pode proporcionar, além disso outras propriedades em paralelo.

Segundo (Gentil 2006), chama-se pintura a um conjunto de operações que visam a depositar, sobre uma superfície metálica ou não, uma película de viscosidade moderada, que tende a endurecer com o tempo ou com a aplicação de auxiliares (p. ex., aquecimento). Essa película é formada por vários constituintes, que poderão ser orgânicos ou inorgânicos.

Entre os revestimentos inorgânicos depositados sobre superfícies metálicas e mais usados em protecção contra corrosão podem ser citados: esmaltes vitrosos, vidros, porcelanas, cimentos, óxidos, carbetos, nitretos, boretos e silicetos.

Tabela 9. Pintura

Revestimento	Aplicação
Esmaltes Vitrosos	São usados pela boa resistência aos ácidos, excepto ácido fluorídrico.
Vidros	São usados como revestimento de tubulações e reactores.
Porcelanas e cimentos	São usados como revestimento para tanques e tubos, para a condução de água salgada.
Óxidos, Carbetos, Boretos e Silicetos	São empregados para revestimentos resistentes a temperaturas elevadas.

Fonte: (Gentil, 2006), adaptada pelo autor.

A espessura mínima da película de tinta, para que seja eficaz e que cumpra sua finalidade na protecção anticorrosiva, em relação ao ambiente de exposição, admite-se os seguintes valores. (Gentil, 2006).

Tabela 10. Espessura mínima da película de tinta

Atmosfera altamente agressiva	>250 μm
Imersão permanente (em água salgada)	> 300 μm
Superfícies aquecidas	75 a 120 μm
Atmosfera com agressividade média	> 160 μm
Atmosfera pouco agressiva	>120 μm

Fonte: Gentil (2006, p. 269), adaptado pelo autor

Entretanto, a eficiência da protecção depende da espessura do revestimento e da resistência das tintas ao meio corrosivo.

CAPÍTULO 3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

3.1 Apresentação da Empresa

EngProjects,S.A. é uma empresa 100% Moçambicana de Engenharia de Manutenção, localizada em Boane, província de Maputo. A EngProjects,S.A. desenvolve a sua actividade em todo o território nacional, prestando serviços em sectores públicos e privados, especializada nos seguintes serviços:

- Manutenção Mecânica Industrial;
- Fabricação e instalação de tubos de pressão;
- Fabricação e montagem de estruturas metálicas
- Protecção contra o desgaste e protecção contra a corrosão.

A EngProjects,S.A. tem a sua sede em Boane na província de Maputo e uma sucursal de operações de manutenção em Moma, província de Nampula.

3.1.2 Princípios da empresa

- ***Missão***

Prestar serviços de alto padrão de qualidade e segurança, tratando nossos clientes como parceiros e economizando seus custos.

- ***Visão***

Ser uma grande Empresa de indústria metalomecânica indicada como provedora de serviços mecânicos de valor e qualidade dos trabalhos escolhida pelos clientes, com alto nível de segurança.

- ***Valores***

Rigor, responsabilidade e transparência.

A EngProjects,S.A. presta serviços a Kenmare.

A Kenmare Resources é uma empresa de mineração com sede em Dublin, República da Irlanda. Está listada na Bolsa de Valores de Londres e na Euronext Dublin sob o código KMR. A Kenmare é um dos maiores produtores de areias pesadas minerais do mundo. Esta é proprietária e opera a mina Moma Titanium Minerals.

Portanto, Moma é um dos maiores depósitos de minerais de titânio do mundo, localizado a 160 km da cidade de Nampula em Moçambique, África. (KENMARE, 2022).

Os minérios são escoados por via Marítima, esse escoamento implica o uso de Cais para o escoamento até o barco.

Para fins de manutenção da parte imersa do Cais, utilizam-se duas escadas que transportam mergulhadores até a área do Cais.

3.2. Estado actual do objecto

Actualmente as escadas usadas pelos mergulhadores estão em um estado avançado de corrosão, este trabalho surge no âmbito de fabricar duas escadas e proteger contra a corrosão, as escadas devem ser fabricadas de modo a substituir as escadas existentes que estão num estado avançado de corrosão.

As escadas actualmente eram protegidas por galvanização.

CAPÍTULO 4 METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos necessários para responder os objectivos do trabalho, os passos que levarão a resolver um certo problema.

O problema foi solucionado com base no *SCOPE OF WORK*.

4.1. *SCOPE OF WORKS DOCUMENT*

- Fabricar duas escadas;
- Incluir a protecção contra a corrosão das escadas segundo as especificações:

Preparação da superfície segundo a norma SA 2 ¹/₂

Cor: Amarela

- Fornecer tinta suficiente para retoque;
- Entregar ao transportador da Kenmare, fornecer a documentação de transporte necessária;
- Requisitos de controlo de qualidade:

Página de índice do livro de dados de QA, a ser submetida para aprovação uma semana após a emissão do PO, QCP

Certificado de soldadura (certificado de soldadura, registo de qualificação de procedimento de soldagem, certificado de procedimento de soldagem);

Certificado de qualificação do técnico de END;

Resultados de NDE;

Certificado de materiais e consumíveis;

Folha de inspecção geométrica e dimensional a ser fornecida;

Fornecer fotos de cada junta soldada com marcações claras que permitirão fácil compreensão de onde está a posição das juntas.

Pacote de dados de protecção contra corrosão:

- Protecção contra corrosão;
- Certificado de lotes de tinta;
- Registo da calibração dos instrumentos;
- Registo de temperaturas;
- Leituras de *DFT*.

4.2. Escolha do material

O material que será usado para fabricação das escadas é o aço ao carbono de médio teor de carbono, pois este combina melhor as propriedades mencionadas na tabela, vide Anexo 3.

4.3. Escolha do tipo de Soldadura

Preparação dos bordos para a soldadura



Figura 11. Preparação do material Fonte: Própria

O tipo de soldadura deve ser escolhido tendo em conta o tipo de material, a espessura do material, o local que será efectuado a soldadura, produtividade e os custos.

A soldadura que será utilizada é a soldadura SMAW, pois neste âmbito a SMAW apresenta maior vantagem, como a baixa sensibilidade ao vento, uma vez que a escadas foram fabricadas numa oficina aberta.



Figura 12. Escada

Fonte: O autor



Figura 13. Escada 2

Fonte: O autor

Após a soldadura é necessário verificar as juntas soldadas usando um método adequado.

4.4. Análise das juntas soldadas

Para análise das juntas soldadas será usado os ensaios não destrutivos de métodos visuais.

Os ensaios visuais que existem são: comparadores ópticos, microscópios e líquidos penetrantes.

O objectivo é identificar defeitos e descontinuidades pela vista humana, onde os olhos são o órgão fundamental.

Os defeitos são anomalias que fazem a peça inutilizável para o serviço deve atender a mesma.

Descontinuidades são anomalias que não fazem a peça inutilizável.

Para a inspecção das juntas soldadas deve-se primeiro fazer a limpeza da superfície.

4.5. Preparação da superfície

A preparação da superfície é o primeiro estágio essencial do tratamento de um substrato de material antes da aplicação de qualquer revestimento e é geralmente aceite como o factor mais importante que afecta o sucesso total de um sistema de protecção contra corrosão .

Segundo o *Scope of works* a superfície será preparada de acordo com a norma SA 2 ¹/₂

Decapagem com jato abrasivo é uma operação de tratamento de superfícies que consiste em propulsionar um fluxo de material abrasivo contra uma superfície em alta velocidade de maneira a erodir uma superfície, tornar rugosa uma superfície lisa, dar formas a uma superfície, remover os contaminantes de uma superfície. Segundo (Gentil, 2008) este é o método mais eficiente e que promove a melhor limpeza para posterior pintura, aplicou-se o jateamento ao metal branco, este remove completamente, todas as impurezas da superfície do metal, deixando o com uma cor uniforme cinza-claro.



Figura 14. Escada depois da decapagem

Fonte: Autor

4.6. Líquidos Penetrantes

Serve para detectar defeitos, tais como defeitos de superfície: fissuras, poros superficiais, falta de metais (bolhas), rebaixos, ou seja, defeitos ou descontinuidades, deixando a superfície da peça.

4.6.1. Fundamentação do Método

Este método emprega um líquido penetrante, o qual é aplicado na superfície da peça a ensaiar, penetrando nas descontinuidades. Após um determinado tempo de penetração, o excesso desse líquido é removido. Aplica-se de seguida um revelador por forma a poder-se observar as descontinuidades.

4.6.2. Etapas essenciais

- Preparação da superfície;
- Aplicação do líquido penetrante;
- Remoção do excesso de penetrante;
- Aplicação do revelador;
- Inspeção.

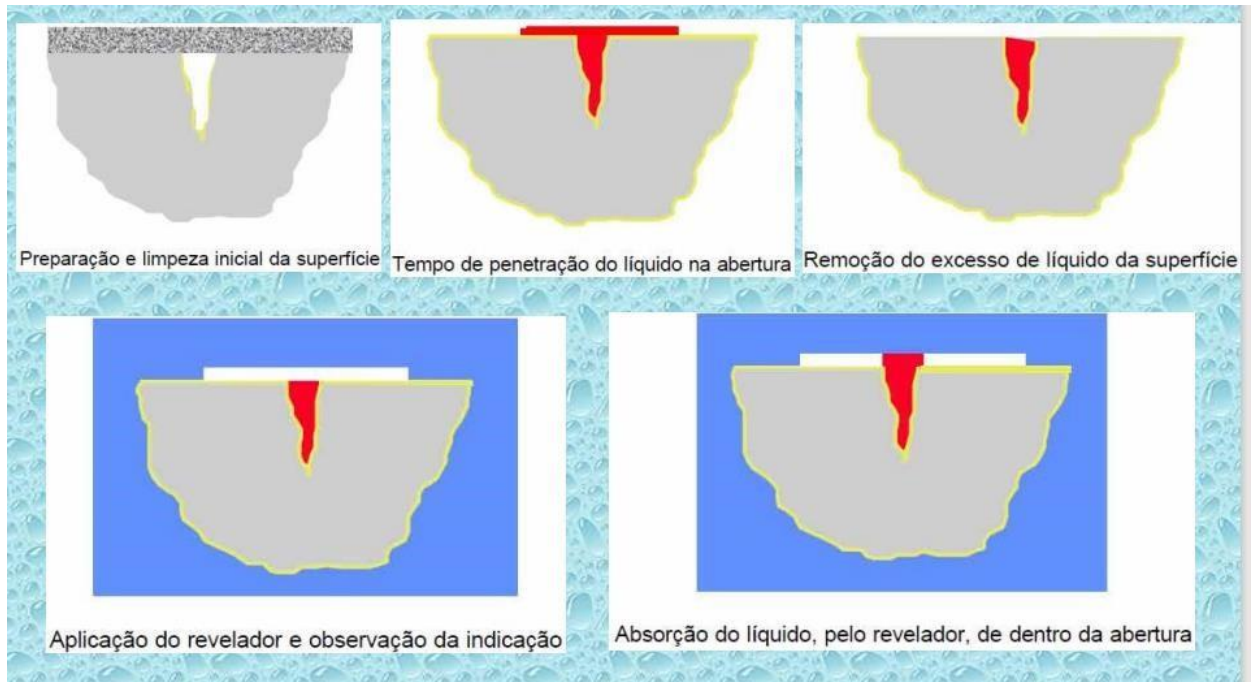


Figura 15. ETAPAS ESSENCIAIS

Fonte: (Matos, 2015)

