UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
MARCOS LUIZ GUTIHÁ JUNIOR

CORROSÃO E SISTEMAS DE PROTEÇÃO

Palhoça
2018

MARCOS LUIZ GUTIHÁ JUNIOR

CORROSÃO E SISTEMAS DE PROTEÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica-Telemática da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Sheila Santisi Travessa

Palhoça

2018

MARCOS LUIZ GUTIHÁ JUNIOR

CORROSÃO E SISTEMAS DE PROTEÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica-Telemática da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 27 de junho de 2018

Prof.ª Sheila Santisi Travessa Dra. Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Eng. Eduardo Nercolini Bel.
Estaleiro Schaefer Yachts

Eng. Marcelo Cesar dos Reis Bel.
Naval Care Engenharia & Prevenção

Dedico a Deus, aos meus pais, minha esposa e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus por me dar saúde e força, permitindo que tudo isso acontecesse ao longo da minha vida e não somente nestes anos como universitário.

A minha esposa Mônica Fabiola Barbosa e minha filha Bárbara Gutihá por terem me apoiado durante essa caminhada.

Aos meus pais Marcos Luiz Gutihá e Zenaide Belmiro Gutihá por terem me proporcionado todo o alicerce e por terem me incentivado nessa caminhada.

A Professora Eng. Sheila Travessa, minha orientadora, que me auxiliou em todas as atividades deste trabalho.

A Professora Eng. Sheila Travessa, minha orientadora, que me auxiliou em todas as atividades deste trabalho.

“Não existe método infalível, nem tampouco padrões ou diretrizes preestabelecidas que se adaptem a qualquer situação; sempre ocorrerá a incidência de elementos pessoais próprios a cada pesquisador que lhe indicarão caminhos específicos de ação” (LEITE, 2000, p.18)

RESUMO

Este trabalho consiste em elucidar o fenômeno da corrosão galvânica e eletrolítica. Neste caso, o estudo é sobre a deterioração dos metais que fazem parte das embarcações fabricadas em fibra de vidro. Tendo em vista que o sistema de propulsão, direção e outros sistemas hidráulicos que auxiliam na navegação, são feitos em metal, que são condutores de eletricidade. Todos estão sujeitos a sofrerem este processo, uma vez que estão na maior parte do tempo submersos em um meio eletrólito condutor, que beneficia a corrosão galvânica e eletrolítica. Assim como essas, outras partes metálicas precisam de proteção para prevenção deste fenômeno. Desta maneira, com esclarecimento do fato ocorrido, podemos nos beneficiar e usar a causa do problema como parte da solução. Através de métodos e das aplicações dos materiais certos, podemos usar outros metais com determinadas características e desta maneira proporcionar proteção, ou seja, usar alguns desses metais como anodos de sacrifício.

Palavras-chave: Corrosão. Galvânica. Eletrólise.

ABSTRACT

This work is to elucidate the phenomenon of galvanic and electrolytic corrosion. In this case, the study is about the deterioration of metals that are part of the vessels made of fiberglass. In view of the propulsion system, direction and other hydraulic systems that assist in navigation, are made in metal, which are conductors of electricity. All are subject to undergo this process, since they are mostly submerged in a medium-conductive electrolyte, which benefits galvanic corrosion and electrolytic. Just like these, other metallic parts need protection to prevent this phenomenon. In this way, with clarification of the fact that occurred, we can benefit and use the cause of the problem as part of the solution. Through methods and applications of the right materials, we can use other metals with certain characteristics and in this way provide protection, ie using some of these metals as anodes of sacrifice.

Keywords: Corrosion. Galvanic. Electrolyzers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo de produção de metais.....17
Figura 2 - Tubos de aço.....18
Figura 3 – Barras de bronze.....19
Tabela 1 - Anodos a usar.....19
Figura 4 - Anodos de zinco.....21
Figura 5 - Ilustração do funcionamento de eletrolise. 24
Figura 6 - Comparativo corrosão por fuga de corrente CC/CA. 25
Figura 7- Exemplo funcionamento galvanica.....25
Figura 8– Comparativo do ferro acoplado com metais diferentes.....26
Figura 9 – Analise típica da água do mar. 27
Figura 10 – Analise típica composição da água do mar. 27
Figura 11– biofouling cobrindo a metal do sistema de propulsão de embarcação.....28
Figura 12- Série galvânica em água do mar. 29
Figura 13– Hélice com danos causados pela cavitação. 30
Figura 14 - Exemplo funcionamento proteção catódica.....32
Figura 15 - Serie galvânica pratica. 33
Figura 16 - Sistema hidráulico de uma plataforma de aço inox de uma embarcação. 33
Figura 17 -Anodo de sacrifício do sistema hidráulico de uma plataforma de aço inox de uma embarcação. 34
Figura 18 - Sistema de flaps de aço inox de uma embarcação. 34
Figura 19 - Anodo de sacrifício do sistema de flaps de aço inox de uma embarcação. 35
Figura 20 - IPS, sistema de propulsão de uma embarcação. 35
Figura 21 - IPS, Anodos do sistema de propulsão IPS de uma embarcação. 35
Figura 22 - Exemplo de aplicação do isolador galvanico.....37
Figura 23 - Exemplo de atuação da corrosão sem o isolador galvânico.....37
Figura 24 - Diagrama de ligação energia de terra para embarcações. 38
Figura 25 - Espelho de popa Schaefer 620, anodos de sacrifício. 39
Figura 26 - Diagrama de ligação energia de terra para embarcações. 40
Figura 27 - Diagrama de ligação aterramento negativo. 41
Figura 28 - Exemplo de ligação energia CC de embarcações 42
Figura 29 - Exemplo motores internos com linha de eixo.....44
Figura 30 - Diagrama de ligação energia CA de embarcações.....45

