



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**Proposta de melhoria de protecção da estrutura metálica do
Jetty contra corrosão_Kenmare**

Discente:

Gimo, Chakily Lonili Correia

Supervisor da faculdade:

Engº. Roberto David

Supervisor da Empresa:

Higino Mafumo

Maputo, Julho de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**Proposta de melhoria de protecção da estrutura metálica do
Jetty contra corrosão_Kenmare**

Discente:

Gimo, Chakily Lonili Correia

Supervisor da faculdade:

Empresa:

Engº. Roberto David

Supervisor da

Higino Mafumo

Maputo, Julho de 2024



**Proposta de melhoria de protecção da estrutura metálica do *Jetty* contra
corrosão_Kenmare**

GIMO, CHAKILY LONILY CORREIA

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Chakily Lonili Correia Gimo, com o código 20172321, entregou no dia ____/____/2024 as três cópias do relatório de estágio, intitulado: Corrosão e protecção da estrutura da jetty.

Maputo, aos ____ de _____ de 2024

A chefe da Secretária

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Chakily Lonili Correia Gimo, declaro por minha honra, que o presente projecto final do curso é exclusivamente da minha autoria, resultante do estágio profissional feito na ENGPROJECTS, SA, no site da KENMARE_MOMA, e que nunca foi apresentado para efeitos de avaliação em nenhuma outra instituição de ensino, não constituindo uma cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente.

Assumo na qualidade de autor, total responsabilidade pública pelos conteúdos apresentados.

Maputo, Julho de 2024

(Chakily Lonili Correia Gimo)

Dedicatória

Este trabalho, trajectória e esforço dedico a minha família (pais, irmãos e minha companheira) que sempre me apoiaram em todas etapas do processo, desde o ensino pré-escolar.

Dedico também a Sra. Celeste Setimane Sultane (em memória), uma das pessoas que me inspirou a estudar com muito empenho e dedicação, pois eu queria adquirir e colecionar conhecimento, para lhe auxiliar, pois sofria com a sua doença crónica.

Agradecimento

Agradeço Allah por me dar saúde e forças para alcançar os objectivos traçados. Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho. Agradeço à meu professor Roberto David, pela orientação dedicada, paciência e valiosas sugestões ao longo deste processo.

Aos meus país (Claudino e Eduarda), Irmãos (Jr, Nadir e Rhanya), a minha parceira (Mia), meus irmãos de caminhada (Piconês e Pachela), que deste sempre fizeram parte do processo, partilharam todas minhas derrotas e conquistas e sempre do meu lado a apoiar, sobre tudo ao meu pai, que negou que eu mudasse de curso, pois sempre acreditou e conhecia meu potencial.

Agradeço ao Eng. Rendes Macário, Director geral, que abriu portas para o meu primeiro contacto com a industria, onde o processo de aprendizado é continuo e sempre disposto como um mentor, criando bases sólidas sobre o conceito industria versus faculdade.

Aos meus amigos e colegas de curso, pelo incentivo constante e momentos de descontração que tornaram essa jornada mais leve. Por fim, agradeço à instituição UEM-FENG pela infraestrutura oferecida e oportunidade de crescimento acadêmico. Este trabalho não seria possível sem o apoio de todos vocês.

Muito obrigado!

Resumo

A corrosão marinha é comumente relacionada a penetração externa de íons cloreto, segundo Araújo e Panossian (2010). Os cloretos, através da água, atmosfera marinha ou degelo dos sais, penetram o material através do processo de difusão impregnação ou absorção capilar de águas contendo teores de cloreto. Os íons cloretos são responsáveis por acelerar a condutividade eléctrica actuando como catalisador do processo de corrosão e produtos de corrosão, ocasionando perda de resistência das estruturas (CAVALCANTI; CAVALCANTI, 2010). Já os íons sulfatos agem através do processo de cristalização dos sais de sulfato, ocorrendo quando a concentração de sais se torna muito elevada, devido à evaporação da água (PONTES, 2019). É importante ressaltar a importância das características dos materiais envolvidos na estrutura, características físico-químicas e microbiológicas da água, gases dissolvidos, velocidade e temperatura do fluido para avaliação correcta do processo de corrosão. O pH da água do mar, age como propulsor do processo de corrosão, pois a água torna - se excelente electrólito, formando comumente corrosão do tipo frestas e galvânicas. Segundo Pannoni (2007), em um ambiente muito mais agressivo pode se desenvolver e causar a corrosão localizada no interior da fresta, assim como dois metais quando são expostos à uma solução condutora de electricidade, como é o caso da água do mar, pode desenvolver a corrosão galvânica. E toda atmosfera marinha é propulsora da corrosão uniforme sob os materiais. No geral, estratégias preventivas é funcional através do desenvolvimento de um sistema de monitoramento da durabilidade, a utilização de revestimento com tintas e jateamentos abrasivo devem ser analisados de acordo com a estrutura e o tipo de material que a constitui, enfatizando a necessidade de realização de testes de velocidade de corrosão e componentes que estão presentes no meio actuando como catalisadores de corrosão.

PALAVRAS-CHAVE: Corrosão marítima, Estruturas metálicas, agentes anticorrosivos

ABSTRACT

Marine corrosion is commonly related to the external penetration of chloride ions, according to Araujo and Panossian (2010). Chlorides, through water, marine atmosphere or melting salts, penetrate the material through the process of diffusion, impregnation or capillary absorption of water containing chloride content. Chloride ions are responsible for accelerating electrical conductivity, acting as a catalyst for the corrosion process and corrosion products, causing loss of resistance in structures (CAVALCANTI; CAVALCANTI, 2010). Sulfate ions act through the crystallization process of sulfate salts, occurring when the concentration of salts becomes very high, due to the evaporation of water (PONTES, 2019). It is important to highlight the importance of the characteristics of the materials involved in the structure, physical-chemical and microbiological characteristics of the water, dissolved gases, speed and temperature of the fluid for correct assessment of the corrosion process. The pH of seawater acts as a propellant for the corrosion process, as the water becomes an excellent electrolyte, commonly forming crevice and galvanic corrosion. According to Pannoni (2007), in a much more aggressive environment, localized corrosion can develop and cause corrosion inside the crack, just as two metals when exposed to an electrically conductive solution, such as sea water, can develop galvanic corrosion. And the entire marine atmosphere is a driver of uniform corrosion under materials. In general, preventive strategies are functional through the development of a durability monitoring system, the use of paint coating and abrasive blasting must be analyzed according to the structure and the type of material that constitutes it, emphasizing the need to carry out corrosion speed tests and components that are present in the environment acting as corrosion catalysts.

KEYWORDS: Marine corrosion, Metal structures, anticorrosive agents

Índice

Dedicatória	I
Agradecimento	II
Resumo	III
ABSTRACT	IV
Índice	V
Lista de figuras	IX
Lista de tabelas	X
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	X
1.1. Introdução	1
1.2. Problema	2
1.3. Objectivo geral	2
1.4. Objectivos específicos.....	2
1.5. Hipóteses/Proposições.....	2
1.6. Perguntas de investigação	2
1.7. Metodologia	2
CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA.....	4
Conceitos básicos	4
2.1. Corrosão.....	4
2.1.1. Definição.....	4
2.1.2. Tipos de corrosão	5
2.1.2.1. Corrosão Electroquímica.....	5
2.1.2.2. Corrosão Electrolítica	6
2.1.2.3. Corrosão Química	6
2.1.3. Formas de corrosão.....	7

2.1.3.1.	Corrosão uniforme.....	7
2.1.3.2.	Corrosão por placas	7
2.1.3.3.	Corrosão alveolar	8
2.1.3.4.	Corrosão por pite.....	8
2.1.3.5.	Corrosão intergranular	8
2.1.3.6.	Corrosão transgranular.....	9
2.1.3.7.	Corrosão filiforme	9
2.1.3.8.	Corrosão por esfoliação	10
2.1.3.9.	Corrosão por empolamento pelo hidrogênio	10
2.1.3.10.	Corrosão em torno do cordão de solda	10
2.2.	Kenmare.....	11
2.2.1.	Mineração	12
2.2.1.1.	Dragagem.....	12
2.2.1.2.	Planta de concentração húmida	12
2.2.1.3.	Reabilitação de dunas	12
2.2.1.4.	Concentrado mineral pesado	13
2.2.2.	Processamento	13
2.2.2.1.	Separação magnética húmida de alta intensidade	13
2.2.2.2.	Planta de separação mineral.....	14
2.2.3.	Armazenamento e transporte.....	14
2.2.3.1.	Armazenamento de produtos	14
2.2.3.2.	Transportadora e molhe	15
2.2.3.3.	Navios de transbordo	15
2.3.	Portos, Terminais e Estruturas de Acostagem	15
2.3.1.	Definição	15
2.3.2.	Tipos de Jetties.....	17
2.3.2.1.	Jetties de paramento vertical contínuo	17

2.3.2.2.	Jetties assentes em estacas	17
2.3.2.3.	Jetties assentes em talude ou quebra-.....	19
2.4.	COMPÓSITOS E PROTECÇÃO CONTRA CORROSÃO	20
2.4.1.	Resina epóxi	20
2.4.2.	Bisfenol A – Éter Diglicerílico	20
2.4.3.	Agente de cura (endurecedor)	20
2.4.4.	Fibras de vidro	21
2.4.5.	Fibras de Carbono	21
CAPÍTULO 3: CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO.....		23
CAPÍTULO 4: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA		25
4.1.	Composicao do material.....	25
4.2.	Metodologia para resolução do problema	25
4.2.1.	Preparação de Superfície	25
4.2.1.1.	Jateamento de areia.....	25
4.2.1.2.	Preparação da superfície do disco <i>flap</i> – Limpeza.....	28
4.2.2.	Aplicação do Primer.....	29
4.2.3.	Aplicação de massa.....	31
4.2.4.	Processo de Laminação	32
4.2.5.	Aplicação de Revestimento Protetor.....	35
CAPÍTULO 5: Apresentação, Análise e Discussão de Resultados.....		37
5.1.	Apresentação	37
5.2.	Análise.....	37
5.2.1.	Taxa de corrosão	38
5.3.	Discussão De Resultados	42
	Relacionar custo - benefício da implantação do projecto de protecção a corrosão. ..	43
CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES		44
6.1.	Conclusões.....	44

6.2. Recomendações.....	44
Referências Bibliograficas	45
Anexo 1	46
Anexo 2	47

Lista de figuras

Figura 1: Ciclo dos metais	4
Figura 2: Corrosão electroquímica	5
Figura 3: Corrosão Electrolítica	6
Figura 4: Corrosão química	6
Figura 5: Corrosão uniforme.....	7
Figura 6: Corrosão por placas	7
Figura 7: Corrosão alveolar	8
Figura 8: Corrosão por pite.....	8
Figura 9: Corrosão intergranular.....	8
Figura 10: Corrosão transgranular.....	9
Figura 11: Corrosão filiforme	9
Figura 12: Corrosão por esfoliação	10
Figura 13: Corrosão por empolamento pelo hidrogênio	10
Figura 14: Corrosão em torno do cordão de solda	10
Figura 15: Imagem da WCPA (Planta A).....	11
Figura 16: Representação esquemática da mineração	12
Figura 17: Representação esquemática do processamento	13
Figura 18: Representação esquemática do armazenamento e transporte	14
Figura 19: Jetty_Kenmare	15
Figura 20: a) apresenta um perfil transversal e a Figura 3-19 b) um perfil longitudinal de jetty em caixotões.....	17
Figura 21: Perfis transversais tipo de jetties assentes em estacas (Gaythwaite, 2004)	18
Figura 22: Perfil transversal de uma ponte - cais na sua extremidade costeira (Gaythwaite, 2004)	19
Figura 23: Perfis transversais a) de um jetty em talude e b) de um jetty assente em quebra-mar (Gaythwaite, 2004).....	19
Figura 24: Uma seção transversal de um laminado de carbono/resina epóxi com camadas cruzadas	22
Figura 25: Ilustração do uso de EPI's.....	26
Figura 26: Controle de qualidade	27
Figura 27: Acabamento superficial	27
Figura 28: Níveis de rugosidade	28

Figura 29: Superfície tratada com disco flap.....	29
Figura 30: Tecido superficial.....	33
Figura 31: Fibra de Carbono.....	33
Figura 32: Fio picado.....	33
Figura 33: Mecha tecida	33
Figura 34: Camadas dos tecidos sobre perfil	37
Figura 35: Perfis Galvanizados.....	37

Lista de tabelas

Tabela 1: Propriedades mecânicas típicas de composições de fibra de vidro	21
Tabela 2: Propriedades mecânicas típicas de fibras de carbono	22
Tabela 3: Relação monetária Custo- benefício.....	43

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Relação custo benefício	42
Gráfico 2: Relação monetária Custo- benefício	43

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

O estudo da corrosão de superfícies é importante para a solução de problemas de peças e equipamentos. Ter o conhecimento dos tipos de corrosão existentes, compreender os seus mecanismos de actuação e suas causas é importante para se saber que medidas devem ser tomadas para prevenir a sua ocorrência ou minimizar os impactos gerados por ela.

A construção e a reabilitação de estruturas em ambiente marítimo exigem um grande investimento e com actual crise económica, a rentabilização de custos em obras de reabilitação é uma necessidade obrigatória. Nesse sentido, é necessária uma maior compreensão dos mecanismos de deterioração das estruturas. O estudo do comportamento das construções localizadas em ambiente marítimo torna - se assim bastante importante para KENMARE e para o país em geral, sendo essencial compreender o comportamento das estruturas e o efeito dos factores de degradação deste tipo de ambiente na durabilidade das mesmas.

O ambiente marítimo constitui um dos meios de exposição mais hostis do planeta. Esta extrema agressividade conduz a graves repercussões na durabilidade das estruturas, caso não sejam adotadas medidas de protecção adequada. Os materiais de construção degradam - se quando expostos às acções agressivas do meio ambiente provocando danos de diversa natureza nas estruturas. Este aspecto tem sido verificado pelo grande número de construções que apresentam deterioração precoce nos últimos anos.