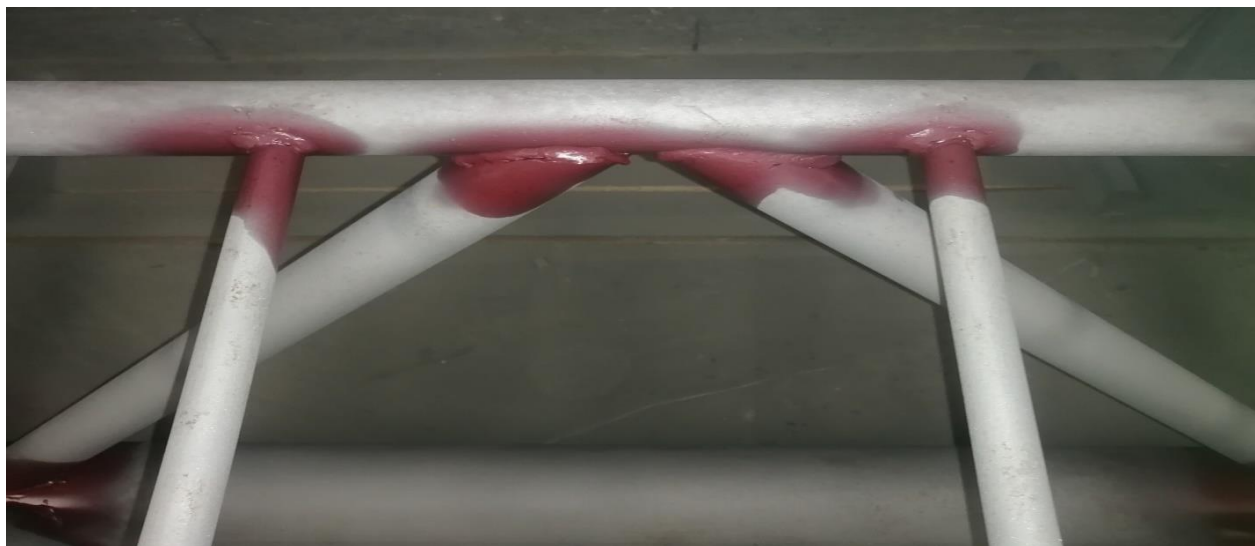


Figura 16. Escada após aplicação do líquido penetrante

Fonte: Autor

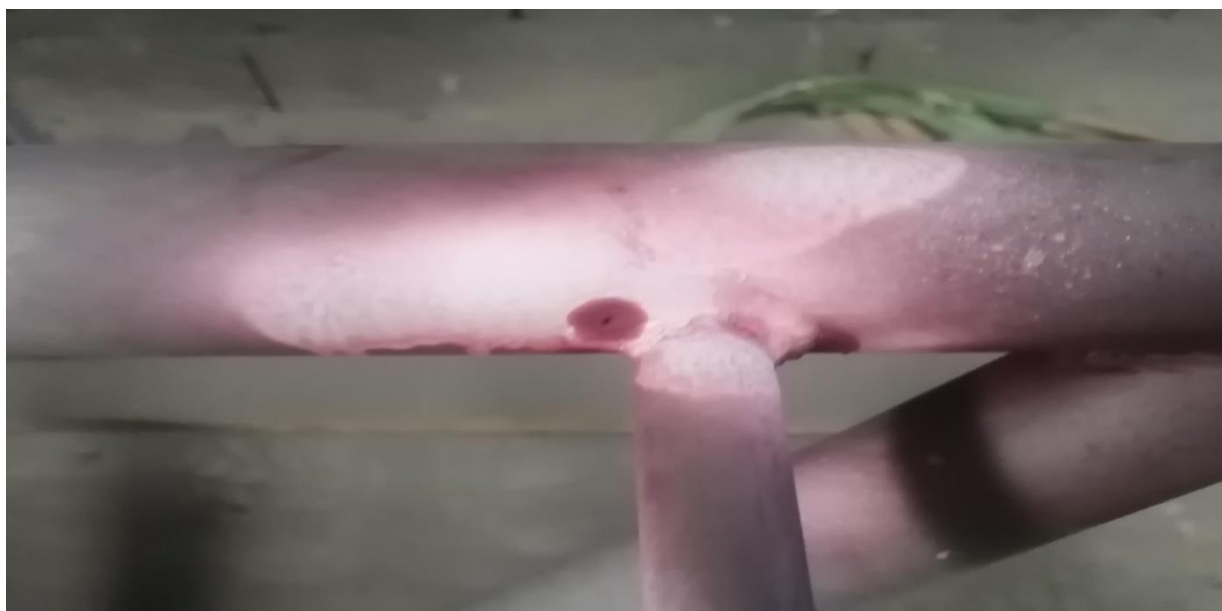


Figura 17. Revelação das discontinuidades

Fonte: Autor

Após o ensaio com líquido penetrante faz-se a correcção das discontinuidades, procedimentos: faz-se a limpeza da superfície usando a rebarbadora, e de seguida preenche-se com a soldadura.

4.7. Protecção contra a corrosão

Para proteger as escadas usar-se-á pintura com um revestimento de vidro. Especificação: Carboguard 890. Contem revestimento de vidro.

A eficiência da protecção depende da espessura do revestimento e da resistência das tintas ao meio corrosivo.

A espessura do revestimento que será usada para pintar as escadas é de 500 µm devido ao ambiente que serão instaladas as escadas.

4.8. Pintura

Para uma tinta aderir bem a uma superfície, deve-se aplicá-la sem que existam impurezas sobre a última, como ferrugem ou outros óxidos, sais solúveis, poeira, óleos e graxas, restos de pintura desagregados.

A aplicação da pintura é feita na sequência de:

4.8.1. Limpeza da superfície metálica;

4.8.2. Aplicação da tinta da primeira demão- é aplicada em uma ou mais demãos e são responsáveis pela protecção anticorrosiva e aderência do sistema de pintura ao substrato;

4.8.3. Tinta intermediária – auxilia na protecção aumentando a espessura e podem melhorar, também, a aderência da tinta de acabamento;

Especificações da pintura

Primeiro demão: *Carboguard 890 GF 250 microns dft*

Segundo demão: *Carboguard 890 GF 250 microns dft*

Durante o processo de pintura controlou-se o ponto de orvalho e fez-se o registo da temperatura para garantir as especificações dadas.



Figura 18. Tintas

Fonte: Autor

CAPÍTULO 5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Apresentação e análise dos resultados

As escadas serão fabricadas de acordo com a norma AWS D.1/ D1. M: 2020 *Structural Welding Code – steel* (Código de soldagem estrutural – aço).

A escolha dos materiais influencia bastante no desempenho das estruturas assim como no processo de fabricação, portanto o aço de médio teor combina melhor as propriedades mencionadas na tabela 1.

Este aço facilita a soldadura, resultando em juntas fortes e duráveis. A soldabilidade superior é crucial para garantir a integridade estrutural das escadas, especialmente em um ambiente marinho onde a segurança é primordial.

As escadas serão submetidas em um ambiente em que as taxas de corrosão é bastante elevada.

A eficiência da protecção do aço galvanizado é reduzida no ambiente salino, as escadas anteriormente fabricadas tiveram uma duração de 15 anos.

Com o novo sistema de protecção contra corrosão implementado o tempo de vida útil das escadas aumentará, estima-se um tempo de vida útil de 20 anos.

5.2. Análise da estrutura

A análise estrutural será feita com base na massa de uma pessoa (massa média de uma pessoa é de 80 kg) e tendo em conta que a pessoa carrega um material de 15 kg.

$$m_t = 80\text{ kg} + 15\text{ kg} = 95\text{ kg}$$

$$P = m_t * g \quad (1)$$

$$P = 95\text{ kg} * 9,81\text{ m/s}^2 = 931,95\text{ N}$$

Parâmetros do Varrão

$$d = 20\text{ mm}; \quad \sigma_{esc} = 350\text{ Mpa} \quad \rho = 7,850\text{ g/cm}^3$$

Segundo a **SafetyCulture**, o factor de segurança para estruturas que trabalham em ambientes severos o FS deve estar no intervalo de 5-7

Considerando $FS = 7$, então calcula-se:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{esc}}{FS} \quad (2)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{350 \text{ Mpa}}{7} = 50 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{P}{\frac{\pi * d^2}{4}} = \frac{4 * P}{\pi * d^2} = \frac{4 * 931,95}{\pi * 20^2} \approx 3 \text{ Mpa}$$

Uma vez que $\sigma_{adm} > \tau$ então a estrutura resiste.

$$\sigma_{adm} = \frac{F_{max}}{A} \quad (4)$$

$$F_{max} = \sigma_{adm} * A \quad (5)$$

$$F_{max} = 50 * \pi * \frac{20^2}{4} \approx 15707 \text{ N}$$

A carga máxima que pode ser aplicada na estrutura é de 15707 N

CAPITULO 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÃO

Neste presente trabalho foi apresentado a sequência de fabricação de duas escadas para o Cais na mina de KENMARE, tendo terminado o trabalho pode se concluir que os objectivos, geral e específicos, foram alcançados. As análises informadas sobre matérias, tipo de soldadura, e métodos de protecção contra corrosão, originou uma estrutura segura, robusta e adequada ao ambiente em que será inserida.

A escolha do aço de médio teor de carbono é a melhor escolha, pois este tipo de aço oferece um equilíbrio ideal entre as propriedades como a soldabilidade, resistência e custo, tornando-o a opção mais adequada para garantir a segurança, durabilidade e a economia. Este aço possui excelente soldabilidade, deste modo também garantirá uma integridade estrutural das escadas.

O método de protecção contra corrosão escolhido é eficiente, prático, simples, económico e garante maior tempo de vida útil das estruturas.