Figura 31 - Verificação de fugas no sistema elétrico. 46
Figura 32 - Barramento de fusíveis do sistema elétrico 24Vcc. 46
Figura 33 - Barramento de negativos sistema elétrico 24Vcc. 47
Figura 34 - Barramento de fusíveis do sistema elétrico 24Vcc. 47
Figura 35 - Barramento de aterramento geral. 48
Figura 36 - Metais aterrados. 51
Tabela 2 - Identificação de itens aterrados. 52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABYC	American Boat and Yacht Council
AL	Alumínio
BB	Bombordo
C	Carbono
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
Cu	Cobre
FE	Ferro
Kw	Kilo Watts
NaCl	Sódio
RPM	Rotação por minuto
Vca	Tensão corrente alterada
Vcc	Tensão corrente continua

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 OBJETIVOS 12
1.1.1 Objetivos gerais 13
1.1.2 Objetivos específicos 13
1.2 METODOLOGIA DO TRABALHO 13
1.3 DELIMITAÇÕES 14
2 CORROSÃO 15
2.1 AÇO 17
2.2 BRONZE 18
2.3 ANODOS 19
2.4 CORROSÃO 21
2.5 CORROSÃO ELETROLÍTICA 23
2.6 CORROSÃO GALVANICA 25
2.7 ÁGUA DO MAR 26
2.8 PILHA GALVANICA 28
2.9 CAVITAÇÃO 29
2.10 BENEFICIOS DA CORROSÃO 30
2.11 SISTEMAS DE ATERRAMENTO E PROTEÇÃO CATÓDICA 31
2.12 BARRAMENTO DE ATERRAMENTO 38
2.13 BARRAMENTO DE METAIS SUBMERSOS 39
2.14 BARRAMENTO DE ATERRAMENTO CA 40
2.15 BARRAMENTO CC 41
3 ESTUDO DE CASO 44
4 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO ELETRONICA 50
4.1 BARRAMENTOS 50
4.1.1 Interligação dos metais aos barramentos. 53
4.1.2 Metais adicionais 53
4.2 ANODOS 53
4.3 SENSORES 53
4.4 CENTRAL ELETRONICA DE MONITORAMENTO 53
4.5 STATUS DO SISTEMA 54
4.6 ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO 54

4.6.1 Fonte principal de energia **55**
4.6.2 Célula fotovoltaica **55**
4.6.3 Carregador secundário **55**
4.7 CONCLUSAO 55
5 CONCLUSÃO **56**
REFERÊNCIAS **57**

1 INTRODUÇÃO

Quando se fala de corrosão, de uma maneira geral acabamos mencionando um fenômeno que traz preocupações em todas as áreas, seja na construção civil, naval ou aeronáutica. Estimasse que 20% do ferro produzido no mundo, destinasse a fabricação de peças para manutenção ou reposição.

Os custos desprendidos com a manutenção causada por esse processo podem ser exorbitantes, pode-se destacar algumas situações que trazem perdas econômicas:

Diretamente com custos inicialmente preventivos, sendo esses com:

- Superdimensionamento de materiais ou estruturas.
- Revestimentos ou materiais mais resistentes a corrosão.
- Proteção catódica ou inibidores.

Indiretamente com custos de reparos e pardas, sendo:

- Comprometimento de estruturas e edificações.
- Desperdícios com materiais danificados ou contaminados.
- Interrupções e perda de eficiência em linhas de produção.

Significativamente os problemas relacionados a corrosão trazem prejuízos econômicos para a sociedade em geral e tem impactos em todas as áreas e tipos de sistemas. A todo momento podemos ser afetados de forma direta e indireta, portanto, a eficácia de sistemas que possam resguardar esses equipamentos e estruturas é de interesse para pesquisados em todo o mundo.

1.1 OBJETIVOS

No meio náutico, mais especificamente tratando-se de embarcações de esporte recreio, algo que traz preocupações e que é a causa de problemas recorrentes em todo o tipo de embarcação é a corrosão. Em uma embarcação fabricada para o lazer, mesmo com casco feito em fibra de vidro, possui várias estruturas metálicas, sistemas que ficam expostos aos fatores de risco oferecidos pela natureza.

Desta maneira, com o intuito de minimizar e/ou retardar esses efeitos prejudiciais à embarcação , são propostos sistemas e equipamentos para alcançar esse objetivo maximizando e eficiência e evitando custos com manutenção.

1.1.1 Objetivos gerais

Pontuando os sistemas métodos e materiais utilizados nesse seguimento em especifico, seguirá ao longo deste breve estudo, o processo eletroquímico que causa a deterioração dos metais, assim como também serão descritos métodos de ligação e sistemas de proteção.

1.1.2 Objetivos específicos

Dado os sistemas e circuitos envolvidos com os objetos estudados e diante dos fatos, o alvo do estudo é enaltecer esses sistemas de proteção que estão sendo pontuados, bem como ao final seguirá a proposta da implementação de um sistema complementar que virá explorar os recursos de eletrônica. Aplicado sobre estes circuitos métodos e materiais utilizados neste seguimento em especifico, que atuará sobre o processo eletroquímico, que causa a deterioração dos metais, visando deixar as estruturas resguardadas sob uma melhor proteção catódica por meio de recursos que visam o equilíbrio de potenciais direcionando os efeitos naturais e resguardando as estruturas.

1.2 METODOLOGIA DO TRABALHO

O intuito deste trabalho tem caráter descritivo e exploratório, onde esclarecemos a maneira com que é feito o planejamento e como são instruídos a serem feitas as ligações dos circuitos de proteção catódica das embarcações. Estes métodos são descritos na norma ABYC, bem como por manuais de aplicação e instalação de motores de propulsão Volvo Penta, que visam além da proteção catódica algo muito mais importante, que é a segurança de qualquer tripulante que vier a permanecer na embarcação. O presente trabalho também visa explorar os materiais e o fenômeno eletroquímico causador da corrosão e desta maneira, esclarecer os fenômenos pertinentes e o motivo pelo qual seguimos a norma e o uso dos equipamentos aconselhados por essa mesma norma.