Existe alguma dissonância entre a terminologia utilizada nos Estados Unidos, no que se refere aos *Jetties*, e aquela que é utilizada no resto do mundo ou, pelo menos, na Europa. Na terminologia norte- americana, um *Jetty* refere - se a uma estrutura de estabilização costeira, perpendicular à costa, geralmente utilizada na formação de enseadas ou na protecção de entradas de portos. Por sua vez, na terminologia Europeia, um *Jetty* refere-se a uma estrutura de acostagem perpendicular à costa, geralmente assente em estacas e que permite a acomodação de navios em ambos os lados da sua estrutura ou mesmo na extremidade.

Os tipos de estrutura de acostagem a que os europeus se referem como *Jetty* os norte - americanos referem - se como *Pier* (Gaythwaite, 2004).

1.2. Problema

A deterioração precoce da estrutura da *Jetty* é uma realidade, com avanço da tecnologia, pretende-se propor método mais eficaz, de modo que a frequência das manutenções na estrutura diminua.

1.3. Objectivo geral

Propor um método viável para protecção da estrutura metálica do *Jetty* contra corrosão.

1.4. Objectivos específicos

- Verificar o material que compõe a estrutura da *Jetty*;
- Avaliar os métodos de protecção dos metais usados na estrutura da *Jetty*;
- Propor método de protecção dos metais e;
- Relacionar custo - benefício da implantação do projecto de protecção a corrosão.

1.5. Hipóteses/Proposições

1. O revestimento da estrutura por pintura não é suficiente;
2. A composição do metal que forma a estrutura é frágil e;
3. O desgaste pode ser acelerado devido ao ambiente de exposição.

1.6. Perguntas de investigação

1. Qual é o ciclo de vida da *Jetty* com o método de protecção actual?
2. Qual é o ciclo de vida da *Jetty* com o método de protecção proposta?
3. Qual é a relação do custo benefício, na troca do método de protecção da estrutura?

1.7. Metodologia

A realização deste relatório, teve como bases fundamentais dois métodos:

- Pesquisa bibliográfica

Consulta em manuais, artigos científicos, consulta ao supervisor e a internet, usou-se também, dados técnicos fornecidos pela Kenmare, onde consta, informações técnicas da estrutura da *Jetty*.

- Oficinas da ENGPJECTS SA – Site da Kenmare

Uma parte da estrutura, por ter sido fabricado no *workshop* da Engprojects SA, estas serviram para obter o contacto directo com o material, estudo da estrutura *Jetty* e como esta pode ser melhorada.

- Consulta com AJMR

A AJMR são especialistas no **método proposto**, pois através desta, foi possível colher informações relativas ao método, vida útil e bem como o custo para aplicação do projecto.

- Consulta na COPROL

A COPROL é uma empresa moçambicana, que um dos seus ramos de operação é o *sandblasting and painting*, onde realizou - se o pedido de cotação.

- Consulta na STEEL & PIPES

Através da STEEL & PIPES, foi possível fazer pedido de cotação do custo unitário dos perfis galvanizado.

CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

Conceitos básicos

Com vista a melhorar a percepção do trabalho, é necessário certas definições de conceitos técnicos, processo de produção de areia pesada até ao transporte (onde a *Jetty* enquadra -se) bem como, debruçar sobre a *Jetty* em seu todo.

2.1. Corrosão

2.1.1. Definição

A corrosão é a deterioração de um material, geralmente um material metálico, pela ação

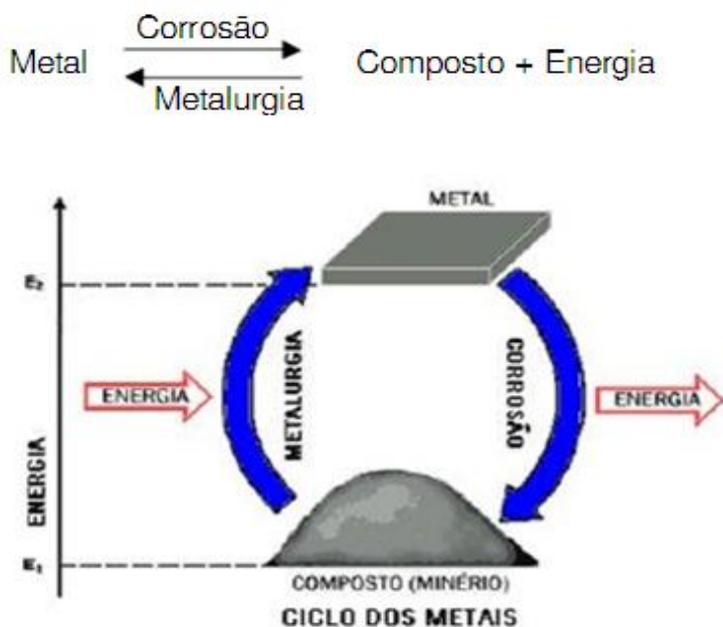


Figura 1: Ciclo dos metais

química ou electroquímica do meio, associada ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pela interação físico - química entre o material e o meio promove alterações prejudiciais ao material, como modificações estruturais e desgaste, tornando-o inadequado ao uso (GENTIL, 2011).

A corrosão também pode ocorrer em materiais não - metálicos, por exemplo, na borracha, madeira, concreto e polímeros. Neste caso, a corrosão ocorre por meio da acção química ou térmica do meio sobre o material. A perda da elasticidade da borracha, devido à oxidação por ozônio, altera suas propriedades; as madeiras que são expostas a elevados teores de humidade, liberam vapores ácidos orgânicos, reduzindo sua resistência mecânica; e a deterioração do cimento do tipo *Portland*, o qual é empregado no concreto, é causada pela acção dos íons sulfato. Todos esses fenômenos são considerados corrosão, mas o termo mais empregado para designá - lo é degradação (CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

Para materiais metálicos, o processo de corrosão é geralmente electroquímico, uma reação química com transferência de elétrons de um componente químico para o outro. A reação de oxidação é a corrosão que ocorre de diversas formas em materiais metálicos (GEMELLI, 2001).

2.1.2. Tipos de corrosão

2.1.2.1. Corrosão Electroquímica

Os processos de corrosão electroquímica são os mais frequentes na natureza e se



Figura 2: Corrosão electroquímica

caracterizam basicamente por:

- ✓ Realizarem- se necessariamente na presença de líquidos (água, solução aquosa...);
- ✓ Realizarem- se em temperaturas abaixo do ponto de orvalho, sendo a grande maioria na temperatura ambiente;
- ✓ Realizarem - se devido à formação de pilhas de corrosão;
- ✓ O processo de corrosão electroquímica é devido ao fluxo de elétrons, que se desloca de

uma área da superfície metálica para a outra; Esse movimento de elétrons é devido a diferença de potencial, de natureza eletroquímica, que se estabelece entre as regiões.

2.1.2.2. Corrosão Electrolítica

- ✓ A corrosão electrolítica se caracteriza por ser um processo electroquímico, que se dá com a aplicação de corrente eléctrica externa, ou seja, trata - se de uma corrosão não espontânea;
- ✓ Esse fenômeno é provocado por correntes de fuga, também chamadas de parasitas e ou vagabundas, estranhas, e ocorre com frequência em tubulações de petróleo e de água potável, em cabos telefónicos enterrados, em tanques de postos de gasolina etc;
- ✓ Geralmente, essas correntes são devidas a deficiências de isolamento ou de aterramento, fora de especificações técnicas;
- ✓ Normalmente, acontecem furos isolados nas instalações, onde a corrente escapa para o solo.

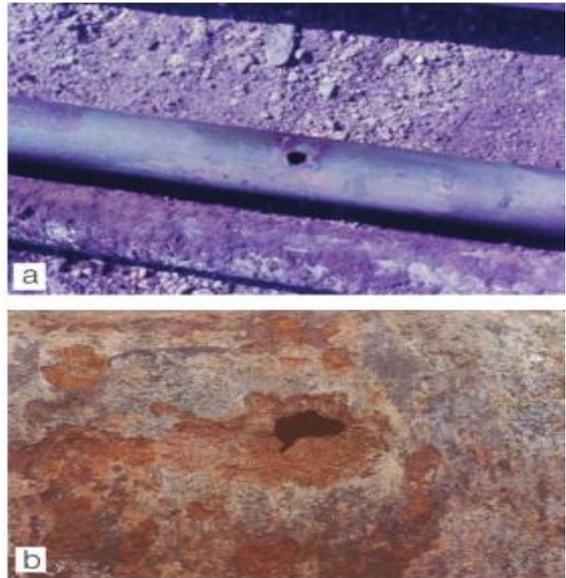


Figura 3: Corrosão Electrolítica

2.1.2.3. Corrosão Química

Corrosão química também denominada por corrosão em meio não aquoso ou corrosão seca.



Figura 4: Corrosão química

- ✓ No caso de um metal, o processo consiste numa reação química entre o meio corrosivo e o material metálico, resultando na formação de um produto de corrosão sobre a sua superfície.
- ✓ Os polímeros (plásticos e borrachas) também podem sofrer corrosão, ou melhor, uma degradação, pela acção do meio, de solventes ou desoxidantes enérgicos.
- ✓ Nessa corrosão, as reações químicas levam à cisão das macromoléculas, em geral com comprometimento das propriedades físicas e químicas do material, como ocorre na hidrólise do poli (tereftalato de etileno).

2.1.3. 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. Dessa maneira, Gentil (2011) apresenta classificação das formas de corrosão metálica, de acordo com a sua morfologia, factores mecânicos, meio corrosivo, causa ou mecanismo, que será tratada nas subsecções abaixo.

2.1.3.1. Corrosão uniforme

A corrosão do tipo uniforme é também conhecida como corrosão generalizada por se



processar em toda a extensão da superfície do material (Figura 5). 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 secção atacada.

Figura 5: Corrosão uniforme

2.1.3.2. Corrosão por placas

A corrosão por placas é uma forma localizada de ataque. Nos locais onde ocorre, são



Figura 6: Corrosão por placas

formados depósitos de produtos de corrosão, os quais aumentam com o tempo de ataque, representando elevado relevo na morfologia da superfície do material (Figura 6). 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.

2.1.3.3. Corrosão alveolar

A corrosão alveolar ocorre com a produção de sulcos ou escava a alvéolos, apresentando uma forma arredondada de ataque. É também como um tipo localizado de corrosão, como pode ser observado na Figura 7.



Figura 7: Corrosão alveolar

2.1.3.4. Corrosão por pite

A corrosão por pite, também conhecida como corrosão puntiforme, é a forma localizada de ataque mais agressivo. Ocorre em pontos ou pequenas áreas produzindo os pites



Figura 8: Corrosão por pite

(Figura 8). Geralmente é de difícil visualização, pois apresenta pequeno diâmetro e elevada profundidade. A técnica de análise microscopia é importante ferramenta para a detecção e caracterização da corrosão por pites (RAMANATHAN, 1999). A morfologia do ataque por pite apresenta-se na forma cônica

(AMERICAN SOCIE OF TESTING MATERIALS, 1986).

2.1.3.5. Corrosão intergranular

A corrosão intergranular ocorre nos grãos da rede cristalina do material metálico (Figura 9). Os contornos de grão se tornam reactivos, sob certas condições, sofrendo oxidação.

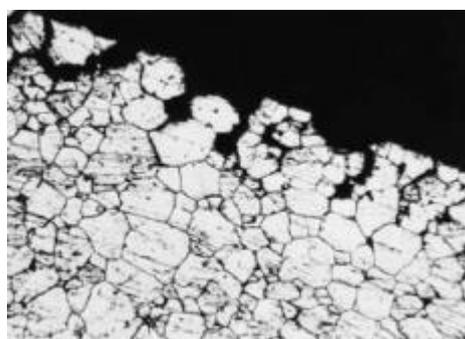


Figura 9: Corrosão intergranular

O metal perde resistência mecânica e torna-se susceptível a fraturas. O processo de corrosão intergranular decorre do empobrecimento principalmente nos elementos Cr, Mo, Si e P, os quais proporcionam resistência à corrosão, devido à precipitação de carbonetos e/ou nitretos nos contornos de grãos. Esses precipitados são normalmente mais nobres do que a matriz metálica,

actuando como cátodo, tornando a região adjacente anódica e susceptível à corrosão intergranular (RAMANATHAN, 1998).

Segundo Gentil (2011), a corrosão intergranular ocorre quando existe um caminho preferencial para a corrosão na região dos contornos de grãos, devido à presença de células de acção local nas vizinhanças dos contornos. O ataque inicia nos contornos e cresce para o interior dos grãos.

2.1.3.6. Corrosão transgranular

A corrosão transgranular (Figura 10) é uma das mais perigosas formas de corrosão, pois surge nos grãos da rede cristalina do material metálico, o qual tem muito reduzido a sua resistência mecânica e pode fraturar à menor solicitação de força. Nesse caso, o processo também pode ser denominado de corrosão sob tensão fraturante.

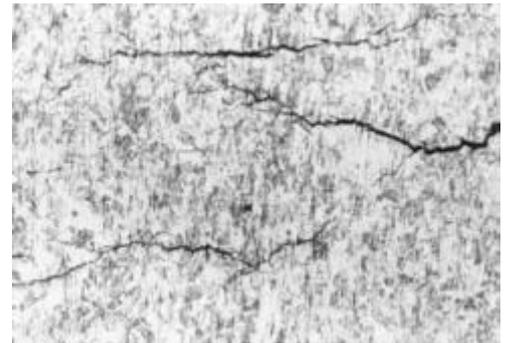


Figura 10: Corrosão transgranular

2.1.3.7. Corrosão filiforme

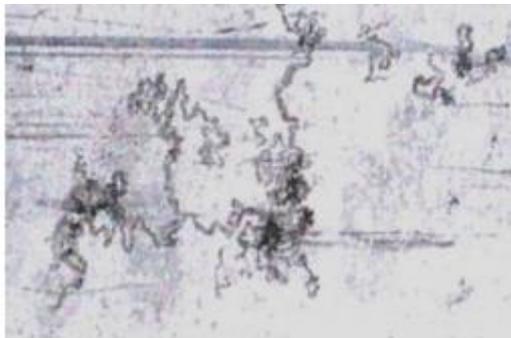


Figura 11: Corrosão filiforme

A corrosão filiforme processa-se sob a forma de filamentos, não profundos, os quais se propagam em diferentes direcções (Figura 11). Geralmente ocorre em superfícies metálicas com um revestimento polimérico, como tinta, provocando o descolamento da camada protectora, expondo o metal ao meio. Quando a humidade relativa do ambiente é maior do que 85%, pode ocorrer a

penetração de água nas falhas ou fissuras provocadas na camada de tinta.