As observações e os cálculos realizados confirmaram que as escadas, conforme fabricada, pode suportar diversas cargas, incluindo o peso dos usuários e a pressão exercida pelas condições ambientais, pois garantiu-se a integridade estrutural da mesma.

6.2 RECOMENDAÇÕES

É importante fazer inspecção regular nas escadas, limpar as escadas regularmente para remover sal, algas e outros detritos.

Pode-se aumentar a camada de revestimento e fazer a protecção catódica das escadas de modo a aumentar o seu tempo de vida útil.

BIBLIOGRAFIA

- T. (2021). *Guia de Pintura Metalomecanica*.
- Chandrupatla, T. R., & Belegundu, A. D. (2012). *Introduction to Finite Elements in Engineering*. PEARSON.
- Fontana, M. G. (1987). *Corrosion engineering*. Singapore: McGraw Hill International Editions.
- Furtado, P. (1981). *Introdução à corrosão e proteção das superfícies*. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG.
- Gasparoni, A. G., & Rodrigues, L. M. (s.d.). *CORROSÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS EM ÁGUAS E SUA PROTEÇÃO*.
- Gasporoni, A. G., & Rodrigues, L. M. (2020). *Corrosão de estruturas metálicas em águas e sua proteção*. Rfb.
- Gemelli, E. (2001). *Corrosão de materiais metálicos e sua caracterização*. Rio de Janeiro: LTC.
- Gentil, V. (2006). *Corrosão*. Rio de Janeiro: LTC.
- Jr, L. G., & Ramalho, J. p. (2002). *tecnologia dos processos de soldagem e corte*.
- Kourbatov, A. P. (2006). *Materiais Didáticos da Disciplina "Materiais I"*. Maputo.
- Laque, F. L. (s.d.). *Marine corrosion*. NOVA YORK: John Wiley.
- MATERIAIS, E. D. (10 de Junho de 2024). *As formas de corrosão*. Obtido de <https://engenheirodemateriais.com.br/2017/04/26/as-formas-de-corrosao/>.
- Mulima , J. (2020). *Introdução ao processo de soldadura*. Maputo.
- Rodrigues Pinho, L. M., & Marques Da Costa, P. M. (s.d.). *Escadas de Segurança Metálicas*. *SafetyCulture*. (8 de Abril de 2024). Obtido de <https://safetyculture.com/topics/factor-of-safety/> acessado em 24 de Julho 2024
- Silva, A. (2020). *Aços e ligas especiais*. São Paulo: Blucher.

ANEXO

- 1- Análise estrutural
- 2- Inspeção da Pintura
- 3- Certificado dos materiais
- 4- Procedimento de Soldadura
- 5- Qualificações do Soldador

Relatório de análise da estrutura



Arquivo analisado:	LADDER.iam
Versão:	2025 (Build 290162000, 162)
Data de criação:	7/17/2024, 5:26 PM
Autor da simulação:	Geraldo Timana
Resumo:	

Simulação:7

Objetivo geral e configurações:

Tipo de simulação	Análise estática
Data da última modificação	7/17/2024, 5:20 PM
Estado do modelo	[Principal]
Vista de projeto	Padrão
Posicional	[Principal]

iProperties

Resumo

Autor	Geraldo Timana
-------	----------------

Projeto

Nº da peça	ladderrrrrrr
Projetista	Geraldo Timana
Custo estimado	\$0.00
Data da criação	7/15/2024

Status

Estado do projeto	WorkInProgress
-------------------	----------------

Física

Massa	371.231 kg
Área	161752.968 mm^2
Volume	47290.553 mm^3
Centro de gravidade	x=-26.683 mm y=-68.152 mm z=-486.838 mm

Materiais

Nome	Aço, carbono	
Geral	Densidade de massa	7.850 g/cm^3
	Resistência à escoamento	350.000 MPa
	Resistência máxima à tração	420.000 MPa

Tensão	Módulo de Young	200.000 GPa
	Coeficiente de Poisson	0.290 s_m
Nome(s) de peça	ISO 10799-2 139.7x6.3 - 1430.15	
	ISO 10799-2 139.7x6.3 - 1430.15	
	ISO 10799-2 139.7x6.3 - 5800	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	

Nome	Aço, suave	
Geral	Densidade de massa	7.850 g/cm^3
	Resistência à escoamento	207.000 MPa
	Resistência máxima à tração	345.000 MPa
Tensão	Módulo de Young	220.000 GPa
	Coeficiente de Poisson	0.275 s_m
Nome(s) de peça	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 676.04	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 676.04	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 676.04	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 676.04	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 645.1	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 708.54	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 645.1	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 708.54	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 615.93	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 615.93	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 588.77	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 742.41	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 588.77	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 742.41	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 777.48	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 563.88	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 813.6	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 541.53	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 850.64	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 777.48	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 563.88	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 813.6	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 541.53	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 930.41	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 6794	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 6794	

Seção ou seções transversais

Propriedades de geometria	Área de seção (A)	2640.257 mm ²
	Largura da seção	139.700 mm
	Altura da seção	139.700 mm
	Seção centroide (x)	69.850 mm
	Seção centroide (y)	69.850 mm
Propriedades mecânicas	Momento de inércia (I _x)	5886206.122 mm ⁴
	Momento de inércia (I _e)	5886206.122 mm ⁴
	Módulo de rigidez de torção (J)	11772412.243 mm ⁴
	Módulo de seção (W _x)	84269.236 mm ³
	Módulo de seção (W _y)	84269.236 mm ³
	Módulo de seção de torção (W _z)	168538.472 mm ³
	Área de corte reduzida (A _x)	1322.090 mm ²
	Área de corte reduzida (A _y)	1322.090 mm ²
Nome(s) de peça	ISO 10799-2 139.7x6.3 - 1430.15 ISO 10799-2 139.7x6.3 - 1430.15 ISO 10799-2 139.7x6.3 - 5800	

Propriedades de geometria	Área de seção (A)	314.159 mm ²
	Largura da seção	20.000 mm
	Altura da seção	20.000 mm
	Seção centroide (x)	10.000 mm
	Seção centroide (y)	10.000 mm
Propriedades mecânicas	Momento de inércia (I _x)	7853.982 mm ⁴
	Momento de inércia (I _e)	7853.982 mm ⁴
	Módulo de rigidez de torção (J)	15707.963 mm ⁴
	Módulo de seção (W _x)	785.398 mm ³
	Módulo de seção (W _y)	785.398 mm ³
	Módulo de seção de torção (W _z)	1570.796 mm ³
	Área de corte reduzida (A _x)	235.619 mm ²
	Área de corte reduzida (A _y)	235.619 mm ²
Nome(s) de peça	ISO 1035/1 20 - 550 ISO 1035/1 20 - 550	

	ISO 1035/1 20 - 550	
	ISO 1035/1 20 - 550	
Propriedades de geometria	Área de seção (A)	680.155 mm ²
	Largura da seção	48.300 mm
	Altura da seção	48.300 mm
	Seção centroide (x)	24.150 mm
	Seção centroide (y)	24.150 mm
Propriedades mecânicas	Momento de inércia (I _x)	161527.415 mm ⁴
	Momento de inércia (I _e)	161527.415 mm ⁴
	Módulo de rigidez de torção (J)	323054.830 mm ⁴
	Módulo de seção (W _x)	6688.506 mm ³
	Módulo de seção (W _y)	6688.506 mm ³
	Módulo de seção de torção (W _z)	13377.012 mm ³
	Área de corte reduzida (A _x)	343.087 mm ²
	Área de corte reduzida (A _y)	343.087 mm ²
Nome(s) de peça	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 676.04	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 676.04	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 676.04	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 676.04	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 645.1	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 708.54	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 645.1	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 708.54	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 615.93	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 615.93	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 588.77	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 742.41	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 588.77	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 742.41	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 777.48	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 563.88	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 813.6	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 541.53	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 850.64	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 777.48	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 563.88	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 813.6	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 541.53	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 930.41	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 6794	
	ISO 10799-2 48.3x5.0 - 6794	

Modelo de viga

Nós	153
Vigas	56
- Barras redondas	27
- tubos redondos	29

Vínculos rígidos

Nome	Deslocamento			Rotação			Nó pai	Nó ou nós filhos
	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z		
Vínculo rígido:1	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:2	Nó:115
Vínculo rígido:2	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:3	Nó:120
Vínculo rígido:3	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:126	Nó:61, Nó:64
Vínculo rígido:4	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:125	Nó:65, Nó:68
Vínculo rígido:5	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:124	Nó:70, Nó:74

Vínculo rígido:6	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:123	Nó:71, Nó:75
Vínculo rígido:7	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:122	Nó:77, Nó:80
Vínculo rígido:8	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:119	Nó:81, Nó:86
Vínculo rígido:9	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:121	Nó:83, Nó:88
Vínculo rígido:10	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:118	Nó:89, Nó:100
Vínculo rígido:11	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:117	Nó:92, Nó:102
Vínculo rígido:12	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:116	Nó:93, Nó:103
Vínculo rígido:13	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:114	Nó:96, Nó:106
Vínculo rígido:14	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:113	Nó:97, Nó:107
Vínculo rígido:15	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:78	Nó:139, Nó:128
Vínculo rígido:16	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:79	Nó:150, Nó:127
Vínculo rígido:17	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:82	Nó:137, Nó:32
Vínculo rígido:18	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:85	Nó:148, Nó:31
Vínculo rígido:19	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:90	Nó:147, Nó:39
Vínculo rígido:20	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:99	Nó:136, Nó:40
Vínculo rígido:21	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:131	Nó:130
Vínculo rígido:22	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:132	Nó:129
Vínculo rígido:23	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:62	Nó:112
Vínculo rígido:24	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:63	Nó:110
Vínculo rígido:25	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:66	Nó:153
Vínculo rígido:26	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:67	Nó:142
Vínculo rígido:27	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:69	Nó:152
Vínculo rígido:28	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:72	Nó:151
Vínculo rígido:29	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:73	Nó:141
Vínculo rígido:30	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:76	Nó:140
Vínculo rígido:31	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:84	Nó:138
Vínculo rígido:32	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:87	Nó:149
Vínculo rígido:33	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:91	Nó:146
Vínculo rígido:34	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:94	Nó:145
Vínculo rígido:35	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:95	Nó:144
Vínculo rígido:36	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:98	Nó:143
Vínculo rígido:37	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:101	Nó:135
Vínculo rígido:38	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:104	Nó:134
Vínculo rígido:39	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	fixo	Nó:105	Nó:133