1.3 DELIMITAÇÕES

Este trabalho tem como foco as aplicações de proteção catódica para implementação de embarcações de lazer, na classificação ESPORTE E RECREIO fabricados com casco em fibra de vidro. Para tal, o estudo é baseado em regras para aplicação de sistemas de corrente alternada e continua que são os níveis de tensão que fazem parte da composição deste tipo de embarcação. Nesse caso também são contextualizadas as regras indicadas pelos manuais de instalação dos motores de propulsão que apesar de serem alimentados por combustíveis fósseis tem baterias para o sistema de partida e são interligados ao sistema de proteção catódica.

São poucos os tipos de metais envolvidos na fabricação desse tipo de embarcação, esse motivo se dá a suas características especificas do material, no caso para garantir uma maior durabilidade, os metais escolhidos são o aço inox 316L, bronze e zinco.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CORROSÃO

O método de ligação para o sistema de aterramento que foi escolhido para a análise é recomendado pela norma Norte Americana ABYC. Está norma instrui a seguir padrões de instalações e métodos para que os metais da embarcação tenham o melhor desempenho e ao mesmo tempo esse sistema de aterramento visa proporcionar segurança a tripulação da embarcação em caso de alguma descarga elétrica por uma eventual falha no sistema elétrico. Esse estudo visa embasar teoricamente o sistema proposto para que os sistemas de metais submersos tenham uma longa durabilidade, de maneira a retardar e evitar o desgaste excessivo ou prematuro dos metais pertencentes aos sistemas e mecanismos de embarcações de esporte e recreio fabricadas com casco de fibra de vidro.

Em embarcações de esporte e recreio são usados materiais nobres como aço inox 304L ou 316L para sistemas hidráulicos como cilindros e placas de flaps e plataformas, é muito usado o bronze para sistemas de propulsão e direção como hélice, leme, flange de eixo, saídas e entradas de água, além de ser usual o eixo do hélice de nibral ou aço carbono.

> A relação entre o homem e os mateis é muito antiga, tão antiga que fez com que a história da humanidade fosse dividida da Pedra, Idade do Cobre, Idade do Ouro, Idade do bronze e Idade do ferro, a partir das construções das ferramentas e utensílios utilizados em cada época como pode ser visualizado na figura 1.(VANIN, 2010).

Figura 1 - Ferramentas pré-históricas

Fonte: VANIN, 2010.

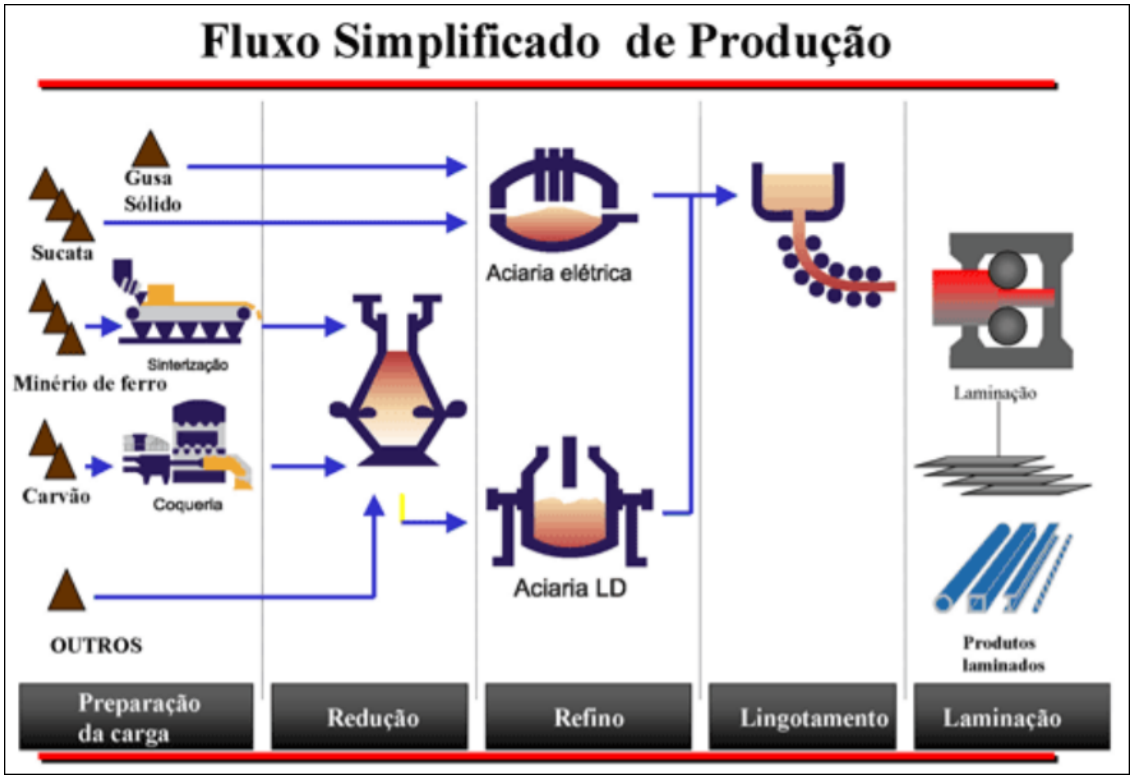
Devem ser tomados os devidos cuidado para que o conjunto de metais de uma embarcação tenha o máximo de durabilidade e eficiência, desta maneira o estudo feito tem a intensão de descrever casos onde os sistemas elaborados e desenvolvido são aplicados e mesmo assim algumas vezes não são o suficiente para que o conjunto tenha sua máxima durabilidade e eficiência, algumas vezes podem ser decorrentes de falhas em equipamentos pertencentes a própria embarcação, outras por influência de componentes externos.

> Num aspecto muito difundido e aceito universalmente pode-se definir corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis, sofridas pelo material, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso. (GENTIL, 1996, P.1).

Como os metais são extraídos da natureza em forma de minério de ferro na sua forma primária, como pirita, hematita e magnetita, e mesmo após um processo de industrialização onde conseguem produzir calor o suficiente para moldar a matéria, a corrosão galvânica ou eletrolítica ocorre por conta de fenômenos naturais.