2.1.3.8. Corrosão por esfoliação

A corrosão por esfoliação ocorre com a formação de múltiplas camadas paralelas à



Figura 12: Corrosão por esfoliação

superfície metálica (Figura 12). Pode ocorrer em materiais extrudados ou chapas, os quais tiveram seus grãos alongados e achatados, criando as condições necessárias para que inclusões ou segregações, presentes nos metais, sejam deformadas em planos alongados. Esses alongamentos e formações de camadas surgem com a

aplicação de força mecânica ao metal.

2.1.3.9. Corrosão por empolamento pelo hidrogênio

A corrosão por empolamento pelo hidrogênio ocorre quando o hidrogênio atômico



Figura 13: Corrosão por empolamento pelo hidrogênio

penetra e se difunde no interior de materiais metálicos, acumulando-se em defeitos já existentes. A força exercida pelo acúmulo de hidrogênios atômicos confinados, provoca a sua passagem ao hidrogênio molecular. As moléculas de hidrogênio ganham volume e aumentam a pressão interna exercida no metal, forçando a formação de bolhas na sua superfície (Figura 13). O metal tem sua morfologia e resistência mecânica alteradas, pois

adquire um grau de porosidade na sua estrutura.

2.1.3.10. Corrosão em torno do cordão de solda



Figura 14: Corrosão em torno do cordão de solda

A corrosão localizada em torno de cordão de solda é uma forma comum de ataque, facilmente visualizada (Figura 14). 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.

2.2. Kenmare

Kenmare opera a Moma Titanium Minerals Mine, localizada na costa norte de Moçambique. A Mina de Moma contém depósitos de minerais pesados que incluem os minerais de titânio, ilmenite e rútilo, assim como o mineral silicato de zircónio, zircão.



Figura 15: Imagem da WCPA (Planta A)

A mineração é realizada principalmente utilizando dragas que flutuam em lagoas de mineração artificial. Estas dragas bombeiam as areias pesadas que formam a parede da lagoa para uma Planta de Concentração Húmida (WCP) flutuante. É produzido um concentrado mineral pesado (HMC), que é então bombeado para a Planta de Separação Mineral (MSP) adjacente, onde é separado em produtos finais para exportação através das instalações portuárias (*Jetty*) da Kenmare.

A Kenmare apresenta três grandes grupos:

- Mineração;
- Processamento;
- Armazenamento e transporte.

2.2.1. Mineração

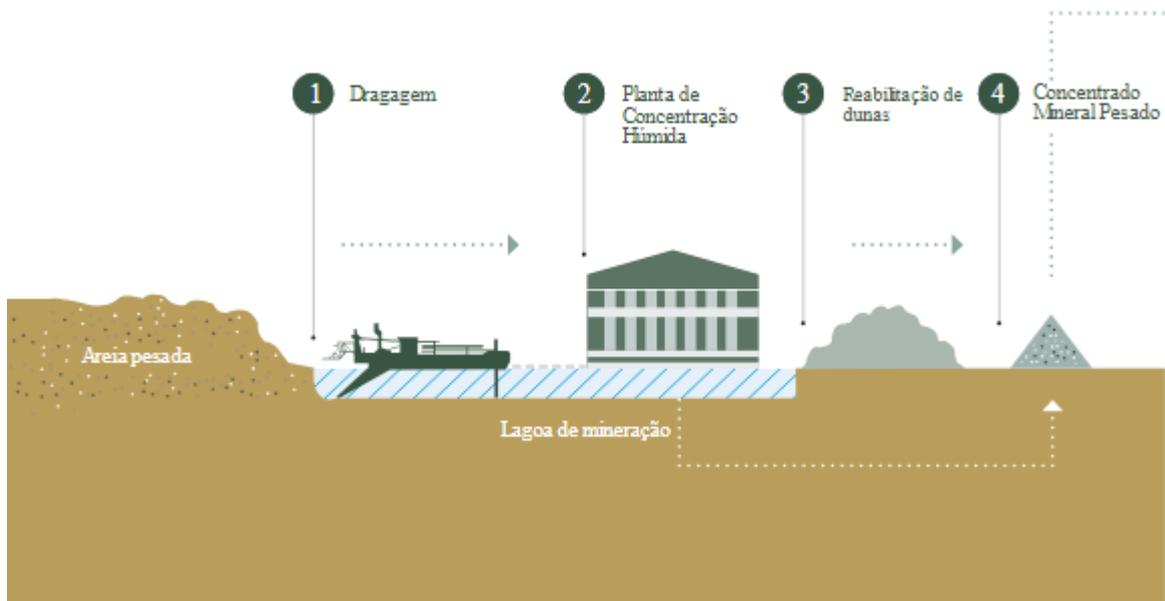


Figura 16: Representação esquemática da mineração

2.2.1.1. Dragagem

A dragagem tem lugar em três lagoas artificiais de água doce separadas, onde três dragas alimentam duas Plantas de Concentração Húmida flutuantes (WCP A, WCP B e WCP C). Antes da dragagem, a vegetação e o solo superficial são removidos do percurso da draga. O solo superficial é recuperado para ser utilizado em reflorestamento. As dragas penetram no minério na base da lagoa, causando a queda da areia rica em minerais na lagoa de mineração onde é bombeada para uma WCP. As dragas são apoiadas por mineração suplementar que utiliza equipamento padrão de mineração de superfície. O minério proveniente da mineração suplementar é arrastado e bombeado para uma WCP para processamento.

2.2.1.2. Planta de concentração húmida

A primeira fase de processamento nas WCPs consiste na rejeição de material sobredimensionado, depois do qual a alimentação é passada por fases progressivas de espirais de gravidade, que separam o concentrado mineral pesado (HMC) da areia de sílica e dos resíduos de argila.

2.2.1.3. Reabilitação de dunas

Os resíduos consistem numa fracção áspera (areia de sílica) que assenta imediatamente e uma fracção fina (argila) que assenta menos rapidamente. Ambas as fracções são

depositadas numa série de lagoas de decantação. Os resíduos finos espessos são bombeados destas lagoas de decantação para as zonas de secagem situadas na zona de reabilitação, onde o material seco ajuda o subsolo a reter humidade e nutrientes para ajudar à revegetação. Os resíduos são então recontornados e o solo arável previamente removido é depositado de novo. A reabilitação é completada por sementeira ou plantação com uma variedade de vegetação nativa e/ou de outras espécies, assim como de culturas alimentares. A área é então transferida de volta para as comunidades locais.

2.2.1.4. Concentrado mineral pesado

HMC representando aproximadamente 5% em peso do minério extraído, é bombeado para a Instalação de Separação Mineral (MSP) onde é armazenado antes de ser processado. HMC consiste nos valiosos minerais pesados ilmenite, rútilo e zircão, outros minerais pesados, e uma pequena quantidade de minerais leves, a maior parte dos quais é sílica.

2.2.2. Processamento

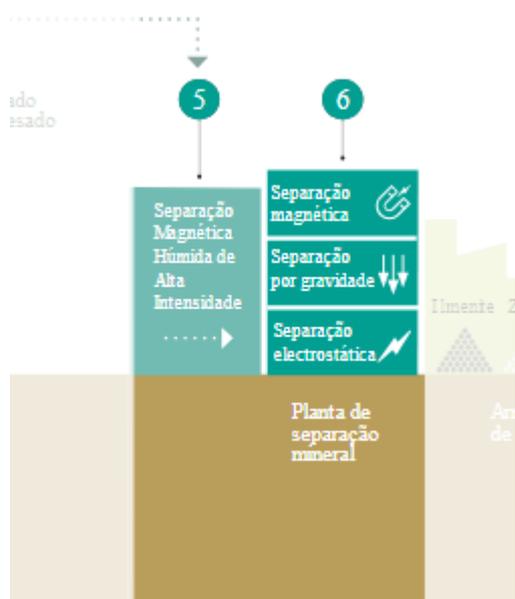


Figura 17: Representação esquemática do processamento

2.2.2.1. Separação magnética húmida de alta intensidade

O HMC é transferido das reservas por transportadores *front-end* e alimentado para a planta de Separação Magnética Húmida de Alta Intensidade (WHIMS) para separar as fracções magnéticas das não magnéticas.

2.2.2.2. Planta de separação mineral

A MSP utiliza uma série de circuitos de separação magnética, por gravidade e electrostática para separar minerais de valor e também para produzir vários tipos de produtos de ilmenite, rútilo e zircão para satisfazer os requisitos específicos dos clientes.

A fracção magnética da produção de WHIMS é seca e processada por separação electrostática para originar produtos de ilmenite acabados.

A fracção não magnética da saída do WHIMS passa para o circuito de separação por gravidade húmida para remover sílica e minerais de lixo. Os separadores electrostáticos são então utilizados para separar o rútilo mineral condutor do zircão mineral não condutor.

2.2.3. Armazenamento e transporte

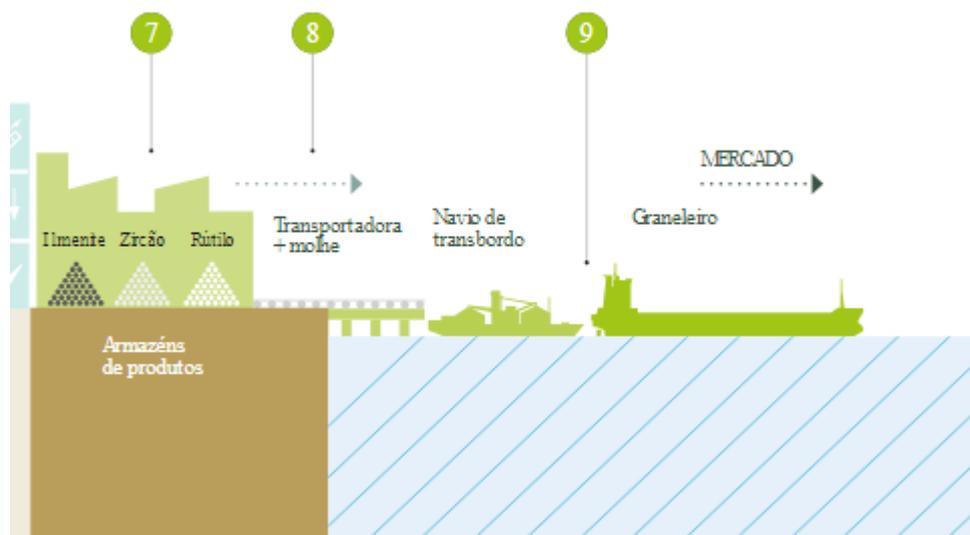


Figura 18: Representação esquemática do armazenamento e transporte

2.2.3.1. Armazenamento de produtos

Ilmenite e rútilo são armazenados num armazém com uma capacidade de 185kt e o zircão é armazenado num armazém diferente para reduzir a potencial capacidade de contaminação cruzada, com capacidade de 35kt. Ambos os armazéns carregam o produto numa correia transportadora sobre terra com 2,4 km de comprimento.

2.2.3.2. Transportadora e molhe

A transportadora leva o produto até ao fim de um molhe de 400m de comprimento, onde o produto é carregado em navios de transbordo, a uma taxa de 1.000 toneladas por hora. A Kenmare possui e opera dois navios de transbordo, o *Bronagh J* e o *Peg*.

2.2.3.3. Navios de transbordo

Os navios transportam os produtos para um ponto de transbordo de águas profundas a 10 km da costa, onde se auto-descarregam em navios de transporte marítimo a granel. Estes navios transportam então os produtos finais para destinos múltiplos em todo o mundo.

2.3. Portos, Terminais e Estruturas de Acostagem

2.3.1. Definição

Uma estrutura de acostagem é o termo genérico utilizado para designar uma obra, em meio marítimo, que possibilita a amarração e acostagem de navios, por forma a garantir uma transferência adequada, de acordo com princípios técnicos, de segurança e de eficiência, de pessoas e bens entre os meios marítimo e terrestre. Estas estruturas podem assumir diversas configurações e serem classificadas de formas distintas consoante o ponto de vista sob o qual são analisadas.

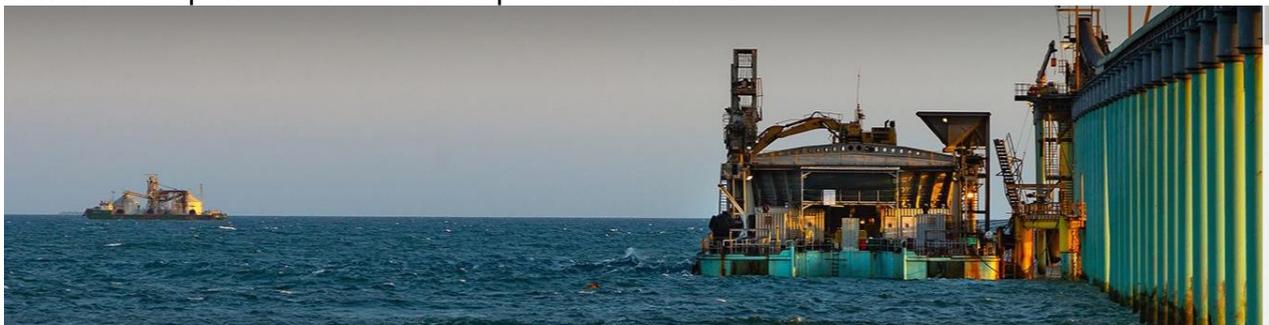


Figura 19: Jetty_Kenmare

Por sua vez, uma infraestrutura portuária ou porto pode ser considerado como uma área naturalmente protegida ou artificialmente protegida, através de quebra-mares, onde a agitação marítima é mais favorável à navegação, amarração e acostagem de navios para a transferência de bens e pessoas ou para a reparação de navios. Os portos podem ser compostos por estruturas de acostagem em número e tipologia diversa, existindo a possibilidade de estas se encontrarem abrigadas dentro da bacia portuária ou fora dela,

por questões de operacionalidade das navios (grandes dimensões e profundidades) e de segurança (e.g. manuseamento de produtos combustíveis) (Gaythwaite, 2004).