Condições de funcionamento

Gravidade

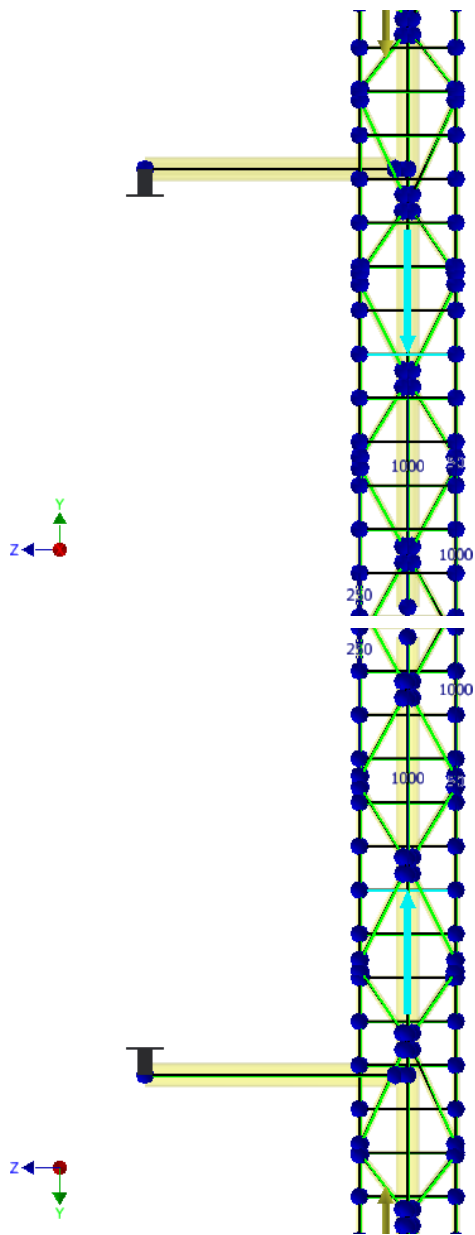
Tipo de carga	Gravidade
Magnitude	9810.000 mm/s ²
Direção	Y-

Força:1

Tipo de carga	Força
Magnitude	931.950 N
Sistema de coordenadas de viga	Não
Ângulo de plano	270.00 grau
Ângulo em plano	90.00 grau
Fx	0.000 N

Fy	-931.950 N
Fz	0.000 N
Deslocamento	275.000 mm

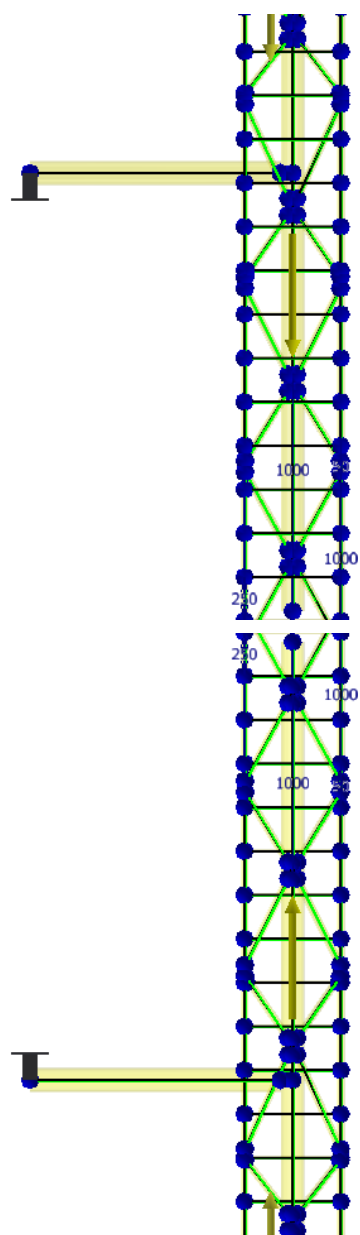
Referência(s) selecionadas



Restrição fixa:1

Tipo de restrição	Fixo
-------------------	------

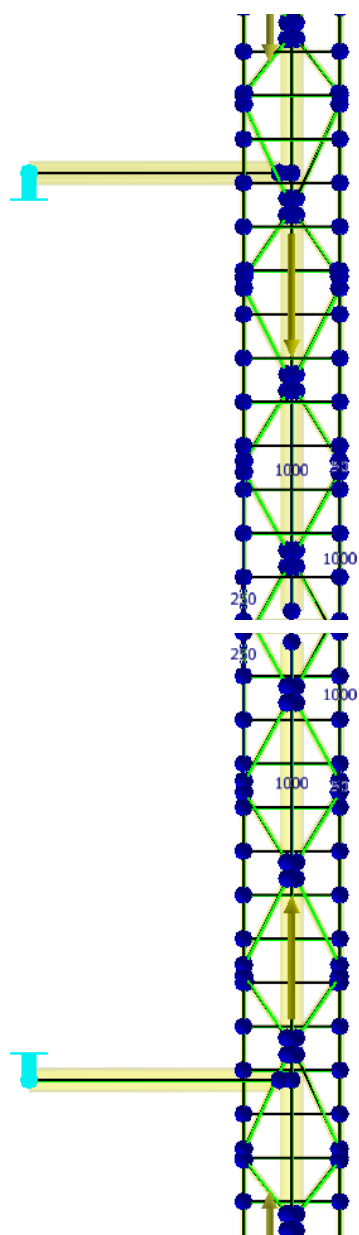
Referência(s) seleccionadas



Restrição fixa:2

Tipo de restrição	Fixo
-------------------	------

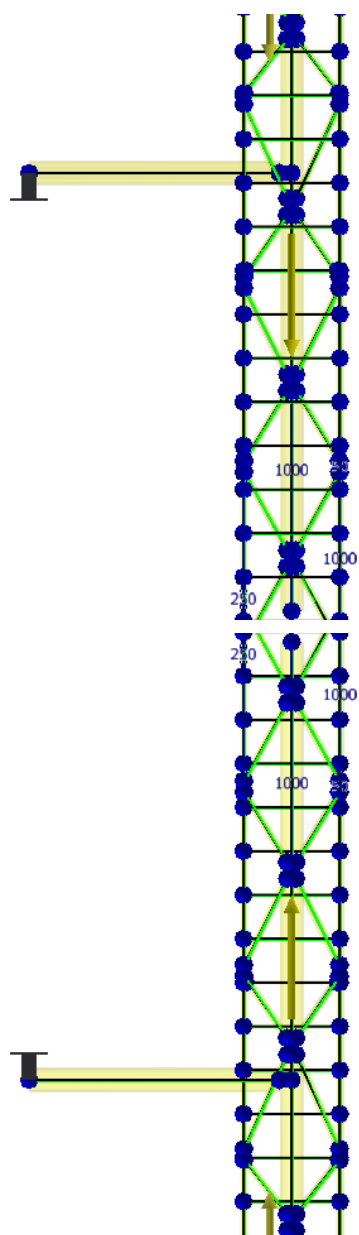
Referência(s) seleccionadas



Restrição fixa:3

Tipo de restrição	Fixo
-------------------	------

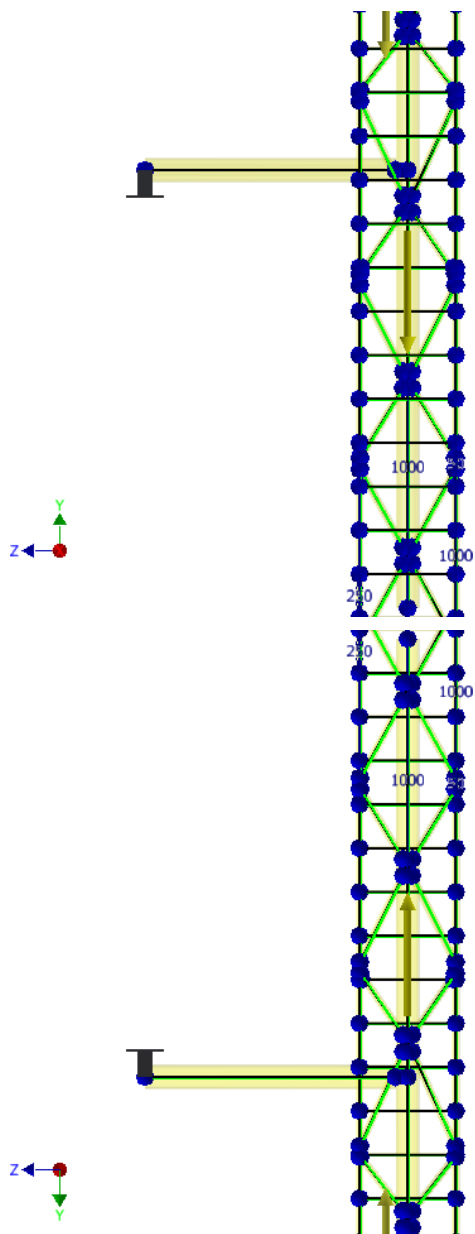
Referência(s) selecionadas



Restrição fixa:4

Tipo de restrição	Fixo
-------------------	------

Referência(s) seleccionadas



Resultados

Força e momento de reação em restrições

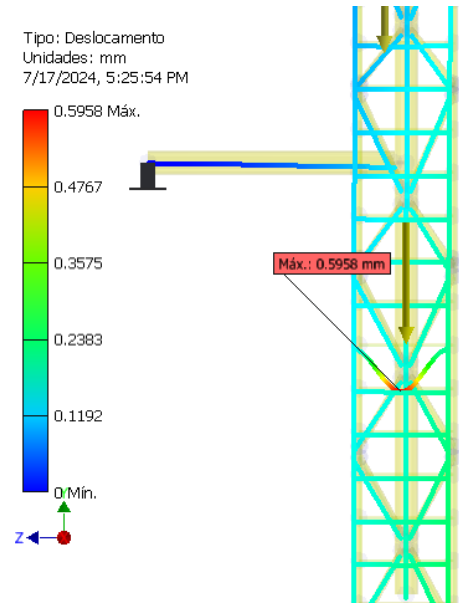
Nome da restrição	Força de reação		Momento de reação	
	Magnitude	Componentes (Fx,Fy,Fz)	Magnitude	Componentes (Mx,My,Mz)
Restrição fixa:1	329.893 N	-10.649 N	182746.397 N mm	173555.658 N mm
		324.091 N		45015.744 N mm
		60.672 N		-35330.750 N mm
Restrição fixa:2	379.881 N	-179.328 N	294677.987 N mm	178726.614 N mm
		329.865 N		233708.366 N mm
		-57.794 N		-16501.902 N mm
Restrição fixa:3	1936.948 N	99.533 N	28036.806 N mm	1150.228 N mm
		1934.389 N		2040.375 N mm
		1.706 N		27938.796 N mm
Restrição fixa:4	2040.591 N	90.444 N	24156.289 N mm	1280.515 N mm
		2038.581 N		263.018 N mm
		-4.583 N		24120.891 N mm