Na indústria, em seus alto-forno e através de técnicas e aditivos de outros minérios para produzir metais com características especificas para as mais diversas aplicações necessárias e tendência de todo metal é voltar a sua forma primaria através da oxidação ou corrosão.

Figura 2 – Fluxo de produção de metais.



Fonte: Siderurgia

"O aço é a liga ferro-carbono contendo geralmente 0,008% até aproximadamente 2,11% de carbono, além de certos elementos residuais, resultantes dos processos de fabricação" (CHIAVERINI, 1977, P. 21).

> O aço, a metalurgia e a corrosão, são importantes conteúdo a serem abordados no ensino de Química, já que materiais metálicos se encontram por toda a parte e são necessários para vida em sociedade hoje, principalmente sob os aspectos econômicos e tecnológicos (COSTA, 2006, P.32).

2.2 AÇO

As ligas de aço inoxidáveis têm vasta aplicação na cadeia náutica, uma vez que suas características têm grande importância, principalmente os AUSTENÍCOS que como o aço inox FERRÍTICOS, tem o nível de teor de carbono restrito e não pode ser endurecido por tratamento térmico. A adição principalmente de níquel muda a sua estrutura para o arranjo atômico cúbico de face centrada, quando em temperatura ambiente. Exemplos de aços austeníticos são 304, 304 L, 316 e 316 L. Normalmente, o aço inoxidável é capaz de resistir à corrosão, para tanto, sua camada precisa ser ativada, rica em óxido de cromo está capa protetora é chamada de camada

passiva. A passivação é alcança no aço inox por meio da limpeza da superfície do metal, para isso devem seguir alguns passos até o alcance de tal. Estes testes são para inspeções de limpeza como estabelecido na Norma ASTM A 380 (1999).

> Passivação pode ser definida como um "...processo de limpeza/tratamento final usado para remover ferro livre ou outros contaminantes anódicos das superfícies de peças de aço resistentes à corrosão onde de maneira a se obter a formação uniforme de uma superfície passiva. Este tratamento induz um potencial mais nobre (catódico) na peça superfície da peça, assim melhorando a resistência à corrosão". (HUMMA, Influencia da passivação, pág. 4).

Figura 3 - Tubos de aço

Fonte: Deposit Photos, 2018.

A família dos aços inoxidáveis, um metal não magnético que contém no mínimo 12% de cromo, o que lhe proporciona sua resistência à corrosão.

"Adições de cromo aumentam a resistência à oxidação e à corrosão do aço. Aços com teor de cromo superiores a 12% têm grande resistência à oxidação e são comumente designados como aços inoxidáveis" (GENTIL, 1996, p. 407).

2.3 BRONZE

A família do bronze, um metal formado por 67% de cobre e 33% de estanho. Pode ser denominada toda uma série de ligas que como base principal a mistura do cobre (calcopirita) e do estanho (cassiterita).

Figura 4 – Barras de bronze.

Fonte: sucatas Curitiba, 2018

Sua principal propriedade é resistência ao desgaste, sendo muito usado para produzir sinos, medalhas, moedas e estátuas. É um metal dúctil e maleável, sendo fácil seu reaproveitamento. Outros elementos como zinco, alumínio, antimônio, níquel, fósforo, chumbo entre outros com o objetivo de obter características superiores à do cobre. O estanho tem a característica de aumentar a resistência mecânica e a rigidez do cobre sem alterar a sua ductilidade.

2.4 ANODOS

Os anodos para proteção catódica podem ser constituídos de ligas de zinco, de magnésio ou de alumínio. De uma maneira geral, o anodo é o metal que possui o maior grau de oxidação e que pode ser interligado para a proteção de uma estrutura metálica. Sua seleção para o estudo proposto de proteção catódica depende de vários fatores, sendo essa seleção de grande importância para o desempenho do sistema de proteção levado em consideração à resistividade ou a condutividade do meio.

Os anodos para a proteção catódica possuem algumas restrições quando ao local de uso pela escolha do tipo de metal do anodo de sacrifício a ser empregado, como por exemplo:

- Anodos de zinco podem ser utilizados em solos e em água do mar.
- Anodos de magnésio tem boa eficiência em água doce.
- Anodos de alumínio são indicados para uso na água do mar.

Tabela 1 - Anodos a usar

Ânodo	Material	Condição da água
Proteção do espelho da popa	Zinco	Água salgada
Propulsão de popa	Zinco	Água salgada
Proteção do espelho da popa	Alumínio	Água salobra
Propulsão de popa	Alumínio	Água salobra
Proteção do espelho da popa	Magnésio	Água doce
Propulsão de popa	Magnésio	Água doce

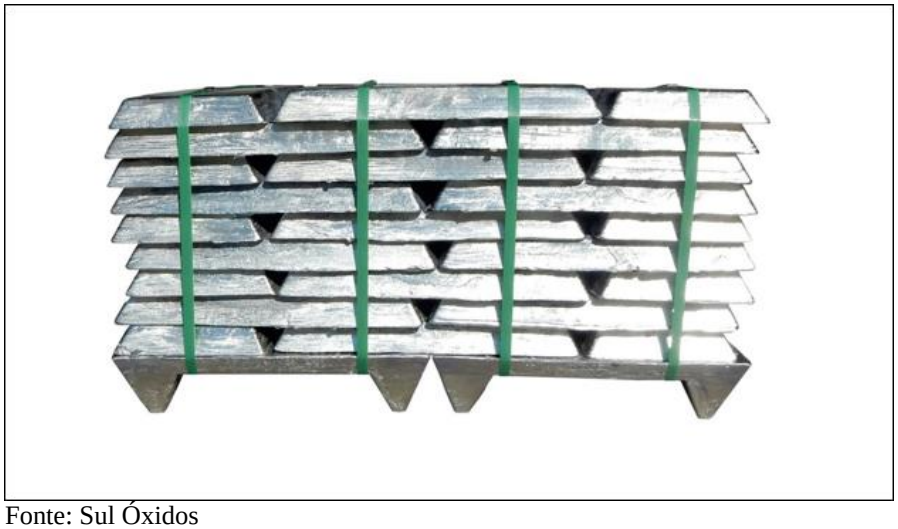
Fonte: VOLVO, 2017, p.77.