Finalmente, a expressão “terminal” remete para uma estrutura de acostagem cuja concepção foi dirigida para a recepção de navios com características restritas (e.g: graneleiros, petroleiros, cargueiros, ferries, entre outros) e, eventualmente, de produtos de características específicas (graneis sólidos, líquidos, contentores, pessoas, entre outros) (Agerschou et al. 2004). Apesar da referida terminologia remeter para um posto de acostagem altamente especializado, refere-se que, actualmente, ao nível da concepção da estrutura de acostagem, se procura construir terminais multifacetadas e capazes de acomodar uma maior variedade de navios e de produtos sem prejuízo da sua função específica (Gaythwaite, 2004).

A especialização dos terminais condiciona, decisivamente, a sua configuração, assim como o equipamento neles existentes para a movimentação de cargas (Santos, 2010). Para Gaythwaite (2004) e Santos (2010) os critérios a levar em conta na concepção de uma nova estrutura de acostagem podem dividir-se em critérios que são função do navio e outros critérios mais gerais. Entre os critérios que são função do navio ou navios de projecto, enumeram-se:

- ✓ Dimensões e configuração geral da estrutura;
- ✓ Elevação da plataforma de acostagem;
- ✓ Profundidade disponível junto à estrutura de acostagem;
- ✓ Cargas associadas aos equipamentos e às mercadorias;
- ✓ Ações de amarração;
- ✓ Ações de atracação;
- ✓ Tipos de mercadorias a movimentar;
- ✓ Equipamentos necessários para os movimentos de carga e descarga.

Entre os critérios mais gerais na concepção de uma estrutura de acostagem, enumeram-se:

- ✓ Critérios económicos;
- ✓ Características dos terrenos de fundação;
- ✓ Batimetria dos fundos;
- ✓ Importância das correntes e da agitação local;
- ✓ Condições climáticas.

Tendo em atenção o referido por McConnell et al. (2004) existem três tipos de estruturas de *Jetty*: *Jetties* de paramento vertical contínuo, *Jetties* assentes em estacas ou pontes cais e *Jetties* em talude ou assentes em quebra mares.

2.3.2. Tipos de Jetties

2.3.2.1. Jetties de paramento vertical contínuo

Os *Jetties* em paramento vertical contínuo são concretizados através das soluções gravíticas ou de soluções em cortinas. Este tipo de concepção tem algumas desvantagens quando utilizadas na execução de *Jetties*, que estão relacionados com a reflexão das ondas e com o bloqueio do fluxo sólido ao longo da costa.

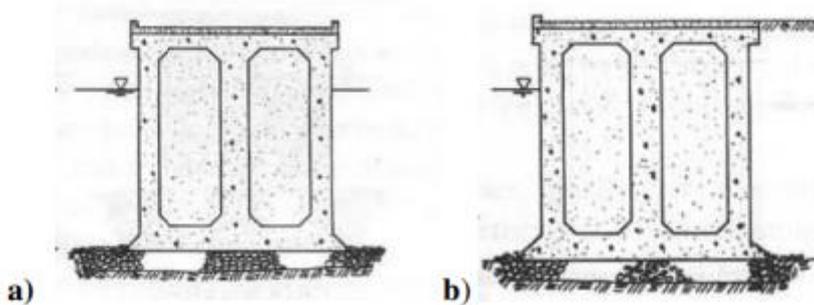


Figura 20: a) apresenta um perfil transversal e a Figura 3-19 b) um perfil longitudinal de jetty em caixotões.

No entanto, ao contrário das estruturas assentes em pilares, este tipo de estruturas não é sujeita a forças, das ondas, de baixo para cima.

Na sua generalidade, o recurso a esta tipologia de *Jetties*, é levada a cabo em estruturas de desenvolvimento diminuto ou então, na concretização de uma cabeça sólida na extremidade de um *Jetty* assente em estacas McConnell et al. (2004). A Figura 20 a) apresenta um perfil transversal e a Figura 20 b) um perfil longitudinal de *Jetty* em caixotões.

2.3.2.2. Jetties assentes em estacas

Os *Jetties* assentes em estacas, ou pontes cais, são a configuração mais comum deste tipo de estruturas. Em traços gerais, um *Jetty*, para a acomodação de graneleiros líquidos, é composto por uma estrutura avançada sobre a massa de água, geralmente assente sob estacas verticais e inclinadas, em betão ou madeira, composta por um passadiço sobre uma laje de betão ou madeira que liga a sua extremidade em contacto com a terra com a sua extremidade em contacto com o mar (Santos, 2010). Estas soluções são concebidas para que haja, sempre que possível, uma folga entre onda de projecto incidente e a face inferior da plataforma, que reduza a probabilidade de

ocorrência de ondas na plataforma e, sobretudo, do embate das ondas que têm grande potencial de destruição, com a face inferior da plataforma (McConnell et al. 2004). A folga entre a superfície da água e a face inferior da plataforma está condicionada, para além de pela altura extrema das ondas, pelo tipo de navios servidos pelas estruturas, por questões operacionais de transferência de mercadorias, pelas variações de maré e pela cota do terreno adjacente (CEO, 2004).

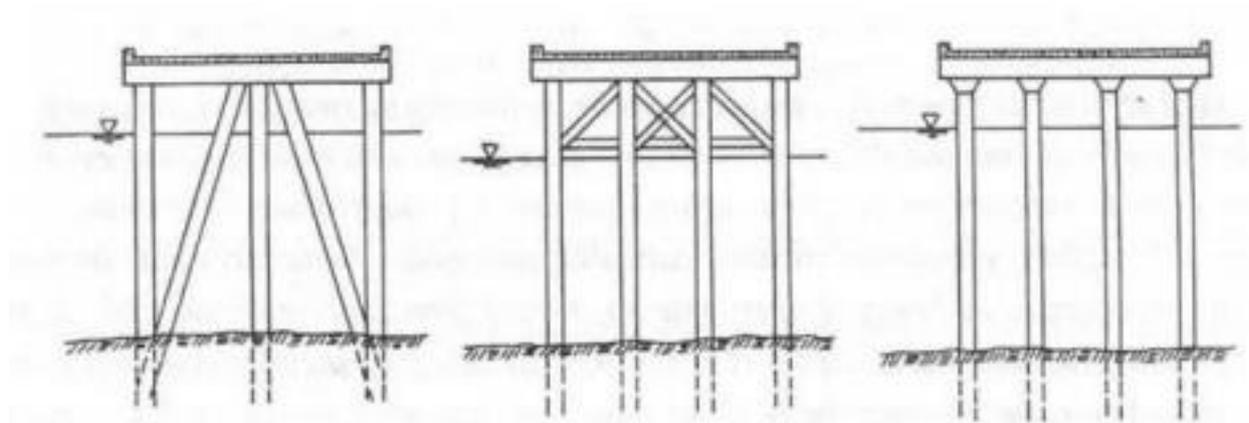


Figura 21: Perfis transversais tipo de jetties assentes em estacas (Gaythwaite, 2004)

As disposições apresentadas referem-se, no entanto, ao perfil transversal tipo de uma estrutura de ponte - cais na sua extremidade mais ao largo. Na sua extremidade mais próxima da costa as pontes - cais assumem uma configuração mais complexa que íntegra características das 91 estruturas em cortinas, de estruturas em talude e das estruturas assentes em estacas. Na sua generalidade, as pontes - cais, na extremidade junto à costa, apresentam uma plataforma de betão, madeira ou metálica, que depois se estenderá em direção ao mar, assente em estacas sobre um talude marginal revestido a enrocamento. O talude revestido sob a plataforma junto à costa possibilita a dissipação da energia incidente das ondas ao mesmo tempo que limita a reflexão das mesmas (Tsinker, 2004).

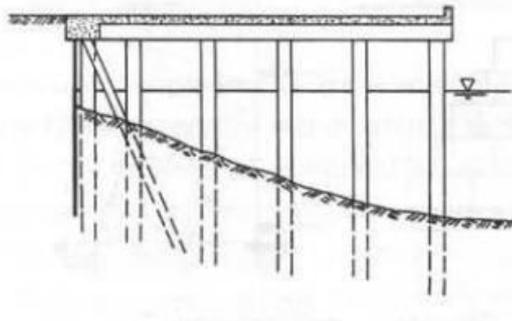


Figura 22: Perfil transversal de uma ponte - cais na sua extremidade costeira (Gaythwaite, 2004)

cais junto à costa (McConnell et al. 2004). É, igualmente, frequente a existência de uma cortina ou de uma estrutura semelhante de retenção dos solos na extremidade de ligação entre o topo do talude revestido e o terreno natural/aterro por forma a criar o desnível necessário e a mantê-lo confinado. A Figura 22 é uma representação esquemática das pontes-cais na sua extremidade costeira.

2.3.2.3. Jetties assentes em talude ou quebra-

Os *Jetties* em talude ou assentes em quebra - mares são soluções que possuem algumas semelhanças e por isso se encontram na mesma categoria. Na sua generalidade, os *Jetties* em talude são realizados, de forma semelhante aos quebra - mares de talude, em locais onde a profundidade

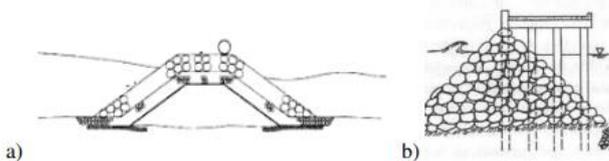


Figura 23: Perfis transversais a) de um jetty em talude e b) de um jetty assente em quebra-mar (Gaythwaite, 2004)

requerida em projecto não seja muito elevada o que torna economicamente viável a deposição de enrocamento, no fundo do mar, para formar os taludes (McConnell et al. 2004). Por sua vez, os *Jetties* assentes em quebra - mares, aproveitam a estrutura previamente construída, de um quebra - mar de taludes, para lançar uma plataforma, geralmente em estacas, 92 perpendicular ao desenvolvimento deste, onde seja possível obter profundidades necessárias à acomodação de determinados navios. Estes tipos de estruturas têm, à semelhança dos *Jetties* de paramento vertical contínuo, influência no fluxo normal de sólidos ao longo da costa e podem mesmo ser afectados por alguma erosão em locais onde esse fluxo tenha alguma relevância. A Figura 23 apresenta os perfis transversais de um *Jetty* em talude e de um *Jetty* assente quebra - mar.

No entanto, a existência deste talude pode provocar fenómenos de empolramento e de ascensão das ondas que podem originar forças de sustentação, de dimensões consideráveis, na plataforma da ponte -

algumas semelhanças e por isso se encontram na mesma categoria. Na sua generalidade, os *Jetties* em talude são realizados, de forma semelhante aos quebra - mares de talude, em locais onde a profundidade

2.4. COMPÓSITOS E PROTECÇÃO CONTRA CORROSÃO

Em termos de compósitos poliméricos, um tecido é definido como um conjunto artificial de fibras, formando uma folha de fibra, que pode ser usada na laminação e na criação de moldes. As camadas de fibras são fabricadas interligando mecanicamente as próprias fibras ou utilizando um material secundário para ligá-las. Isso fornece às camadas integridade suficiente (Net Composites Now, 2017).

A palavra compósito é considerada o termo mais geral e descritivo para a construção de materiais leves, duráveis e resistentes.

Os dois principais componentes que formam uma estrutura composta são uma resina sintética e uma fibra forte, em nossas aplicações: fibras de vidro e carbono para formar uma matriz uniforme.

A matriz tem diversas finalidades como dar forma à peça composta, proteger o reforços do ambiente e para adicionar resistência estrutural. Várias resinas estão disponíveis (poliéster, epóxi ou éster vinílico), no nosso caso utilizamos uma resina epóxi Bisfenol-A de alta resistência para fornecer as propriedades estruturais e protetoras necessárias.

2.4.1. Resina epóxi

As resinas epóxi estão disponíveis comercialmente desde o início da década de 1950. Os epóxios são classificados como resinas termoendurecíveis na indústria de plásticos e atingem o estado termoendurecível por meio de uma reacção adicional com um agente de cura adequado. O tipo de agente de cura determina a temperatura de cura do epóxi (temperatura ambiente ou elevada) e também influencia propriedades físicas como tenacidade e flexibilidade.

2.4.2. Bisfenol A – Éter Diglicerílico

Os epóxios de Bisfenol A de baixa viscosidade e baixo peso molecular são os mais amplamente utilizados na indústria de compósitos. Eles estão disponíveis em sistemas de dois componentes que podem ser curados à temperatura ambiente usando um agente de cura adequado.

2.4.3. Agente de cura (endurecedor)

Aminas (difuncionais): O processo de cura é afetado por dois grupos de resina epóxi reagindo com uma amina primária e é usado principalmente para aplicações 'padrão' em

temperatura ambiente. Uma vez que existem implicações para a saúde com aminas livres, estes sistemas são frequentemente fornecidos como adutos de amina.

As resinas epóxi são extremamente resistentes a produtos químicos e à corrosão. Possuem boas propriedades físicas e características de baixo encolhimento; portanto, é ideal para uso quando a precisão dimensional é crucial. Os epóxis apresentam excelente adesão a uma ampla variedade de substratos, incluindo aço e concreto. A combinação de propriedades torna a resina epóxi adequada para uso em muitas aplicações na indústria de compósitos.