Resumo de resultados estáticos

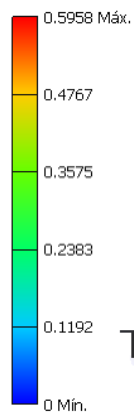
Nome		Mínima	Máxima
Deslocamento		0.000 mm	0.596 mm
Forças	Fx	-223.202 N	372.026 N
	Fy	-494.459 N	547.563 N
	Fz	-2038.581 N	233.037 N
Momentos	Mx	-178726.614 N mm	85099.659 N mm
	My	-233708.366 N mm	45015.744 N mm
	Mz	-32119.393 N mm	35330.750 N mm
Tensões normais	Smax	-0.552 MPa	82.485 MPa
	Smin	-82.484 MPa	2.651 MPa
	Smax(Mx)	0.000 MPa	82.478 MPa
	Smin(Mx)	-82.478 MPa	-0.000 MPa
	Smax(My)	0.000 MPa	4.115 MPa
	Smin(My)	-4.115 MPa	-0.000 MPa
	Saxial	-0.578 MPa	2.997 MPa
Tensão de cisalhamento	Tx	-1.084 MPa	0.407 MPa
	Ty	-2.324 MPa	2.099 MPa
Tensões de torção	T	-0.210 MPa	0.191 MPa

Figuras

Deslocamento



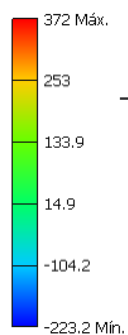
Tipo: Deslocamento
Unidades: mm
7/17/2024, 5:25:54 PM



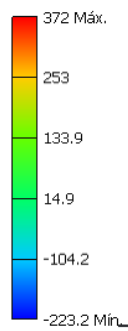
Máx.: 0.5958 mm

Fx

Tipo: Força Fx
Unidades: N
7/17/2024, 5:26:23 PM

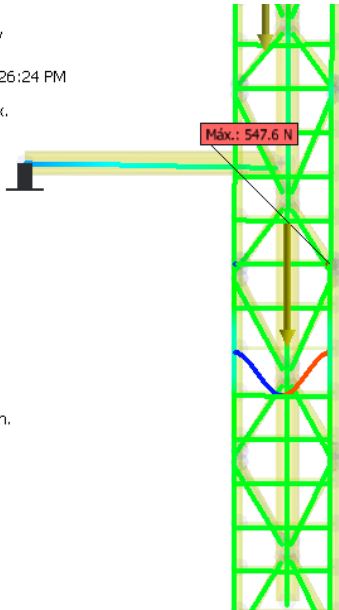
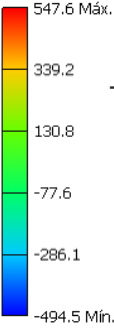


Tipo: Força Fx
Unidades: N
7/17/2024, 5:26:23 PM

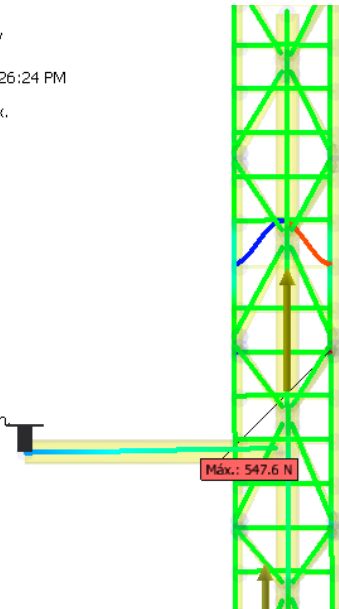
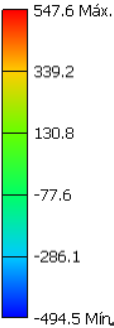


Fy

Tipo: Força Fy
Unidades: N
7/17/2024, 5:26:24 PM

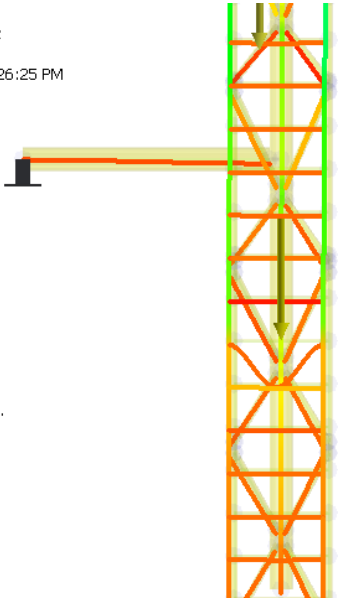
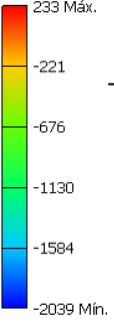


Tipo: Força Fy
Unidades: N
7/17/2024, 5:26:24 PM

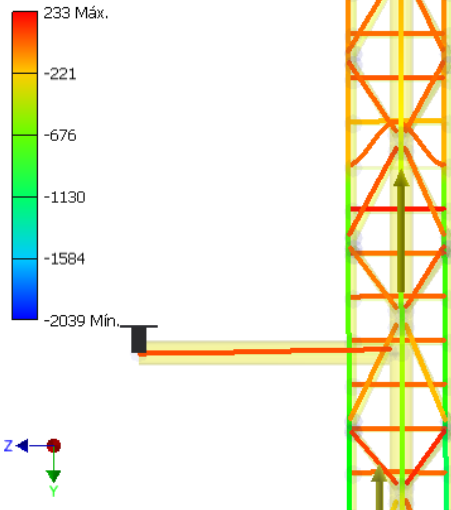


Fz

Tipo: Força Fz
Unidades: N
7/17/2024, 5:26:25 PM

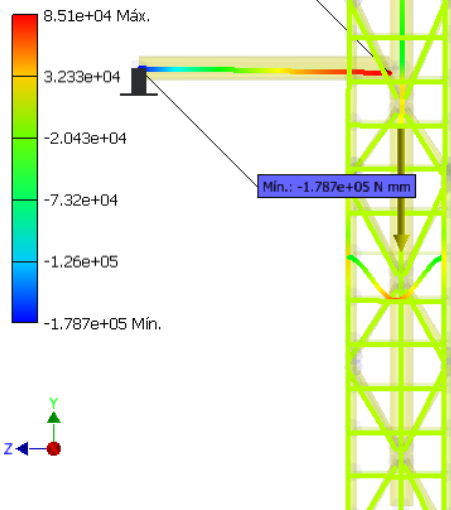


Tipo: Força Fz
Unidades: N
7/17/2024, 5:26:25 PM

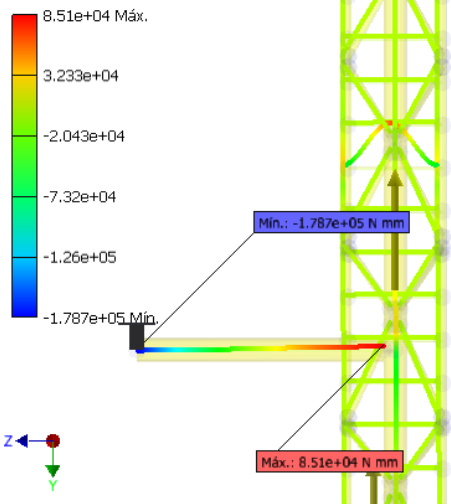


Mx

Tipo: Momento Mx
Unidades: N mm
7/17/2024, 5:26:26 PM

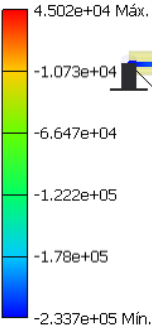


Tipo: Momento Mx
Unidades: N mm
7/17/2024, 5:26:26 PM

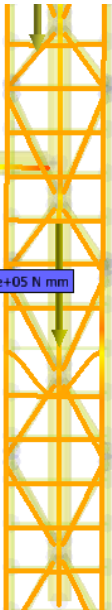


My

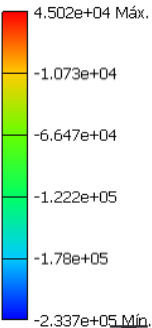
Tipo: Momento My
Unidades: N mm
7/17/2024, 5:26:26 PM



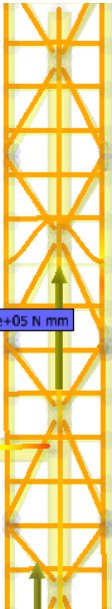
Min.: -2.337e+05 N mm



Tipo: Momento My
Unidades: N mm
7/17/2024, 5:26:26 PM

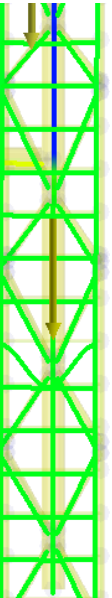
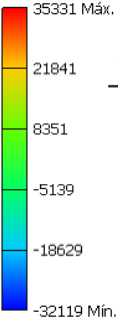


Min.: -2.337e+05 N mm

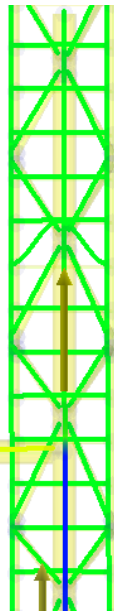
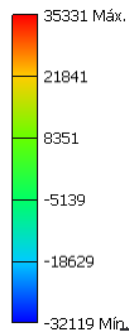


Mz

Tipo: Momento Mz
Unidades: N mm
7/17/2024, 5:26:27 PM

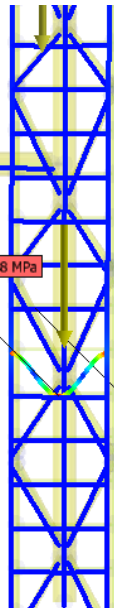
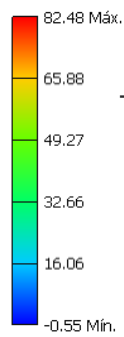


Tipo: Momento Mz
Unidades: N mm
7/17/2024, 5:26:27 PM



Smax

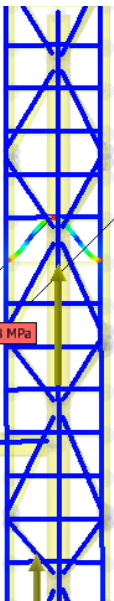
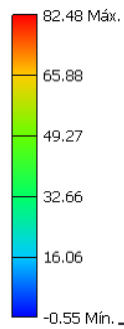
Tipo: Tensão normal Smax
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:28 PM