Como já escrito pela Volvo, o anodo tem papel importante na proteção dos metais da embarcação, entretanto deve ser selecionado de acordo com o meio onde a embarcação permanecerá, devido a essas características dos anodos de proteção, se a embarcação é levada do mar para um lago os anodos devem ser alterados para anodos feitos de magnésio.

> Ânodos de ferro podem ser usados para proteger o aço inoxidável e objetos de bronze. Ânodos de magnésio podem ser usados em água doce onde a corrente fornecida pelos ânodos de zinco pode não ser suficiente em alguns casos. Notar que ânodos de magnésio fornecem superproteção ao alumínio na água do mar. Não existe o risco de superproteção de alumínio se ânodos de zinco ou de alumínio forem utilizados para a proteção. (Volvo, Arranjo e planejamento, 2017, P.77).

Os sistemas de anodos galvânicos possuem algumas desvantagens, por exemplo, não podem ser utilizados onde existem correntes parasitas ou de interferência, não permitem uma regulagem da corrente injetada e os anodos devem ser repostos após o consumo.

Figura 5 - Anodos de zinco.



Fonte: Sul Óxidos

> Ânodos de alumínio e zinco, se usados em água doce, ficaram cobertos com crosta branca de óxido que parará o funcionamento do ânodo ao retornar para a água salgada. Ânodos de zinco reagem da mesma forma em água salobra enquanto que os ânodos de alumínio funcionarão efetivamente em fozes de rios e outras condições salobras. Certificar-se de inspecionar os ânodos regularmente e troca-los se mais de 1/3 foi consumido pela corrosão. Todos os ânodos não compartilham da mesma qualidade! Sempre usar ânodos produzidos pela Volvo Penta, já que foram testados para garantir a máxima proteção em transmissões de popa e acessórios. (Volvo, 2017, P.77).

2.5 CORROSÃO

A corrosão pode ser considerada uma reação química ou eletroquímica, assim como a corrosão também pode estar aliada a fatores mecânicos, como metais que sofrem um esforço mecânico, torção ou uma grande variação de temperatura. A corrosão eletroquímica ocorre na superfície do metal em que esta é deteriorada gradativamente pelo meio corrosivo através da passagem de corrente elétrica. As reações químicas consistem na troca de elétrons entre dois metais heterogêneos onde estão em contato elétrico.

> Os processos de corrosão são considerados reações químicas e heterogêneas ou reações eletroquímicas que se passam geralmente na superfície de separação entre o metal e o meio corrosivo. Considerando-se como oxidação redução todas as reações químicas que consistem em ceder ou receber elétrons, pode-se considerar os processos de corrosão como reações de oxidação dos metais, isto é, o metal age como redutor, cedendo elétrons que são recebidos por uma substancia, o oxidante, existe no meio corrosivo. Logo, a corrosão é um modo de destruição do metal, progredindo através de sua superfície. (GENTIL, 1996, P.39).

Os vários mecanismos de corrosão podem ser descritos em 4 grupos onde podemos notar a proporção entre as maneiras em que ocorrem a corrosão. Conforme descrito por Gentil (1996, p. 39), os quatro tipos são:

1º- Corrosão em meio aquoso com 90%;
2º- Oxidação e corrosão quente com 8%;
3º- Corrosão em meios orgânicos com 1,8% e
4º - Corrosão por metais líquidos com 0,7%.

Como os dados mostrados por GENTIL acima a corrosão em meio aquoso é a mais comum, isso ocorre obviamente pelo fato dos metais estarem submersos no solvente chamado água. No caso do estudo proposto, o meio para a maioria das embarcações, a água do mar, proporciona com que a corrosão trabalhe de maneira mais acentuada, sendo a água salgada um meio condutor que acelera o processo químico e eletroquímico fazendo com que a troca de elétrons entre os sistemas que compõe uma embarcação ou uma estrutura submersa tenha muito mais facilidade no processo de corrosão e deterioração dos matais envolvidos.

> A corrosão em água é sempre eletroquímica na natureza. Isto significa que ocorre uma corrente elétrica fraca ao mesmo tempo em que ocorrem as reações químicas. São necessárias duas reações químicas para ocorrer a corrosão de um metal, uma a reação de oxidação (degradação de metal) e a outra a reação de redução (geralmente consumo de oxigênio). A oxidação é uma referenciada como uma reação no ânodo, e a redução é referenciada como uma redução catódica. Em uma reação de oxidação, os elétrons são liberados e transportados do metal para outro ponto, onde são consumidos em uma reação catódica. (Volvo, 2017, P.70).

A análise da eletrolise causada por uma interconexão elétrica, também compreendem a interferência dos fenômenos externos, que estão além da composição do metal e das conexões elétrica, como descrito por GENTIL (1996, P.169):

> "Os fatores que afetam a taxa de corrosão podem ser divididos em: * Químicos – gases dissolvidos (oxigênio gás carbônico) salinidade e pH; * físicos – velocidade, temperatura e pressão; * biológicos – *biofouling*, vida vegetal (geração de oxigênio e consumo de gás carbônico) e vida animal (consumo de oxigênio e consumo de gás carbônico).