2.4.4. Fibras de vidro

As fibras de vidro são um dos materiais industriais mais versáteis. Muitos produtos químicos exclusivos com composições de fibras de vidro são fabricadas em todo o mundo. A fibra de vidro mais comum, são:

Vidro E – Baixa condutividade elétrica (Wallenberger, et al., 2001)

Vidro C – Alta resistência química (Wallenberger, et al., 2001)

Tecido de vidro	Tracção de fibra Força (Mpa)	Resistencia a traccao em composito matriz (Mpa)	Fibra compressiva Força (Mpa)	Fibra Modulo de elasticidade (GPa)	Alongamento (%)
Fibra de tecido de vidro	2 650	1200	425	81,3	3. 5

Tabela 1: Propriedades mecânicas típicas de composições de fibra de vidro

Usa-se fibras de tecidos de carbono e vidro no sistema de matriz para reforço estrutural e manta de fibra picada para proteção adicional contra produtos químicos e corrosão.

2.4.5. Fibras de Carbono

Os reforços de fibra de carbono são bem conhecidos na indústria de compósitos desde a década de 1960 quando fibras de alta resistência e alto módulo foram desenvolvidas pela primeira vez na Royal Aircraft em estabelecimento em Farnborough.

Compósitos reforçados com fibras de carbono unidirecionais e de alto módulo podem atender a uma

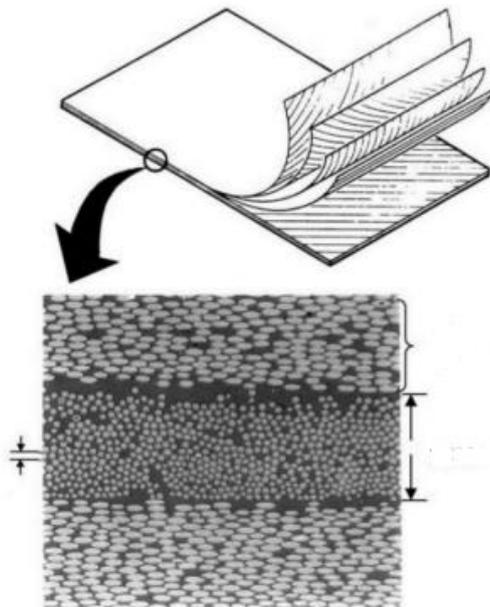
ampla gama de requisitos de resistência e rigidez, a tal ponto que excede o módulo da elasticidade do aço. Materiais bidirecionais ou materiais de tecidos são usados em aplicações.

Fibra de carbono	Tracção da fibra Força (Mpa)	Resistencia a traccao em composito matriz (Mpa)	Fibra compressiva Força (Mpa)	Fibra Modulo de elasticidade (GPa)	Alongamento (%)
Tecido solto	3 800	1960	240	240	3.5
Tecido Apertado	4 780	2380	570	231	3.5

Tabela 2: Propriedades mecânicas típicas de fibras de carbono

O baixo peso da resina e da fibra proporciona esses materiais taxas de resistência/peso

extremamente altas (AMTS, 2008, p. 3).



A ligação entre as fibras, a resina e outros materiais do substrato pode ser melhorada através de tratamento superficial adequado, ou seja, jateamento.

Figura 24: Uma seção transversal de um laminado de carbono/resina epóxi com camadas cruzadas

CAPÍTULO 3: CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

Investigação de uma estrutura metálica na zona marítima requer uma abordagem holística que leve em consideração não apenas os aspectos técnicos da integridade estrutural, mas também os desafios específicos impostos pelo ambiente marítimo e as considerações ambientais mais amplas.

Para determinar as deficiências mais frequentes da estrutura foi usado o processo de indução, isto é, a amostra de perfis que compoem a estrutura, de tal modo que, pode-se sair do caso particular para o caso geral.

Devido a zona hostil, em que a estrutura esta submetida, a corrosão desenvolve-se com maior velocidade em relação em ambientes não marítimos, levantando defeitos na estrutura, como:

- Redução da espessura da chapa, perfis, *gratings on walkway* (grelhas nas passadeira).

Trabalhar em uma estrutura jetty corroída apresenta uma série de riscos e desafios, tais como:

1. Risco de colapso: uma estrutura Jetty corroída pode estar enfraquecida, aumentando o risco de colapso. Isso representa um perigo grave para os trabalhadores que estão na estrutura e para qualquer equipamento que esteja sendo usado.
2. Acidentes e lesões: a corrosão pode causar danos estruturais que tornam as superfícies irregulares e instáveis, aumentando o risco de escorregões, quedas e outros acidentes que podem resultar em lesões graves para os trabalhadores.
3. Exposição a substâncias tóxicas: a corrosão pode libertar produtos químicos tóxicos no ambiente de trabalho, especialmente quando a estrutura está em contacto com água salgada ou produtos químicos industriais. A exposição a essas substâncias pode causar danos à saúde a curto e longo prazo.
4. Danos ao meio ambiente: a corrosão de uma estrutura Jetty pode resultar em vazamentos de substâncias nocivas no ambiente marinho, causando poluição da água e impactando a vida marinha local.

5. Perda de produtividade: a necessidade de lidar com uma estrutura corroída pode levar a atrasos e interrupções no trabalho, prejudicando a produtividade e aumentando os custos de manutenção e reparo.
6. Custo de reparos e substituição: A correção dos danos causados pela corrosão pode ser cara e demorada. Em alguns casos, pode ser necessário substituir toda a estrutura Jetty, o que pode representar um investimento significativo de tempo e recursos.

A corrosão é um processo irreversível, portanto, com a proposta de substituição do método de protecção do metal, passando da pintura industrial (que é a técnica de protecção anticorrosiva mais utilizada para a protecção de metais na indústria, muito utilizada na preservação e aumento da vida útil) para o revestimento da estrutura com resina de epóxi, pretende-se aumentar a vida útil da jetty bem como reduzir a probabilidade dos eventos acima ocorrerem.

CAPÍTULO 4: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

4.1. Composicao do material

A estrutura da Jetty é composta por vários componentes metálicos galvanizados, como: tubos, perfis, barras, grelhas entre outros.

Para o estudo de viabilidade económica, o estudo baseou-se nas barras galvanizadas.

A estrutura, apresenta *flat bar* 100 (350WA), com os seguintes parâmetros abaixo.

C	S	Si	V	CE	Mn	Nb	Fe
0.22	0.05	0.5	0.1	0.45	1.6	0.1	Rest

Tabela 3: Composição química

4.2. Metodologia para resolução do problema

A metodologia para resolução do problema irá se basear em 5 etapas, na qual começa da preparação da superfície até o acabamento final.

4.2.1. Preparação de Superfície

4.2.1.1. Jateamento de areia

Segurança e limpeza

- A segurança é a principal prioridade ao realizar jateamento no local. Garantir que todos os trabalhadores envolvidos no processo de jateamento de areia sejam treinados nos procedimentos de segurança relevantes e recebam o equipamento de protecção individual (EPI) correcto, como roupa de jateamento, capacete e luvas (jateador de areia), óculos de segurança, máscaras contra poeira e roupas de protecção (resto da equipe).
- Preparação do local: Antes do jateamento, o local deve ser devidamente preparado por remover quaisquer materiais perigosos ou detritos. Proteja as áreas circundantes cobrindo ou encerrando equipamentos ou estruturas que não estejam sendo jateadas para evitar contaminação e exposição ao pó: para esse fim são utilizadas lonas plásticas.
- O equipamento de jateamento (pote de jateamento, compressor, mangueiras, acoplamento, cabeamento, capacete de jateamento, mangueira de fornecimento

de ar para o capacete de jateamento) deve ser inspecionado diariamente antes do uso para garantir que todas as peças estejam em condições de funcionamento seguras.

- A bandeja coletora deve ser colocada sob o compressor para evitar vazamentos

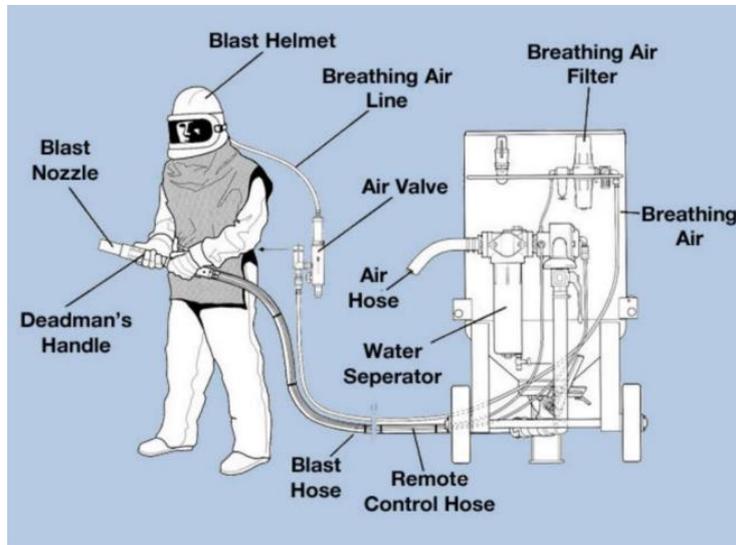


Figura 25: Ilustração do uso de EPI's

de óleo, para evitar poluição. Utilize o grão de jateamento correto – Blastrite B90. O bocal de jateamento deve ser apontado para a área correta a ser jateada: deve-se ter cuidado tomadas, não aponte o bico para longe da superfície pretendida.

Execução

Requisitos do compressor (todos sendo atendidos com compressor novo).

- o 8 Bar de pressão de alimentação contínua
- Fluxo de ar de 400 CFM

O substrato é jateado com granalha B90 para remover toda tinta aplicada, carepa e qualquer outro material firmemente aderente.

A superfície é jateada com o bico mantido ± 500 mm da superfície do substrato até garantir ótimos resultados.

O jateamento de areia é mantido em uma área movendo o bico lentamente pela superfície até que um acabamento metálico cinza/prata seja visível.

A superfície jateada está agora pronta para aplicação de primer.

A espessura do aço é medida para confirmar a suposição do projeto.

Um pano umedecido com acetona sem fiapos é usado para limpar o aço se ainda houver poeira no aço antes do primer.

Controle de qualidade

A espessura do aço é medida em pelo menos 3 pontos através de uma viga ou pilar para verificar os parâmetros de projeto composto e essas medições são registradas.

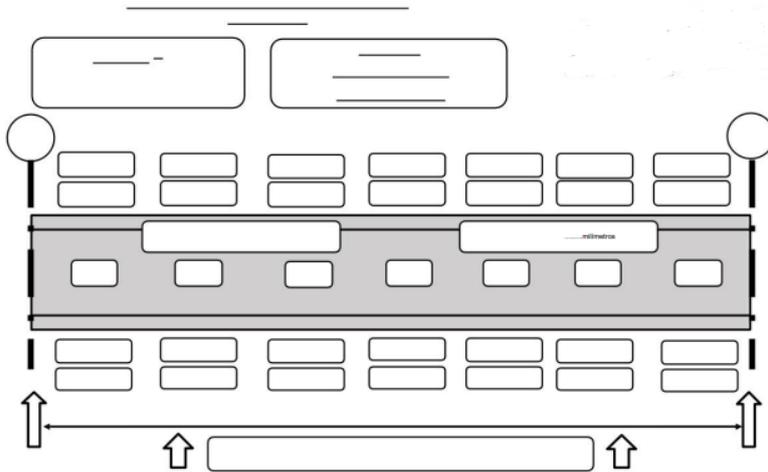


Figura 26: Controle de qualidade

Dois aspectos em termos da superfície jateada são importantes:

Limpeza de superfície: SA2/2½/3 – No nosso caso operamos em SA2½ conforme:
Superfície padrão de preparação de limpeza abrasiva: SSPC/NACE e ISO 8501. Este é o acabamento visual do metal observado após o jateamento.

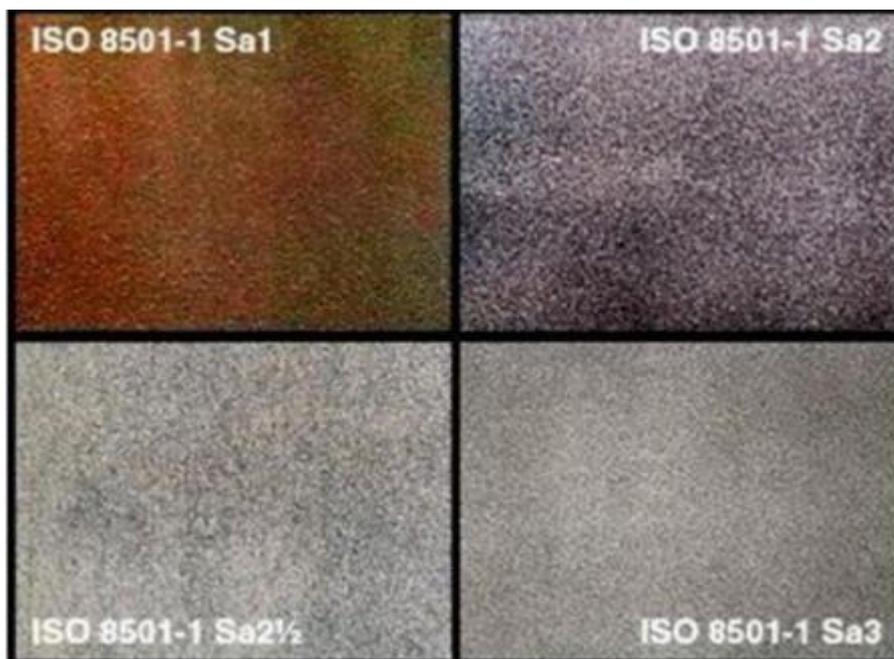
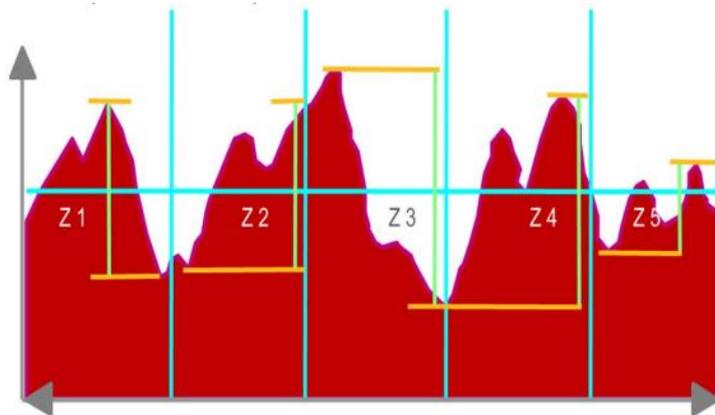


Figura 27: Acabamento superficial

Perfil de Superfície: medido em *mícrons* e refere-se à área de superfície disponível para a adesão da camada de base ou *primer*. O perfil da superfície aumenta a área superficial do metal - e é esta área superficial aumentada que fornece uma chave para a adesão da resina.