Máx.: 82.48 MPa

Mín.: -0.55 MPa

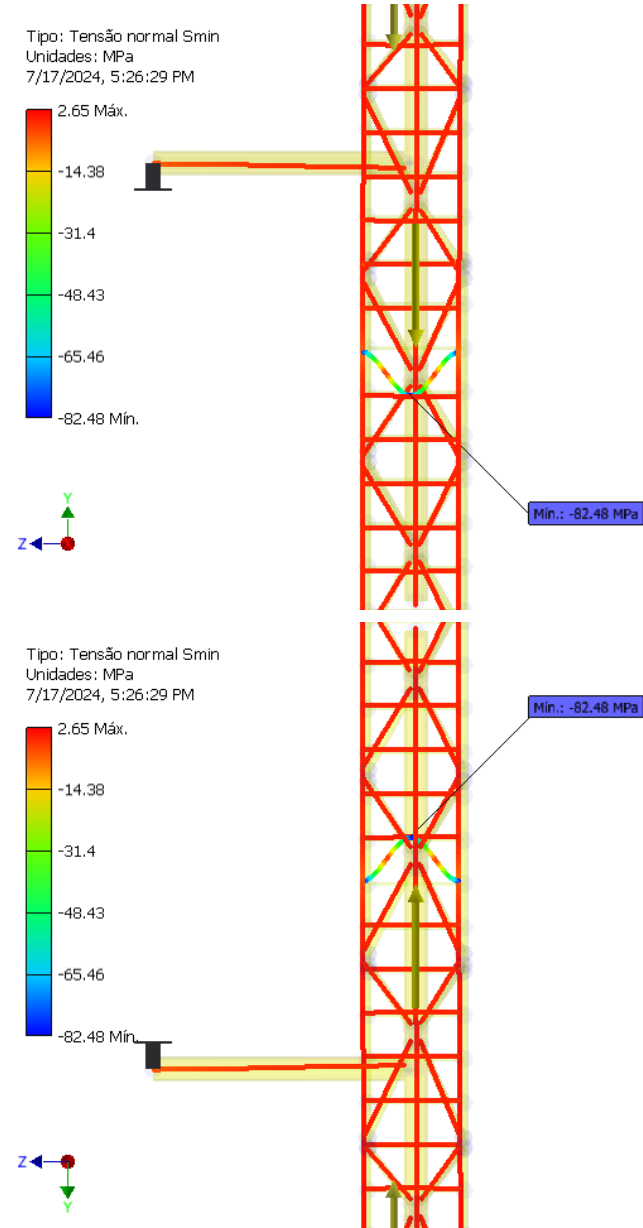
Tipo: Tensão normal Smax
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:28 PM



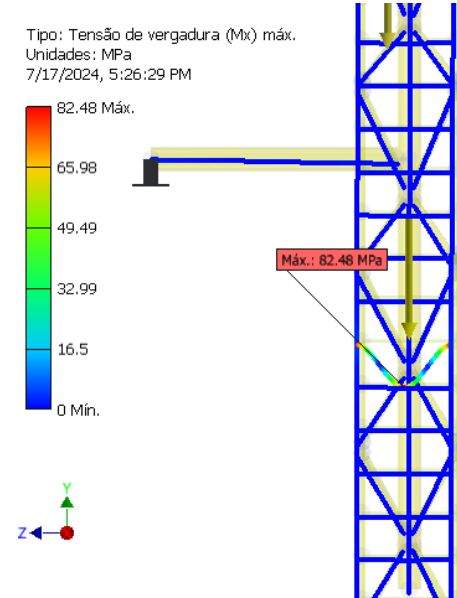
Máx.: 82.48 MPa

Mín.: -0.55 MPa

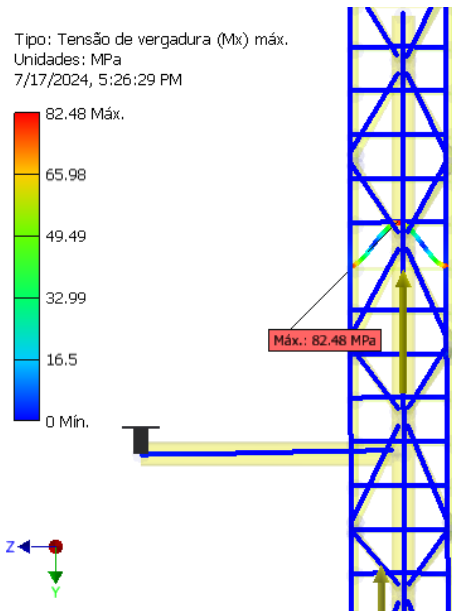
Smin



Smax(Mx)

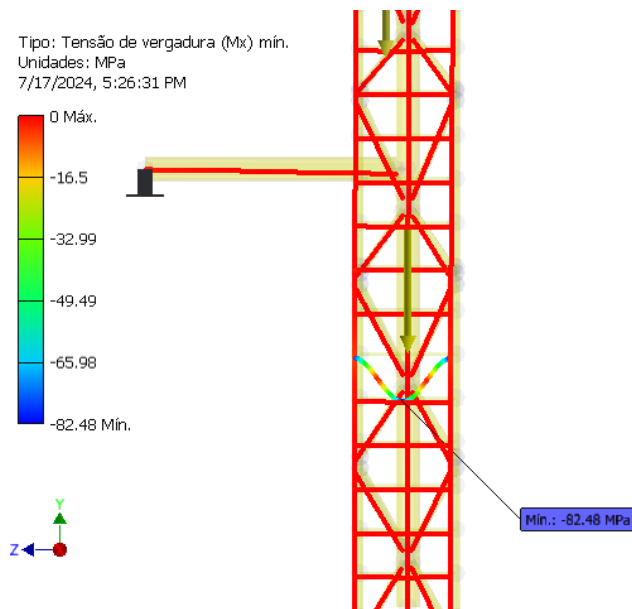


Tipo: Tensão de vergadura (Mx) máx.
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:29 PM

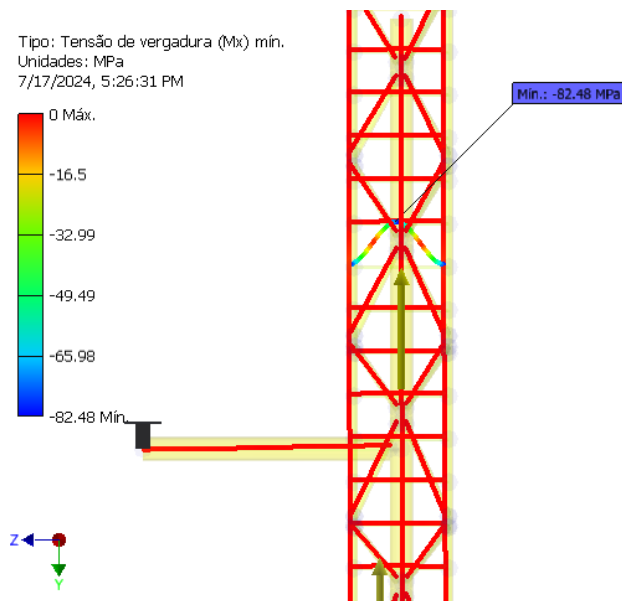


Smin(Mx)

Tipo: Tensão de vergadura (Mx) mín.
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:31 PM

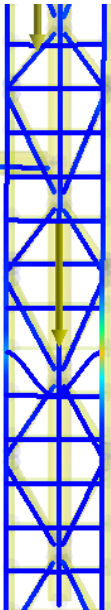
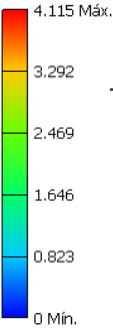


Tipo: Tensão de vergadura (Mx) mín.
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:31 PM

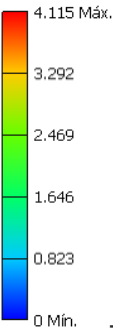


Smax(My)

Tipo: Tensão de vergadura (My) máx.
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:30 PM

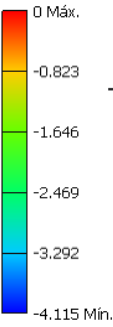


Tipo: Tensão de vergadura (My) máx.
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:30 PM

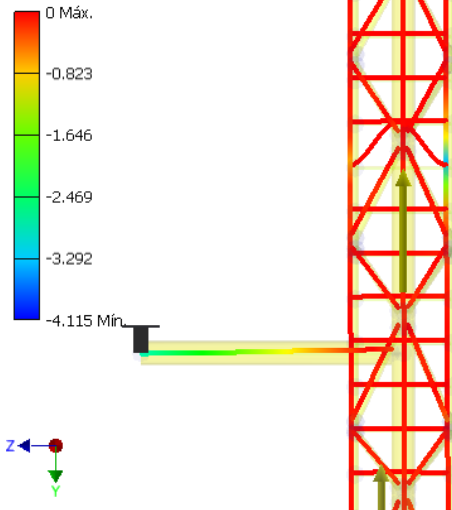


Smin(My)

Tipo: Tensão de vergadura (My) mín.
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:32 PM

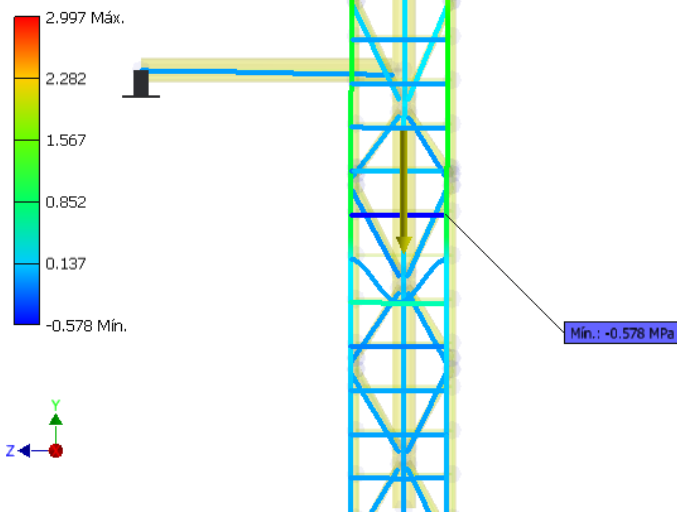


Tipo: Tensão de vergadura (My) min.
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:32 PM