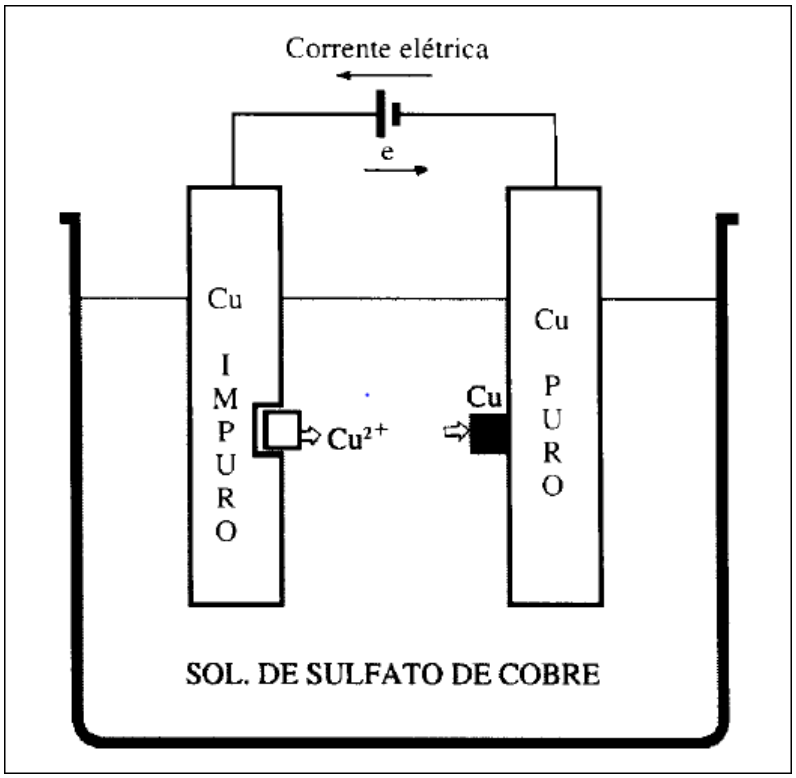
2.6 CORROSÃO ELETROLÍTICA

Como visto temos a corrosão eletrolítica pode ocorrer em um processo espontâneo, onde dois diferentes tipos de metais imersos em no meio aquoso e interligados eletricamente é o suficiente para originar o processo de corrosão e que este ainda pode ocorrer de maneira acentuada quando sofre interferências por corrente parasita pode ser vir da superfície de um dos metais envolvidos, essa corrente é CC e pode ser proveniente de falha em um sistema elétrico.

> Os casos de corrosão estudados anteriormente envolveram sempre processos eletroquímicos espontâneos, isto é, a diferença de potencial se originava dos potenciais próprios dos materiais metálicos envolvidos no processo corrosivo. Existem, entretanto, correntes ocasionadas por potenciais ezternos que produzem casos severos de corrosão. (GENTIL, 1996, P.82).

Corrente CA também podem causar danos aos metais, porem a uma taxa muito mais baixa do que a corrosão causa por corrente CC. Conforme descrito por Gentil: Estima-se que uma corrente alternada de 60 ciclos causa cerca de 1% do dano produzido por uma corrente continua equivalente. (GENTIL, 1996, p. 82).

Figura 6 - Ilustração do funcionamento de eletrolise.



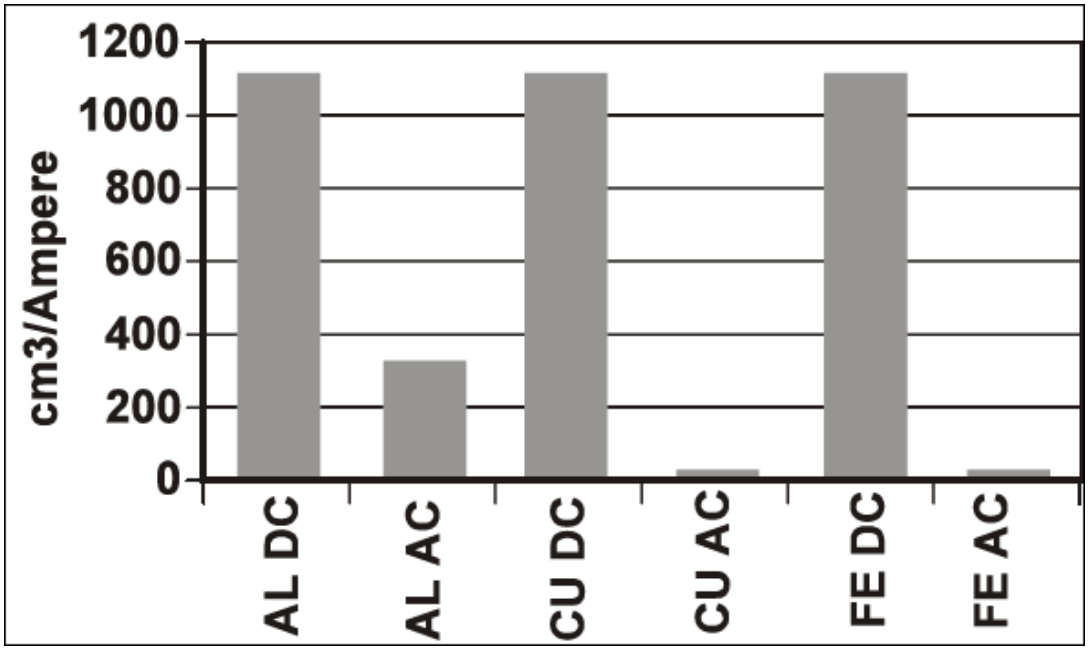
Fonte: GENTIL, 1996, p.83.

> Corrosão galvânica (galvanic corrosion). Tipo de corrosão eletroquímica acelerada que ocorre quando dois metálicos diferentes são eletricamente conectados, por contato direto ou por um condutor elétrico, e imerso em uma solução condutora de eletricidade denominada eletrólito. (GENTIL, 1996, P.318).

Na figura 5 ilustramos a introdução de uma corrente através de uma conexão elétrica, como os metais estão imersos em um eletrólito, o processo de deterioração do metal ocorre, podemos perceber claramente que mesmo se tratando de dois metais que tem potencial elétrico muito parecido, o sentido da corrente convencional esclarece que ao introduzir uma corrente através da conexão elétrica, o sentido da transferência dos elétrons através do eletrólito segue no sentido oposto, subtraindo matéria do anodo e acrescentando ao catodo.