O perfil da superfície não deve ser confundido com rugosidade. O perfil da superfície é



uma medida da altura do pico ao vale usando um medidor de perfil digital. Preferência é >100 mícrons em média. A rugosidade da superfície, por outro lado, são as medidas combinadas do perfil da superfície e a frequência dos picos ao longo de um comprimento linear (também conhecido como contagem de picos).

Figura 28: Níveis de rugosidade

4.2.1.2. Preparação da superfície do disco *flap* – Limpeza

Segurança e limpeza

A segurança é a principal prioridade ao fazer a preparação da superfície ao usar esmerilhadeiras no local.

Garantir que todos os trabalhadores envolvidos no processo sejam treinados em todos os procedimentos de segurança relevantes e recebam o equipamento de proteção individual (EPI) correto.

Garantir que todas as rebarbadeiras tenham sido inspecionadas e etiquetadas pela mina (Kenmare).

Execução

Este método é para áreas de um sistema envolvente que não podem ser limpas com areia.

Os tamanhos das rebarbadeiras utilizados são 115mm e 230mm.

Os discos *flap* utilizados são P40/P60/P80 para remover toda tinta aplicada, carepa e qualquer outro material firmemente aderente.

O disco flap é movido lentamente pela superfície até que um acabamento metálico brilhante seja visível.

A superfície está agora pronta para aplicar o primário.

A espessura do aço é medida para confirmar a suposição do projeto.

Um pano umedecido com acetona sem fiapos é usado para limpar o aço se ainda houver poeira no aço antes do primer.

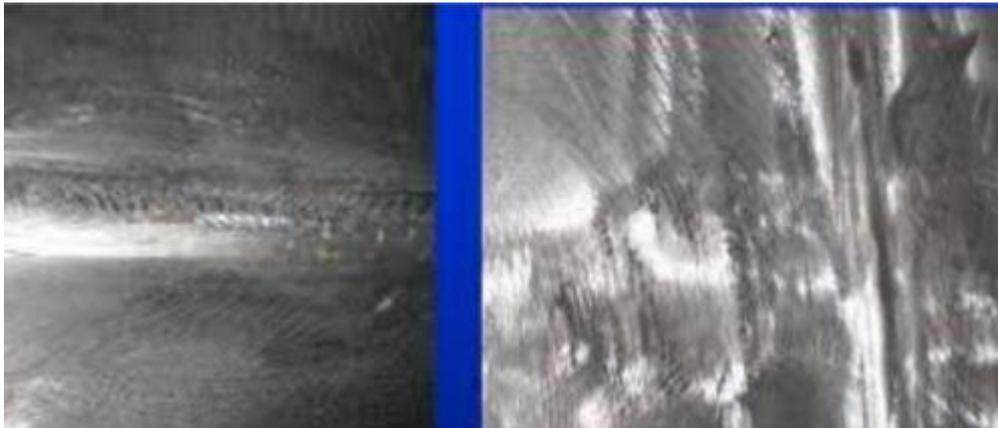


Figura 29: Superfície tratada com disco flap

Controle de qualidade

A espessura do aço é medida em pelo menos 3 pontos através de uma viga ou pilar para verificar os parâmetros de projeto composto e essas medições são registradas.

Limpeza e acabamento superficial conforme SSPC-SP3/SP11/SP15.

São feitas gravações com a mesma qualidade do jateamento.

4.2.2. Aplicação do Primer

Segurança e limpeza

A segurança é a principal prioridade ao misturar e usar epóxi no local. Garantir que todos os trabalhadores envolvidos no processo são treinados em todos os procedimentos de segurança relevantes e recebem os equipamentos de proteção individual (EPI) corretos.

Certifique-se de que todos os misturadores elétricos foram inspecionados e etiquetados pelo órgão apropriado do site.

Somente funcionários devidamente qualificados, qualificados e experientes serão usados para misturar o primer epóxi.

Execução: Mixagem

O Bisfenol-A é misturado na proporção de 100:60 (Base: Endurecedor).

Jarros medidores são sempre usados para garantir os volumes corretos.

Os jarros de medição são sempre colocados em um nível antes de serem enchidos até o nível correto níveis.

Uma vez medido, a base e o endurecedor são adicionados em um balde de 3 litros.

O misturador está ajustado em velocidade baixa para evitar qualquer derramamento de resina.

Assim que aparecerem pequenas bolhas, o processo de mistura estará concluído – e o produto químico a reação entre a base e o endurecedor foi ativada.

O balde é levado ao laminador para aplicação no substrato.

Execução: Aplicação

Um pano umedecido sem fiapos com acetona é usado para limpar o aço antes da aplicação do primer para garantir que a superfície esteja livre de poeira.

A mistura epóxi é aplicada na superfície do aço usando um pincel (várias larguras, dependendo da área a se coberta) ou um rolo de pintura normalmente com 100 mm de largura).

O processo de aplicação será rápido para garantir que todo o epóxi misturado seja utilizado antes de endurecer na caçamba devido às altas temperaturas em Moçambique (Moma).

Todas as superfícies preparadas devem ser revestidas com uma camada uniforme de primer epóxi.

Os laminadores precisam tomar cuidado para não escorrer e flacidez do epóxi: isso cria um acabamento ruim e aplica muito material.

No entanto, se alguma marca for visível após a cura, ela deverá ser lixada para criar um acabamento superficial uniforme.

É necessário um acabamento liso e vítreo após a aplicação do primer.

O primer levará ± 2 horas para curar adequadamente antes que o controle de qualidade possa ser feito.

Controle de qualidade

A espessura do filme seco (DFT) é medida usando um medidor digital DFT em microns. Espessura de película seca (DFT) é a espessura de um revestimento medida acima do substrato. Com padrão de 80-150 microns.

4.2.3. Aplicação de massa

Segurança e limpeza

A segurança é a principal prioridade ao misturar e usar epóxi no local. Garantir que todos os trabalhadores envolvidos no processo são treinados em todos os procedimentos de segurança relevantes e recebem os equipamentos de proteção individual (EPI) corretos.

Certifique-se de que todos os misturadores elétricos foram inspeccionados e etiquetados pelo órgão apropriado do site.

Somente funcionários devidamente qualificados e experientes serão usados para misturar o primer epóxi.

Execução: Mixagem

O Bisfenol-A é misturado na proporção de 100:60 (Base: Endurecedor).

Jarros medidores são sempre usados para garantir os volumes correctos.

Os jarros de medição são sempre colocados em um nível antes de serem enchidos até o nível correcto níveis.

Uma vez medido, a base e o endurecedor são adicionados em um balde de 3 litros.

O misturador está ajustado em velocidade baixa para evitar qualquer derramamento de resina.

Cab-O-Sil (enchimento) é adicionado conforme necessário até que a consistência correcta da massa seja alcançada. O balde é levado ao laminador para aplicação no substrato.

Execução: Aplicação

Um pano umedecido com acetona sem fiapos é usado para limpar as superfícies antes de aplicar o massa para garantir que a superfície esteja livre de poeira.

A massa é aplicada com um raspador para alisar todas as superfícies irregulares (ou seja, corrosão no aço) e para criar cantos de 45 graus.

Deve-se ter cuidado para garantir um acabamento liso da massa. Se necessário, a superfície da massa é lixada antes de aplicar os materiais de fibra.

O processo de aplicação será rápido para garantir que toda a massa misturada seja utilizada antes de endurecer na caçamba devido às altas temperaturas em Moçambique (Moma).

Controle de qualidade

Inspeção visual para garantir superfícies uniformes, principalmente em cantos.

É necessária prova fotográfica após a aplicação.

4.2.4. Processo de Laminação

Segurança e limpeza

Garantir que todos os trabalhadores envolvidos no processo sejam treinados em todos os aspectos de segurança relevantes procedimentos e são fornecidos com os equipamentos de protecção individual (EPI) correctos.

Luvas e máscaras contra poeira devem ser usadas sempre ao trabalhar com materiais de fibra.

Use apenas tesouras para cortar fibras (sem facas Stanley).

Somente funcionários devidamente qualificados e experientes serão usados para se candidatar os materiais de fibra nas superfícies preparadas.

Execução: Mistura de epóxi

Conforme aplicação do primer.

Execução: Corte de fibras (tecido superficial/fio picado/mecha tecida/carbono)



Figura 30: Tecido superficial

É necessária uma área adequada e livre de poeira para cortar as fibras em comprimentos trabalháveis e largas. Isto depende do tamanho da superfície a ser envolvida. Nas colunas e vigas são utilizadas peças pequenas e nos tanques peças grandes.

As folhas rebatíveis são colocadas no chão para manter a fibra limpa quando desenroladas antes do corte.

As fibras são acondicionadas em sacos de lixo pretos após o corte, de acordo com as normas aplicáveis cronograma de disposição da secção para garantir facilidade de uso dos laminadores.

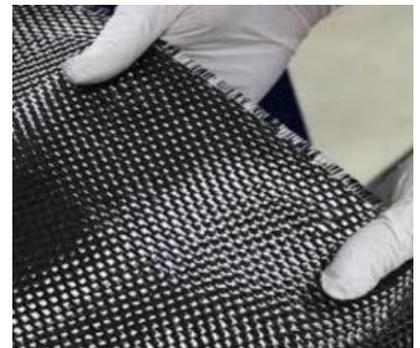


Figura 31: Fibra de Carbono



Figura 33: Mecha tecida



Figura 32: Fio picado

Execução: Aplicação de sistema de matriz composta

Um pano umedecido com acetona sem fiapos é usado para limpar as superfícies antes de aplicar epóxi para garantir que a superfície esteja livre de poeira.

A mistura epóxi é aplicada na superfície do aço usando um pincel (várias larguras, dependendo da área a ser coberta) ou um rolo de pintura normalmente com 100 mm de largura).

O processo de aplicação será rápido para garantir que todo o epóxi misturado seja utilizado antes de endurecer na caçamba devido às altas temperaturas em Moçambique.

A folha pré-cortada do tecido superficial é pressionada sobre o epóxi aplicado e um rolo de pintura, a escova é usada para pressionar o epóxi úmido através do tecido de trás para frente. Isso é importante que haja epóxi suficiente aplicado para garantir umedecimento completo da fibra material.

Um rolo estriado é então usado para pressionar mais epóxi através da camada superficial do tecido e também para pressionar quaisquer bolhas de ar presentes no epóxi.

Todas as bolhas de ar devem ser removidas do epóxi para garantir total aderência ao prime.

Isto requer atenção aos detalhes e o gestor e supervisor da obra são os olhos críticos dos laminadores. Acertar na primeira vez é a chave para uma excelente disposição composta sistema.

Uma bolha de ar resulta em um vazio na matriz e é um defeito que deve ser reparado antes para adicionar a próxima camada de fibra.

Todas as camadas adjacentes devem se sobrepor 50-100 mm para garantir uma matriz composta selada – as camadas nunca começam próximas umas das outras e as camadas superiores nunca se sobrepõem no mesmo lugar que a camada inferior.

Uma vez aplicada a camada de tecido superficial correctamente, uma camada de fio picado pré-cortado é aplicada usando mais epóxi e seguindo os mesmos passos listados acima para a superfície tecido.

O fio cortado é um tapete denso e é necessário aplicar epóxi suficiente para garantir molhando de trás para frente.

A remoção de ar nesta camada também precisa ser muito completa para garantir adesão total à camada de tecido superficial.

A sobreposição entre camadas adjacentes é a mesma da aplicação de tecido superficial.

As camadas de fibra de carbono e mechas tecidas são repetidas de 2 a 5 vezes, dependendo da resistência estrutural que precisa ser adicionada à estrutura de aço que está sendo reforçada.



Figura 34: Rolo de rifle



Figura 35: Aplicação de resina epóxi em manta de fibra

Controle de qualidade

O CQ da laminação é baseado em inspeções visuais completas ao longo de cada etapa do processo de laminação e no registro da qualidade usando evidências de foto e vídeo.

4.2.5. Aplicação de Revestimento Protetor

Segurança e limpeza

O mesmo que para aplicação de primer.

Execução: Mixagem

Após o CQ final, uma camada do acabamento prescrito Kenmare é aplicada para garantir o acabamento visual do projeto.

Os revestimentos protetores são normalmente sistemas de 2 componentes que consistem em uma base (componente A) e um endurecedor (componente B).

A proporção de mistura é especificada por cada fabricante e pré-embalada na embalagem correcta volumes em latas separadas.

O componente A normalmente está em uma lata grande o suficiente para permitir que o componente B seja adicionado ao

componente A antes da mistura.

A misturadora está regulada para uma velocidade baixa para evitar qualquer derramamento de

tinta. A ficha técnica do fornecedor especifica o tempo de mistura necessário e será seguida.

A tinta misturada é então distribuída em diferentes baldes limpos e levada para o aministradores para aplicação no substrato.

Execução: Aplicação

Um pano umedecido com acetona sem fiapos é usado para limpar as superfícies antes de aplicar o revestimento protetor especificado.