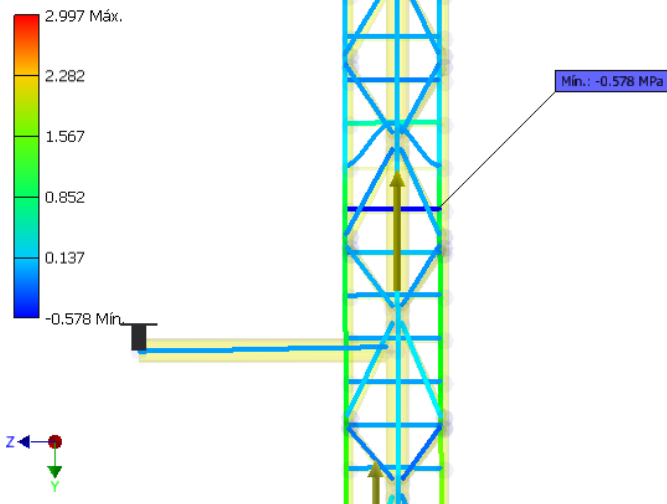


Saxial

Tipo: Tensão axial Saxial
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:32 PM

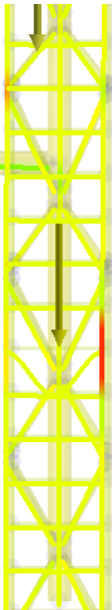
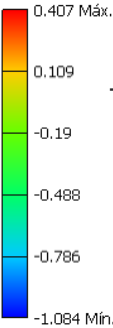


Tipo: Tensão axial Saxial
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:32 PM

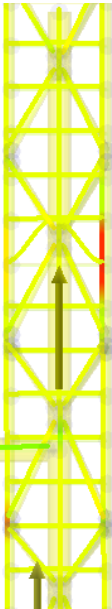
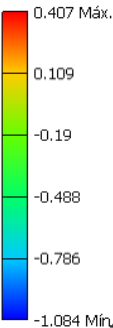


Tx

Tipo: Tensão de cisalhamento Tx
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:33 PM

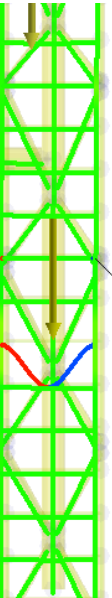
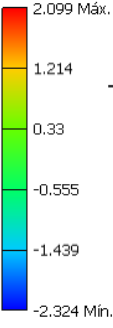


Tipo: Tensão de cisalhamento Tx
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:33 PM



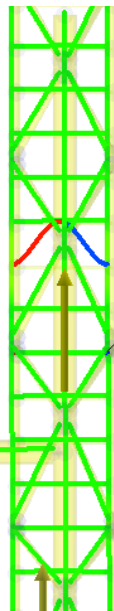
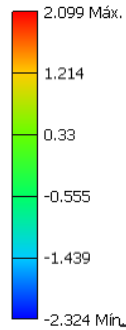
Ty

Tipo: Tensão de cisalhamento Ty
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:34 PM



Mín.: -2,324 MPa

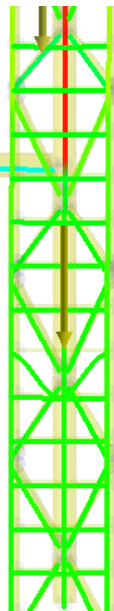
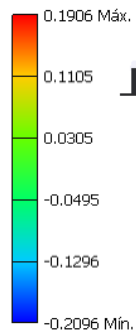
Tipo: Tensão de cisalhamento Ty
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:34 PM



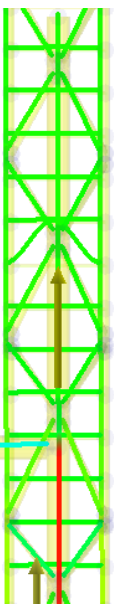
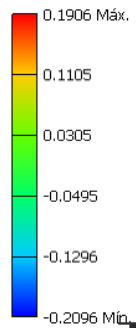
Mín.: -2.324 MPa

T

Tipo: Tensão de torção T
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:35 PM



Tipo: Tensão de torção T
Unidades: MPa
7/17/2024, 5:26:35 PM



COATING INSPECTION REPORT Nº			DATE	28	10	2023
-------------------------------------	--	--	-------------	----	----	------

Customer:		Drawing number:		CORROSION PROTECTION SYSTEM		
Project Title:	Ladder NB04/SB04	Part description:		Degreasing:		
				Abrasive blasting:		
Blasting media		Intermediate:		Surface profile:		
Primer:				Primer:		
		Final:		Intermediate:		
Thinner:				Final:		

INSPECTION HOLD POINTS			
Steel surface free of grease and moisture before abrasive blasting		Paint post application defects verification	
Steel surface profile and visual aspect as per specs after blasting		Post cure dry film thickness measurements (DFT)	
Paint application monitoring, measurement of wet film thickness (WFT)		Final inspection	

WORK OPERATION	WEATHER AND ATMOSPHERIC CONDITIONS				
	TIME	AMB TEMP	STEEL SURF TEMP	DEW POINT	RELAT HUMIDITY
Abrasive Blasting	12h:45min	32.7°C	39.7°C	16.2°C	37.1%
Abrasive Blasting	14h:30min	31.3°C	42.5°C	15.3°C	38.0%
Primer Painting	15h:00min	35.0°C	40.1°C	15.8°C	32.8%
Primer painting	16h:30min	25.5°C	26.2°C	16.2°C	56.5%
Final Painting	12h:30min	36.0°C	36.1°C	22.4°C	47.1%
Final Painting	13h:04min	35.9°C	37.5 °C	21.5°C	43.5%

DRY FILM THICKNESS (DFT) AFTER PRIMER COAT APPLICATION – (µm)						
245	375	274	308	341	275	378
300	303	200	284	264	284	375
215	239	230	215	300	263	268
200	275	252	191	371	245	271
340	234	248	359	377	341	243

DRY FILM THICKNESS (DFT) AFTER FINAL COAT APPLICATION – (µm)						
562	565	630	630	631	602	502
5595	629	627	628	490	562	504
509	542	565	554	499	643	550
565	544	629	578	510	683	501
629	600	506	509	532	543	560

BLASTING OPERATOR		PAINT APPLICATOR		COATING INSPECTOR	
Name:		Name:		Name:	
Signature:		Signature:		Signature:	

WEATHER AND ATMOSPHERIC CONDITIONS MEASUREMENT PICTURES			
Time			
• Relative humidity • Steel surface temperature • Ambient temperature • Dew point			
Time	12h:15min	13h:04min	13.04min
• Relative humidity • Steel surface temperature • Ambient temperature • Dew point			

SURFACE TREATMENT PICTURES

Picture before
abrasive blasting



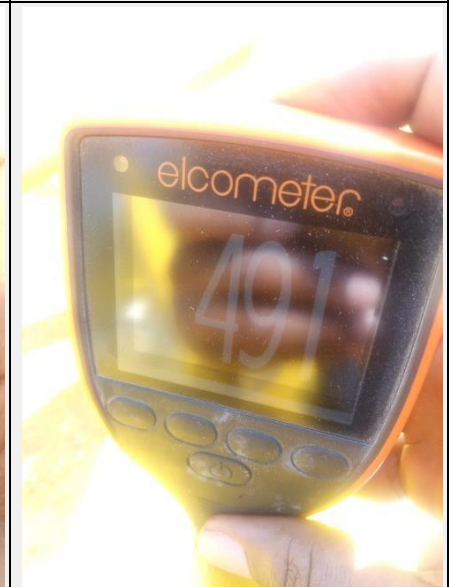
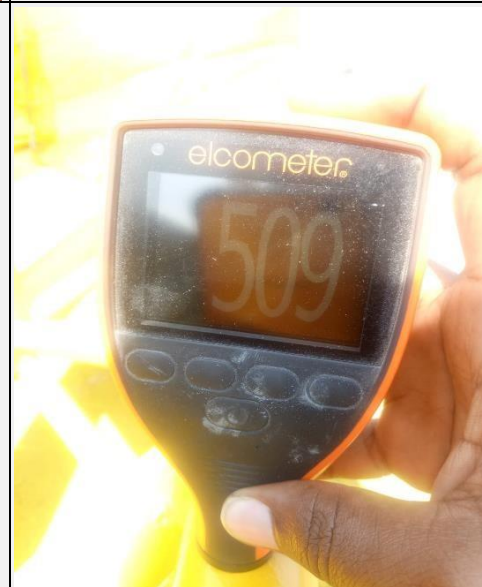
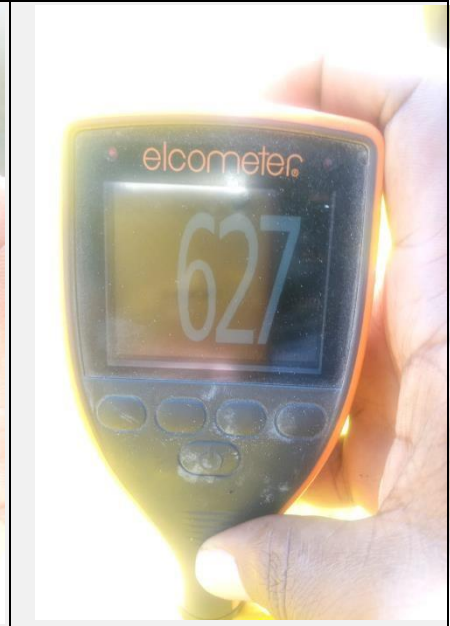
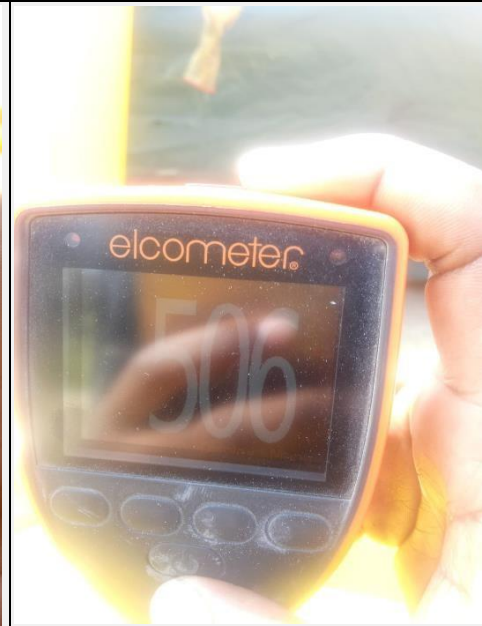
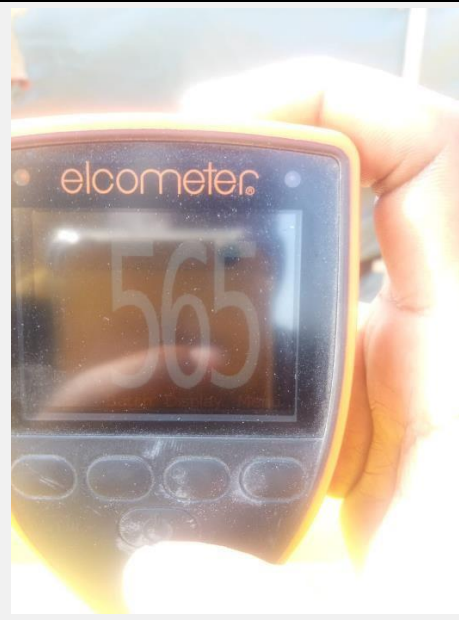
Pictures after
abrasive blasting