Abaixo na figura 6 temos um comparativo do ataque da corrosão quando os 3 tipos de metais são submetidos a uma corrente CC em comparação a uma corrente CA na mesma proporção, os tipos de metais são: alumínio (AL), cobre (CU) e ferro (FE).

Figura 7 - Comparativo corrosão por fuga de corrente CC/CA.

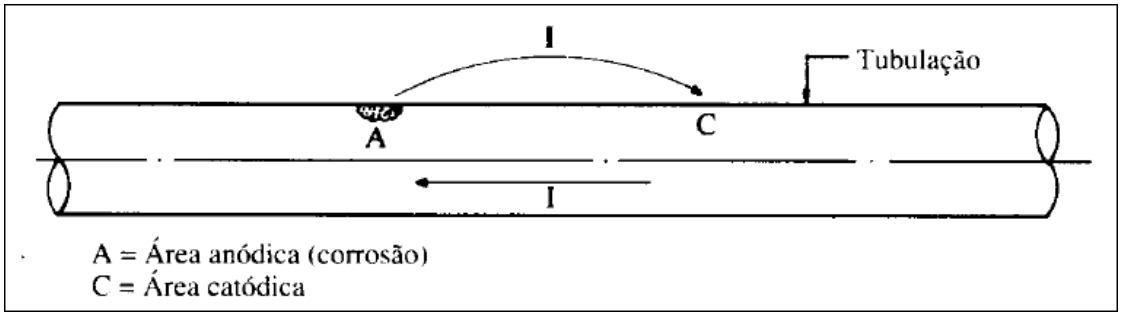


Fonte: VOLVO, 2017, p.74.

2.7 CORROSÃO GALVANICA

Quando o material ou dois materiais de potenciais diferentes como por exemplo o ferro (FE) e o alumínio (AL) que tem potenciais diferentes e estão em contato ocorre a corrosão galvânica causada pela transferência de elétrons devido a diferença de potencial.

Figura 8- Exemplo funcionamento da corrosão galvânica.



Fonte: (GENTIL, 1996, P.269).

Quando materiais que tem potenciais diferentes estão em contato um com o outro na presença de um meio corrosivo, condutor, a corrosão galvânica do material com potencial elétrico mais baixo é muito mais acentuada, tendo isso, estão poderia julgar certo que quando os materiais que tem potencial diferente e são mantidos isolados eletricamente a corrosão deste seria acentuadamente menor.

Na figura 8 abaixo segue um comparativo feito quando o ferro (FE) é acoplado a outros metais de potencial deferente e colocado em uma solução contendo íons.

Figura 9– Comparativo do ferro acoplado com metais diferentes.

	Corrosão em Miligramas	
Segundo Metal	**Ferro**	**Segundo Metal**
Magnésio	0,0	3104,3
Zinco	0,4	688,0
Cádmio	0,4	307,9
Alumínio	9,8	105,9
Antimônio	153,1	13,8
Tungstênio	176,0	5,2
Chumbo	183,2	3,6
Estanho	171,1	2,5
Níquel	181,1	0,2
Cobre	183,1	0,0

Fonte: GENTIL, 1996, p.77.

2.8 ÁGUA DO MAR

A água do mar apresenta condutividade elétrica elevada devido a sua salinidade que é em média 3,5%, o mar Báltico possui 3% de sal e o Mar Vermelho 4%, isso quer dizer que para cada litro de água em média temos 35 gramas de sódio (NaCl), dessa maneira podemos observar que a ação corrosiva da água do mar é constituída não apenas do sal, a solução salina deve ser adicionada de matérias orgânicas em decomposição, matéria viva orgânica e outros poluentes encontrados em cada região.

> A água salgada consiste numa solução relativamente uniforme principalmente de cloretos de sódio e magnésio em água. Esse são os principais agentes corrosivos desse meio, embora muitos outros minerais se encontrem dissolvidos na água. (Chiaverini, 1977, P. 362).

Figura 10 – Analise típica da água do mar.

	Salinidade, %
Oceano Atlântico	3,54
Oceano Pacífico	3,49
Mar Mediterrâneo	3,7 - 3,9
Mar Vermelho	> 4,1
Mar Báltico (Golfo da Finlândia)	0,2 - 0,5
Mar Cáspio	1,0 - 1,5
Mar Cáspio (Golfo de Karabaguz)	16,4

Fonte: GENTIL, 1996, p.168.

A ação corrosiva da água pode ser determinada inicialmente por sua salinidade, essa salinidade é praticamente constante em oceanos mas pode variar em mares interiores. (GENTIL, Corrosão 3ª Edição,1996, p. 168).

Figura 11 – Analise típica composição da água do mar.

	Gramas por Quilo
Sais totais	35,1
Sódio	10,77
Magnésio	1,30
Cálcio	0,409
Potássio	0,338
Estrôncio	0,010
Cloreto	19,37
Sulfato	2,71
Brometo	0,065
Ácido bórico	0,026
Matéria orgânica dissolvida	0,001 - 0,0025
Oxigênio (15°C)	0,008 (ou 5,8 cm^3/l)

Fonte: GENTIL, 1996, p.168.

A intensidade do ataque é muito influenciada pela quantidade de partículas de sais ou umidade depositadas na superfície metálica. É evidente que em umidade relativa elevada e presença de nevoa salina, a corrosão é mais acentuada, como de fato se verifica em estruturas metálicas colocadas em atmosferas marinhas ou suas proximidades.

A deposição de partículas solidas pode ocasionar a corrosão por aeração diferencial, e fatores climáticos, como direção dos ventos, podem trazer poluentes atmosféricos para as estruturas, acelerando o processo corrosivo.

A deposição de sais varia com as condições de vento e de ondas, altura acima do mar, tempo de exposição, distancia, etc.

Como os sais existentes na água do mar são higroscópicos, ou mesmo deliquescentes, como cloretos de cálcio e magnésio, há uma tendência de formar uma película liquida, contendo esses sais, na superfície metálica, tornando-se sujeita a ação corrosiva dessa solução salina.