A camada protetora é aplicada com pincéis e rolos até obter um acabamento liso.

Deve-se ter cuidado para que todas as áreas compostas sejam cobertas com um acabamento esteticamente agradável: não podem existir escorrimentos e afundamentos.

Controle de qualidade

O CQ é baseado em inspeção visual completa para garantir uma cobertura de superfície adequada para um acabamento suave.

CAPÍTULO 5: Apresentação, Análise e Discussão de Resultados

5.1. Apresentação

O presente relatório, apresenta como proposta de melhoria, da protecção do metal, para a estrutura da Jetty a substituição de pintura industrial para o revestimento da estrutura



Figura 34: Camadas dos tecidos sobre perfil

com resina.

Como é sabido, a corrosão é um processo irreversível, portanto, não tem como eliminar o processo natural, desta forma, aumentando a vida útil da estrutura, usando métodos inovadores com principal objectivo de aumentar o custo benefício da organização.

5.2. Análise

A Galvanização consiste no processo de recobrimento de aços com uma camada de zinco hexagonal ou de suas ligas, principalmente de ferro-zinco (ROBERGE, 1999; USIMINAS, 1981).



Figura 37: Perfis Galvanizados

Quando pintados, os revestimentos galvanizados têm seu tempo de vida aumentado significativamente, pois a barreira de tinta retarda a reação do zinco com o meio (STRAVOS, 1987), portanto, com o revestimento a base de resina, alcança-se melhores resultados conforme os calculos abaixo.

5.2.1. Taxa de corrosão

A taxa de corrosão mede o tempo em que um metal se deteriora em um determinado ambiente. Pode ser vista como a velocidade que a corrosão age sobre o metal, considerando condições ambientais, tipo do metal e condições da peça a ser analisada.

O cálculo da taxa de corrosão dos metais, considera a seguinte equação:

$$MM/Y = 87,6 \times (W / D \times A \times T)$$

$$W = m_i - m_f$$

Onde:

MM/Y – milímetro por ano;

W – perda de peso em miligramas;

m_i – massa inicial em miligramas;

m_f – massa final em miligramas;

D – densidade do metal em g / cm³;

A – área de amostra em cm²;

T – temp de exposição da amostra de metal em horas.

Durante 1 ano, submeteu-se um corpo à teste de prova. No caso, o corpo de prova foi uma barra de aço galvanizadoa quente com as seguintes especificações, densidade do metal 7.8 g/cm^3 , a massa inicial 102.400 g .

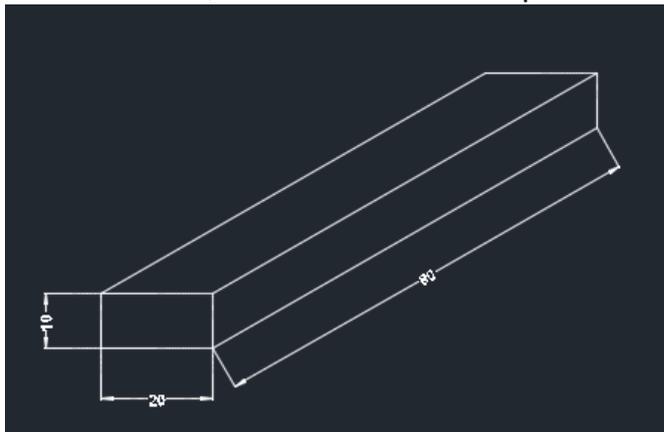


Figura 38: Desenho do corpo de prova

O estudo, abrangeu 3 (três) casos:

1. Aço galvanizado

Ao final do período em que corpo de prova foi submetido, este apresentou uma massa final igual à 88.230g.

Extracção de dados

$$l_1 = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

$$l_2 = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

$$l_3 = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$$

$$m_i = 102.4 \text{ g} = 102\,400 \text{ mg}$$

$$m_f = 88.230 \text{ g} = 88\,230 \text{ mg}$$

Resolvendo:

a) Perda de peso

$$W = m_i - m_f$$

$$W = 102\,400 - 88\,230 = 16\,170 \text{ mg}$$

b) Área de amostra

$$A = 2 * (l_1 * l_2 + l_1 * l_3 + l_2 * l_3)$$

$$A = 2 * (1 * 2 + 1 * 8 + 2 * 8)$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

c) Tempo

$$T = 1 \text{ ano} = 365 \text{ dias} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} = 8\,760 \text{ h}$$

d) Taxa de corrosão

$$MM/Y = 87,6 * (W / D * A * T)$$

$$MM/Y = 87,6 * \left(\frac{16\,170}{7,8 * 52 * 8\,760} \right)$$

$$MM/Y = 0.39 \text{ mm/ano}$$

2. Aço galvanizado revestido (pintura)

No segundo caso, a área sofre um acréscimo de $500 \mu m$, tendo como uma massa final igual à $91.130g$.

Extracção de dados

$$l_1 = 10 \text{ mm} + (2 * 0.5 \text{ mm}) = 1.1 \text{ cm}$$

$$l_2 = 20 \text{ mm} + (2 * 0.5 \text{ mm}) = 2.1 \text{ cm}$$

$$l_3 = 80 \text{ mm} + (2 * 0.5 \text{ mm}) = 8.1 \text{ cm}$$

$$m_i = 102.4 \text{ g} = 102\,400 \text{ mg}$$

$$m_f = 91.130 \text{ g} = 91\,130 \text{ mg}$$

Resolvendo:

a) Perda de peso

$$W = m_i - m_f$$

$$W = 102\,400 - 91\,130 = 11\,270 \text{ mg}$$

b) Área de amostra

$$A = 2 * (l_1 * l_2 + l_1 * l_3 + l_2 * l_3)$$

$$A = 2 * (1.1 * 2.1 + 1.1 * 8.1 + 2.1 * 8.1)$$

$$A = 56.46 \text{ cm}^2$$

c) Tempo

$$T = 1 \text{ ano} = 365 \text{ dias} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} = 8\,760 \text{ h}$$

d) Taxa de corrosão

$$MM/Y = 87,6 * (W / D * A * T)$$

$$MM/Y = 87,6 * \left(\frac{11\,270}{7.8 * 56.46 * 8\,760} \right)$$

$$MM/Y = 0.256 \text{ mm/ano}$$

3. Aço galvanizado revestido (resína)

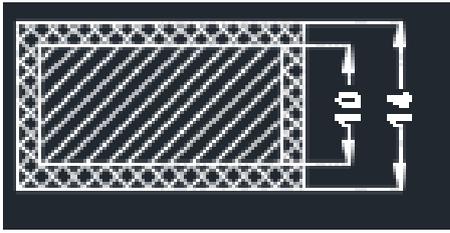


Figura 39: Secção transversal do corpo de prova

Para o último caso existe uma particularidade.

Existe o Aço galvanizado revestido pela resina em 2mm.

A taxa de corrosão do aço galvanizado já é conhecido, portanto neste caso, vamos calcular a taxa de corrosão da resina.

A massa inicial tomou neste fase de teste valor igual à 116.412g, a densidade da resina igual à 1.13 g/cm^3 e a massa final de 109.300g

Extracção de dados

$$l_1 = 10 \text{ mm} + 2 * 2 \text{ mm} = 1.4 \text{ cm}$$

$$l_2 = 20 \text{ mm} + 2 * 2 \text{ mm} = 2.4 \text{ cm}$$

$$l_3 = 80 \text{ mm} + 2 * 2 \text{ mm} = 8.4 \text{ cm}$$

$$m_i = 116.412 \text{ g} = 116\,412 \text{ mg}$$

$$m_f = 109.300 \text{ g} = 109\,300 \text{ mg}$$

Resolvendo:

a) Perda de peso

$$W = m_i - m_f$$

$$W = 116\,412 - 109\,300 = 7\,112 \text{ mg}$$

b) Área de amostra

$$A = 2 * (l_1 * l_2 + l_1 * l_3 + l_2 * l_3)$$

$$A = 2 * (1.4 * 2.4 + 1.4 * 8.4 + 2.4 * 8.4)$$

$$A = 70.56 \text{ cm}^2$$

c) Tempo

$$T = 1 \text{ ano} = 365 \text{ dias} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} = 8\,760 \text{ h}$$

d) Taxa de corrosão

$$MM/Y = 87,6 x (W / D x A x T)$$

$$MM/Y = 87,6 x \left[\frac{7\ 112}{(7.8 + 1.13) * 70.56 * 8\ 760} \right]$$

$$MM/Y = 0.113\ mm/ano$$

5.3. Discussão De Resultados

Com base nos estudos realizado durante 1 ano, criou-se um mapa para fazer o estudo do custo benificio da implentacao do projecto num periodo de 5 anos no minimo.

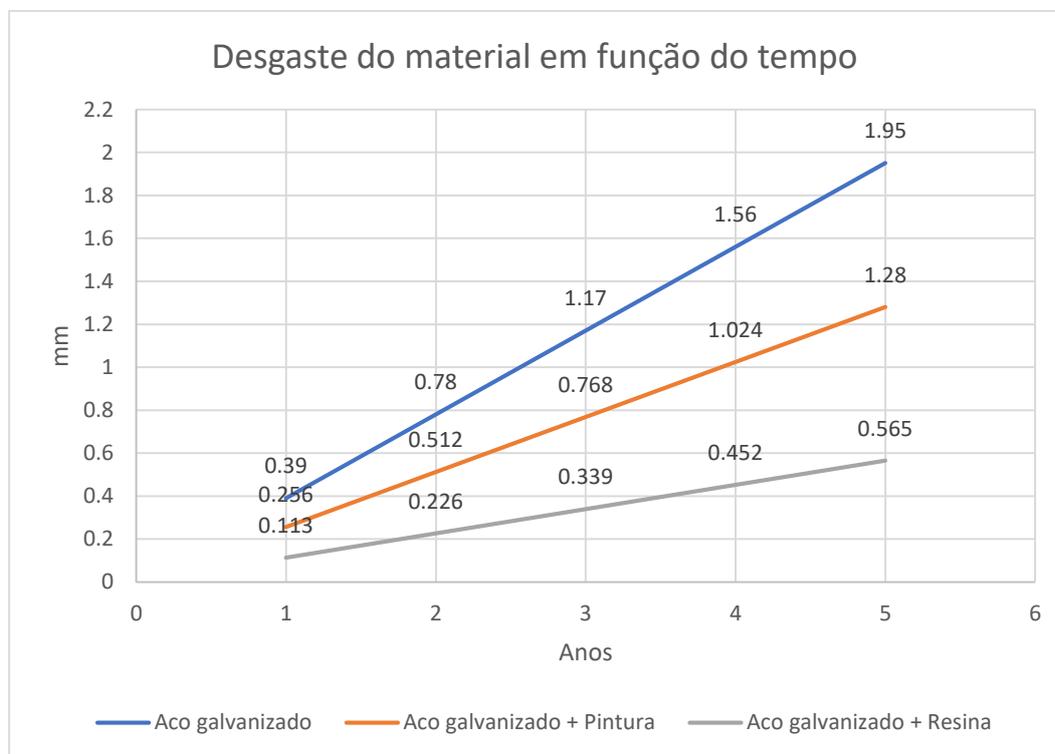


Gráfico 1: Relação custo benificio

É notável que a durante 23 meses (aproximadamente 2 anos) perde-se por completo a protecção do metal por pintura, em contra partida, quando o metal é protegido pela resina, tem-se 210 meses (aproximadamente 18 anos) de protecção do metal.

Relacionar custo - benefício da implantação do projecto de protecção a corrosão.

De acordo com as cotações em anexo, das empresas prestadoras de serviço, foi possível fazer-se um estimativa da implementação do projecto a longo prazo.

Para serviços prestado pela coprol (Sandblasting e pintura), ao longo dos anos, sofrerá oscilação de preço, mais por questões de estudo, considerou-se que durante os anos em causa, o preço para prestação do mesmo serviço manterá-se uniforme.

A tabela e gráfico abaixo, apresenta os resultados financeiros do projecto esperados durante um período de 18 anos.

Anos	Tipo de protecção	
	Pintura	Resina
2	\$ 162.00	\$ 500.00
4	\$ 324.00	\$ 500.00
6	\$ 486.00	\$ 500.00
8	\$ 648.00	\$ 500.00
10	\$ 810.00	\$ 500.00
12	\$ 972.00	\$ 500.00
14	\$ 1,134.00	\$ 500.00
16	\$ 1,296.00	\$ 500.00
18	\$ 1,458.00	\$ 500.00

Tabela 3: Relação monetária Custo- benefício

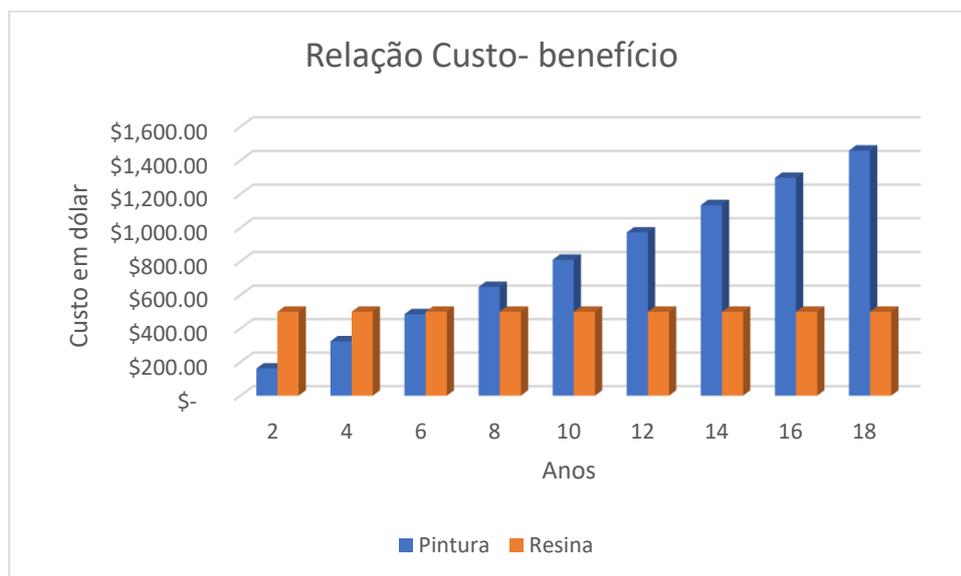


Gráfico 2: Relação monetária Custo- benefício

É notório que durante um período de 18 anos, o método proposto, custará o terço (33%) do valor do actual método.

CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

Ao fim do trabalho, pode-se concluir que atingiu-se todos objetivos acima traçado, geral e bem como os específicos. Com bastante foco, em aumentar a vida útil das estruturas metálicas em ambientes hostís (marítimas), o trabalho explanou um método bastante económico ao longo de vários anos. Observou-se, o material base da estrutura não é frágil e nem a pintura (método empregue), é um método ineficiente, porém o ambiente em causa, é bastante agressivo.

Com a solução proposta para atender a redução da velocidade da corrosão marítima em estrutura metálica, não só acalça-se a integridade da estrutura por mais anos, bem como, ter um aumento significativo na resistência de esforços estruturais sofridos na estrutura.

6.2. Recomendações

Por mais que o método garanta, mais tempo de vida a estrutura da Jetty, a disciplina na aplicação do método e a manutenção tornam-se indispensável para que se alcance o maior tempo de vida útil do método em causa. Esta solução visa satisfazer as necessidades actuais, visto que, com as mudanças das condições existentes, a solução de hoje pode sofrer alterações com vista a melhorar a resistência estrutural.

Referências Bibliográficas

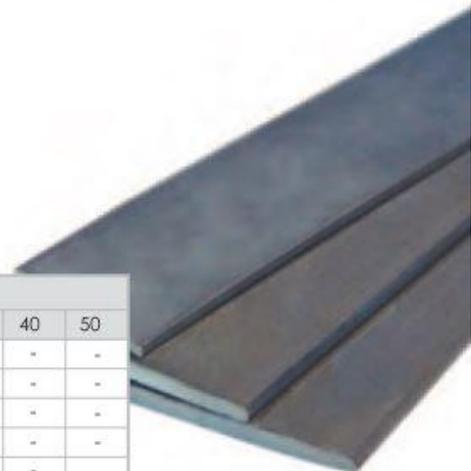
1. CALLISTER, Willian D. Jr. e RETHWISCH, David G. 2010. Ciência e engenharia de materiais uma introdução. 8ª ed. Ed. LTC. Rio de Janeiro.
2. CASTAÑO, J. G., BOTERO, C. A., RESTREPO, A. H., AGUDELO, E. A., CORREA, E., ECHEVERRÍA, F. 2010. Atmospheric corrosion of carbon steel in Colombia. Corrosion Science.
3. Empresa AJMR Projects (PTY) LDA
4. Empresa COPROL Corrosion Treatment
5. FONTANA, M. G.; GREENE, N. D. 1967. *Corrosion Engineering. McGraw Hill Book Company, Inc. New York*
6. GEMELLI, E. 2001. Corrosão de materiais metálicos e sua caracterização. LTC. Rio de Janeiro.
7. GENTIL, Vincente. 2007. Corrosão. 5ª ed. Ed. LTC. Rio de Janeiro
8. <https://www.kenmareresources.com/pt/our-businesses> _ 24 de Fevereiro de 2024.
9. <https://www.metaldata.info/reports/350WA.pdf> _ 06 de Junho de 2024
10. Muhalameka, R. (Janeiro de 2024). Como é realizado o processo de protecção do metal a base de resina. (Gimo, C., Entrevistador)
11. Rademeyer, Marius. 2023. *Composite structural repairs. South Africa.*
12. YUANTAI. 2011. Taxa de corrosão e categoria de agressividade atmosférica para materiais metálicos. São Paulo.

Anexo 1



FLAT BAR - LONG PRODUCTS

SIZE (mm)	KG'S/METRE'S										
	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
20	0.79	0.94	1.26	1.57	-	-	-	-	-	-	-
25	0.98	1.18	1.57	1.96	2.36	-	-	-	-	-	-
30	1.18	1.41	1.88	2.36	2.83	-	-	-	-	-	-
40	1.57	1.88	2.51	3.14	3.77	5.02	6.28	7.85	-	-	-
50	1.96	2.36	3.14	3.93	4.71	6.28	7.85	9.81	-	-	-
60	-	2.83	3.77	4.71	5.65	7.54	9.42	-	14.13	-	-
65	-	3.06	4.08	5.1	6.12	-	-	-	-	-	-
70	-	3.3	4.4	5.5	6.59	8.79	11	-	-	-	-
80	-	3.77	5.02	6.28	7.54	10.05	12.56	15.7	18.84	25.12	-
90	-	4.24	5.65	7.07	8.48	-	14.13	17.7	-	31.4	39.2
100 (350WA)	-	4.71	6.28	7.85	9.42	12.56	15.17	19.63	23.55	-	-
110 (350WA)	-	5.18	6.91	8.64	10.36	-	-	-	-	-	-
130 (350WA)	-	-	8.16	10.21	12.25	16.33	20.41	25.51	-	-	-
150 (350WA)	-	-	9.42	11.78	14.13	18.84	23.55	29.44	35.33	-	-
180 (350WA)	-	-	-	14.13	16.96	22.61	28.26	35.33	-	-	-
200 (350WA)	-	-	-	15.7	18.84	25.12	31.4	39.25	-	-	-
250 (350WA)	-	-	-	19.6	23.6	31.4	39.25	49.06	58.88	-	-
300 (350WA)	-	-	-	23.6	28.3	37.7	47.1	58.9	70.6	94.2	-



GRADE 55C

SIZE (mm)	KG'S/METRE
100 x 12	9.42
100 x 16	12.56
100 x 20	15.7
130 x 12	12.25
130 x 16	16.33
130 x 20	20.41

AVAILABLE IN
6 / 9 / 11 / 13 METERS

Anexo 2

STEEL & PIPES

YOUR ONE STOP STEEL, TUBING and HARDWARE SHOP

PRICES VALID FROM: 15 MARCH 2024 (INCL. 15% VAT)





PRICE

www.SteelPipesForAfrica.co.za

PRETORIA WEST
116 Industrial Rd
Pretoria West
Tel: 012 386 0269
Fax: 012 386 9169

WONDERBOOM
Plot 48, Lavender Rd
(R101), Bon Accord
Tel: 012 562 0522/3/4
Fax: 012 562 0369

CENTURION
143 Sarel Baard
Cressent, Centurion
Tel: 012 655 0580
Fax: 012 655 0581

TEMBA
Jubilee Rd
Hammanskraal
Tel: 012 717 8345/54
Fax: 012 717 8358

PLEASE NOTE:
THIS LIST IS FOR CASH AND CARRY CUSTOMERS ONLY
STEEL GUARD PANELS AND POSTS LIMITED STOCK AVAILABLE

SQUARE TUBE 6M		
SIZE	1,5	2,0
12 x 12	R 84.00	
15 x 15	R 106.00	
19 x 19	R 129.50	R 169.50
25 x 25	R 149.50	R 224.50
32 x 32	R 219.50	R 274.50
38 x 38	R 269.50	R 370.00
50 x 50	R 355.50	R 484.00
76 x 76	R 535.50	R 686.50
100x100		R 917.00

RECTANGULAR TUBE 6M			
SIZE	1,5	2,0	
25 x 12	R 162.50		
31 x 19	R 211.50	R 234.50	
38 x 19	R 226.50	R 253.50	
38 x 25	R 235.50	R 314.00	
50 x 25	R 269.50	R 369.50	
50 x 38	R 349.50	R 449.50	
76 x 25	R 389.50	R 477.50	
76 x 38	R 412.00	R 519.00	
76 x 50	R 522.50	R 684.50	
100x50	R 604.50	R 673.50	

ANGLE IRON				
SIZE	2,0	2,5	3,0	5,0
25 x 25	R 86.00	R 118.00	R 137.50	R 198.00
30 x 30	R 105.50	R 133.00	R 158.50	R 272.00
40 x 40	R 141.00	R 179.50	R 224.50	R 354.00
50 x 50			R 294.00	R 394.50

ROUND BAR 6M	
SIZE	PRICE
6mm	R 29.00
8mm	R 48.00
10mm	R 71.50
12mm	R 103.50
16mm	R 180.50

DEFORMED BAR 6M	
SIZE	PRICE
Y5.6	R 29.00
Y10	R 70.00
Y12	R 103.50
Y16	R 179.00

ROUND TUBE 6M		
SIZE	1,5	2,0
19mm	R 105.00	R 131.50
25mm	R 136.50	R 179.50
32mm	R 188.50	R 215.50
34mm	R 207.50	R 268.00
38mm	R 209.00	R 278.50
48mm	R 327.50	R 375.50
50mm	R 314.00	R 369.50
57mm	R 363.00	R 433.00
60mm	R 423.00	R 519.00
63mm	R 424.00	R 497.50
76mm	R 445.00	R 616.00
100mm		R 717.00

GALVANISED SHEETS	
SIZE	PRICE
2450x1225x0.5	R 399.00
2450x1225x0.6	R 458.00
2450x1225x0.8	R 595.00
2450x1225x1.0	R 742.00
2450x1225x1.2	R 822.00

COLD ROLLED SHEETS	
SIZE	PRICE
2450 x 1225 x 0.5	R 325.00
2450 x 1225 x 0.6	R 375.00
2450 x 1225 x 0.8	R 495.00
2450 x 1225 x 1.0	R 628.00
2450 x 1225 x 1.2	R 775.00

PAINT 5L	
PRODUCT	PRICE
S&P QD WHITE	R 394.00
S&P QD BLACK	R 320.00
S&P QD MATT BLK	R 309.00
S&P QD RED OXIDE	R 232.00
QD THINNERS	R 227.00

MILD STEEL PLATE	
SIZE	PRICE
2500x1200x5.0	R 2,685.00
2500x1200x6.0	R 3,268.00
2500x1200x8.0	R 4,365.00
2500x1200x10.0	R 5,459.00

CHANNELS (6M)	
SIZE	PRICE
76x38	R 667.00
100x50	R 1,043.00
152x76	R 2,285.00

FLAT BAR		
SIZE	3,0	4,5
20mm	R 75.50	R 101.50
25mm	R 89.00	R 119.50
30mm	R 106.50	R 135.00
40mm	R 140.00	R 196.50
50mm	R 177.00	R 228.50

RAW BOLTS			
SIZE	PRICE	PRICE	PRICE
6mm ⁽¹²⁾	R 5.00	10mm ⁽¹²⁾	R 11.00
8mm ⁽¹⁶⁾	R 7.00	12mm ⁽¹⁸⁾	R 15.50



Rua Sagrada Família nr.º 1337
E-mail: coprolservicos@gmail.com
Nuit: 400 901 058
Machava - Moçambique

Specialists in:

Abrasive Blasting, industrial Painting, hot & Cold Insulation, Denso Wrapping, concrete Rehabilitation, Fire Protection, Scaffolding, HP and UHP Cleaning

Date: June 04, 2024

Company: Eng. Projects

Attention: Mr. Chakily.

Ref N^o: CK/060/24

Sandblasting and Paint Jetty Structure

Dear Sir, We are happy to respond to your request and thank you for your trust, and here are the details below:

1. Scope of Work

Our scopes of work include the supply of materials and labor for Sandblasting and Paint Jetty Structure.

2. Specification

- Sandblasting to SA 2.5
- Apply one coat – carboguard 635 to DFT 200 - 300µm per coat
- Final coat – carboguard 890 light grey to DFT 250µm.

3. Price Excluding VAT

Attached bill of quantities

4. Pricing basis

4.1 Our price is based on a 6 day week comprising a weekly shift of normal 54 hours' work done Monday to Saturday within working hours of 07h00 to 17h00.

4.2 Our price is based on the whole of the works as detailed at tender stage being awarded to us, you wish to split the contract between multiple contractors or subcontractor reduce the scope of work, we reserve the right to adjust our price accordingly.

5. General terms and condition

5.1 Validity:

Our offer is valid for a period 30 days from date of tender.

5.2 Terms of payment

All payment to be made strictly within 30 days from date of invoice.

5.3 Escalation

Our price is fixed and firm to the end of December 2024, thereafter subject to escalation as per the actual increases as announced by the suppliers and negotiated labor.

5.4 Limitation of Liability

We shall no liability to the client for:-

- a) Any loss of profits or any consequential damage suffered by the client.
- b) Any claim not expressly defined and provided for in the Contract with the client.

5.5 Foreign Taxes

All foreign taxes including but not limited to Mozambique Vat/General Sales Tax, Import/export duties and withholding taxes are excluded from our offer.

6. Lead-time in day form Order

6.1 The work will be carried out in 3 working days according to our hourly load.

We trust that above meets with your approval and look forward to your positive response. Should you have any queries please do not hesitate to contact this office.

Item	Description	Unit	QTY	Rate	Amount
	Sandblasting and Paint Jetty Structure	m ²	1.00	9,000.00	9,000.00
	Sub. Total				9,000.00
	IVA not Included 16%				1,400.00
				Amount	10,400.00 MZN

Yours faithfully

**COPROL CORROSION TREATMENT (MOZAMBIQUE) LIMITADA Mr.
Francisco Omuana.**



PRETORIA WEST
113 INDUSTRIAL PARK
E-mail: rademeyr.marius@gmail.com

Client:
Company: Engprojects SA
Attention: Mr. Chakily
cgimo@engprojects.co.mz
Ref Nr.: AJMR/324/24
Date: June, 2024

Item	Description	Unit	Qty	Rate	Amount
1	Resin-based corrosion protection Thickness 2mm	m ²	1	8 000,00	8 000,00

Sub. Total 8 000,00
Total IVA 15%
Amount ZAR 9 200,00

MARIUS RADEMEYR
rademeyr.marius@gmail.com