DRY FILM THICKNESS AFTER **PRIMER** APPLICATION PICTURES



DRY FILM THICKNESS AFTER **FINAL** APPLICATION PICTURES





CAPE GATE (PTY) LTD
NOBEL BLVD NE3
VANDERBIJLPARK 1911
SOUTH AFRICA
TEL: (016) 980 2121

MILL TEST CERTIFICATE

This document complies with BS EN 10204 3.1

With reference to Delivery Note/Pick Note

DE017136

ED896 /001

Cast Number	C	Mn	S	P	Si	Cr	Mo	Ni	Cu	Al	Sn	V	B	Nb	Ti	N
-------------	---	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	---

PLAIN ROUNDS SANS 920 250MPA

R10 X 6M 250MPA

801246	.125	.570	.022	.012	.160	.100	.020	.080	.230		.014	.007				
CEV:	.26	AREA:	79.7	YIELD MPA:	373	UTS MPA:	517	ELONG %:	36							
DATE ROLLED:	20221001	BEND TEST:	OK	REBEND TEST:	OK											

PLAIN ROUNDS SANS 920 250MPA

R20 X 6M 250MPA

182400	.112	.684	.032	.026	.177	.279	.014	.111	.246	.004	.021	.006		.003	.001	
CEV:	.30	AREA:	313.5	YIELD MPA:	342	UTS MPA:	463	ELONG %:	32							
DATE ROLLED:	20221007	BEND TEST:	OK	REBEND TEST:	OK											

PLAIN ROUNDS SANS 920 250MPA

R10 X 6M 250MPA

801246	.125	.570	.022	.012	.160	.100	.020	.080	.230		.014	.007				
CEV:	.26	AREA:	79.7	YIELD MPA:	373	UTS MPA:	517	ELONG %:	36							
DATE ROLLED:	20221001	BEND TEST:	OK	REBEND TEST:	OK											

182008 *** TEST RESULTS NOT AVAILABLE ***

182009 *** TEST RESULTS NOT AVAILABLE ***

INFORMATION CENTRE
2022-10-09
CAPE GATE (PTY) LTD

Test Results
Test Results
Test Results

NJR Steel Exports (Pty) Ltd
233 Joe Amison Street
Withok Estate, Labore, Brakpan
P.O. Box 1220
Boksburg 1460
Tel: 011 732 1511 Fax: 011 732 14
VAT: 4330116090

Certification and signature of QC Manager or appointee

Responsible person

D. Ertleben

Signature:

CERTIFICATE OF COMPLIANCE

Date: APRIL 11, 2023

Product EN 10219 (S355JR)

NJR Steel Exports (Pty) Ltd

233 Joe Amison Street

Withok Estate, Labore, Brakpan

P.O. Box 1220

Boksburg 1460

Tel: 011 732 1511 Fax: 011 732 1441

Supplier ref: 4330116080

Dimensions, Quantity and Mass

Item	Outside Dimensions	Gauge(mm)	Length	Quantity	Mass(kg)	Heat No	Y.S	T.S	E.L	Tensile Strength (Mpa)	Charpy Impact Test
RND	48,4	4,0	6	183	4,38	3A-00216	385	535	29	550	117/110/113 AVG110
RND	48,4	4,5	6	183	4,870	3C-20457	409	550	31	565	95/100/105 AVG100
RND	76,2	5,0	6	111	8,779	2301259	405	535	28	550	99/102/108 AVG103
RND	76,2	6,0	6	74	10,39	X23210740	389	540	29	550	104/103/105 AVG104
RND	152,4	8,0	6	60	28,49	2207302	379	530	30	549	89/91/93 AVG91
RND	190	8,0	6	21	35,90	22309576	390	536	30	551	78/77/82 AVG79
RND	190	10,0	6,0	21	44,39	22212330	405	530	30	550	103/103/100 AVG102

Product Checks

Chemical Composition (%)

Item	Yield Strength	Tensile Strength		%	%	%	%	%	%
		Min	Max		Mn	P	Al		S
48,4 x 4,0 Rnd	385		535	17	128	25	3		15
48,4 x 4,5 Rnd	409		550	14	110	22	2		13
76,2 x 5,0 Rnd	405		535	15	103	19	2		14
76,2 x 6,0 Rnd	389		540	16	98	20	1		10
152,4 x 8,0 Rnd	379		530	15	115	21	2		9
190 x 8,0 Rnd	390		536	17	120	19	1		12
190 x 10,0 Rnd	405		530	15	125	20	1		11

1: x10-1

2: x10-2

3: x10-3

4: x10-4

NJR Steel Exports (Pty) Ltd

233 Joe Amison Street

Withok Estate, Labore, Brakpan

P.O. Box 1220

Boksburg 1460

Tel: 011 732 1511 Fax: 011 732 1441

VAT: 4330116080

Signed

M. Masetson

Date: 29/5/23

This is to certify that the tubes in the above order are in accordance with the requirements of the above mentioned terms of quality

NJR Steel Exports (Pty) Ltd
 233 Joe Aronson Street
 Witthok Estate, Labore, Brakpan
 P.O. Box 1220
 Boksburg 1460
 Tel: 011 732 1511 Fax: 011 732 1441
 V/AT: 4330116080

CERTIFICATE OF PRODUCT QUALITY

ACCORDING TO EN 10204 3.1

Code : LZ/CX14-JL07D

NO : 220901040

CUSTOMER	GARSIN STEEL TUBE AND PIPE (PTY) LTD	We hereby certify that the material described here in has been manufactured and tested in accordance with above specifications and the results of all are acceptable.	CERTIFICATE NO.	QC01
PRODUCT	ERW STEEL PIPE		CAR NO.	-
M.P	ERW		CONTRACT NO.	AU22040-5
STANDARD	EN 10219	HEAT TREATMENT OF WELDING SEAM	(✓) M	

STEEL GRADE		HEAT NO.		SPECIFICATION			WEIGHT MT		PCS		Chemical Composition (%)																
				O. D (mm)	W. T (mm)	Length (m)					C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	V	Al	Nb	N	B	Sn	Ce
S355		84328		139.7	6	6	1.899	16	0.12	0.35	0.88	0.016	0.015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MECHANICAL PROPERTY OF PIPE BODY							MECHANICAL PROPERTY OF WELDING SEAM							(√) UT (-) ET (-) EMAT							HYDROSTATIC TEST						
Y.S. (R _{0.2})	T.S. (R _m)	E.L. (A)			IMP (J)	FLATTENING	T.S. (R _m)	IMP (J)	WELDING SEAM 100%			DELAMINATION OF PIPE END			PIPE BODY			TEST PRESSURE	DELAY TIME								
Mpa	Mpa	A50mm			- °C		Mpa	- °C										Mpa									
430	560	30.0			-	OK	-	-				OK						-	-								
SIGN/SEAL OF THE THIRD PARTY DETECTION							NOTES							Y.S.=YIELD STRENGTH E.L.=ELONGATION							T.S.= TENSILE STRENGTH IMP=IMPACT VALUE (IND)						

- Pressure pipes used with ordinary pipes will be regarded as ordinary ones.
- Quality defects occurred in transit is beyond our guarantee.
- Any changes by handwriting is invalid.
- This certificate should be proved valid with seal.

INSPECTOR : _____ CONSIGNOR : _____
 Please Note: The information supplied on this certificate is identical to our supplier's original certificate supplied to us.

NJR Steel Exports (Pty) Ltd
 233 Joe Aronson Street
 Witthok Estate, Labore, Brakpan
 P.O. Box 1220
 Boksburg 1460
 Tel: 011 732 1511 Fax: 011 732 1441
 V/AT: 4330116080

WPS record number	ENGP/ASME/SMAW001-WPS	Revision 0	Qualified to	ASME Section IX 2021
Date	2023/08/28		Company name	ENGPROJECTS Mechanical & Piping Ser
Supporting PQR(s)	ENGP/ASME/SMAW001 - Rev 0			
Reference docs.				

Scope	Groove, fillet, no PWHT (As-welded)
Joint	Joint details for this welding procedure specification in: JOINTS (QW-402) section of this WPS, Production drawings, Engineering specifications, Reference documents

BASE METALS (QW-403)

Type	Carbon steel (P1)	P-no. 1	Grp-no. Any
Welded to	Carbon steel (P1)	P-no. 1	Grp-no. Any
Backing:	None	P-no.	Grp-no.
Retainers	None		
Notes			

THICKNESS RANGE QUALIFIED

mm

	As-welded		With PWHT	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Complete pen.	1.5	20	-	-
With toughness	-	-	-	-
Partial pen.	1.5	20	-	-
Fillet welds	no min.	no max.	-	-

DIAMETER RANGE QUALIFIED

mm

	As-welded		With PWHT	
	Min.	Max.	Min.	Max.

Pipe/Tube Diameter Range Qualified	Nominal pipe size	no min.	no max.	-	-
------------------------------------	-------------------	---------	---------	---	---

FILLER METALS (QW-404)

THICKNESS RANGE QUALIFIED

mm

	SFA	Classification	F-no.	A-no.	Chemical analysis or Trade name	As-welded		With PWHT	
						Min.	Max.	Min.	Max.
SMAW	5.1	E7018-1	4	1	Afrox	no min.	20	-	-

Filler Metals - Other	-
-----------------------	---

WELDING PROCEDURE

Welding process	SMAW
Type	Manual
Minimum preheat/interpass temp. °C	10
Maximum interpass temperature °C	201
Preheat - Other	-
Filler metal size mm	2.5
Layer number	All
Position of groove	All
Weld progression	Any
Position - Other	-
Current/polarity	DCEP
Heat input calculation	QW-409.1(a)
Amperes Amps	60 - 115
Volts Volts	20 - 23
Travel speed mm/min	42 - 105.71
Maximum heat input kJ/mm	2.72
Electrical - Other	-
String or weave	Stringer or Weave
Multi/Single pass per side	Single or multiple passes
Technique - Other	-
Maximum pass thickness mm	4
Weld deposit chemistry	As per certificate
Notes	-