As chuvas influenciam a taxa de corrosão em atmosferas marinhas: chuvas frequentes reduzem o ataque corrosivo, pois retiram os resíduos de sais das superfícies

> metálicas; as áreas abrigadas, onde as chuvas não atingem, podem sofrer corrosão mais intensa do que aquelas não abrigadas.
>
> A posição geográfica também pode influenciar na taxa de corrosão: em geral as regiões tropicas são consideradas mais corrosivas que as atmosferas marinhas árticas. (GENTIL, 1996, P.174).

Além dos efeitos causados pela salinidade da água do mar, temos que levar em consideração, os efeitos causados pelos elementos biológicos, os organismos que podem se desenvolver e se proliferar não só no casco de fibra de vidro como também nos metais submersos, acabam tendo sua contribuição no processo de corrosão. Esses organismos além de depositar materiais orgânicos, liberam alguns gases e alteram o pH da água, tendo influencia no processo corrosivo e alterando a maneira que o metal interage e desempenha com a água.

> O filme bacteriano modifica o processo químico na interface metal/água do mar, sob diversas maneiras, tendo importante papel no processo corrosivo. Com o crescimento do biofouling a bactéria no filme produz subprodutos como, por exemplo. Ácidos orgânicos, gás sulfídrico e limo (material polimérico rico em proteínas). Esse biofouling cria uma barreira de difusão entre a interface metal/liquido e a própria água do mar os filmes bacterianos, geralmente, não são contínuos cobrindo, usualmente, regiões ou pontos da superfície metálica, criando, portanto, condições para ocorrência de pilhas de aeração diferencial com a consequente corrosão por aeração diferencial. (GENTIL, 1996, P.170).

Figura 12– Biofouling cobrindo a metal do sistema de propulsão de embarcação

Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2015).

2.9 PILHA GALVANICA

A pilha galvânica é causada pela interligação de materiais de potencial diferente, desta maneira em um processo de corrosão galvânica, materiais diferentes interligados eletricamente serão expostos ao processo de corrosão causado pela pilha galvânica.

Tendo isso, em um sistema de proteção catódica entre dois supostos materiais deferentes protegidos por um terceiro metal que viria a ser o anodo de sacrifício.

Pois assim nesse processo se o sistema citado acima perdesse o anodo de sacrifício ou se por acaso ele viesse a ser consumido por completo, o sistema de proteção catódica iria expor o próximo metal ao processo de oxidação.

Figura 13- Série galvânica em água do mar.

Séries Galvânicas em água do mar		
1. Magnésio (mais ativo)	12. 316 inoxidável (ativo)	23. Ligas cupro-níquel
2. Ligas de magnésio	13. Hastelloy C	24. Titanio
3. Zinco.	14. Solda Chumbo-estanho	25. Monel
4. Alumínio 100	15. Chumbo	26. Solda prata
5. Cádmio	16. Estanho	27. Níquel (passivo)
6. Alumínio 2017	17. Níquel (ativo)	28. Inconel (passivo)
7. Aços (não ligados)	18. Inconel (ativo)	29. Ferro cromo (passivo)
8. Ferro fundido	19. Hastelloy B	30. 304 inoxidável (passivo)
9. Ferro cromo (ativo)	20. Latão	31. 316 inoxidável (passivo)
10. Ferro níquel fundido	21. Cobre	32. Prata
11. 304 inoxidável (ativo)	22. Bronze	33. Grafite (menos ativo)

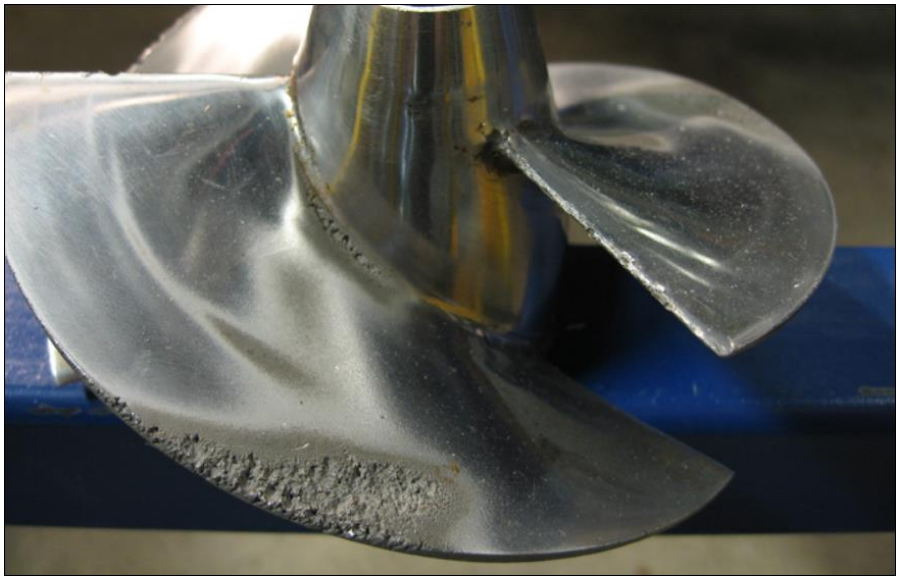
Fonte: CIMM, 2018.

2.10 CAVITAÇÃO

O fenômeno da cavitação é comum ocorrer durante a fase de testes e aplicação de um novo motor ou sistema de propulsão em uma embarcação, em embarcações de planeio como é o caso do nosso estudo, em testes de novas embarcações é possível observar o fenômeno quando a potência do motor faz com que a hélice atinja uma rotação muito superior a velocidade para um determinado momento. Notavelmente podemos perceber que nesse momento os hélices cavitação, como se patinassem na água. Nesse caso o fenômeno também pode ser observado que o RPM dos motores aumenta sem que se atinja a velocidade e então gradativamente a velocidade desenvolve.

> Cavitação – no caso da pressão ambiente ser reduzida para a pressão de vapor da água do mar, ocorre a formação de bolhas de vapor d`'agua, que podem sofrer colapso ou implosão, com a resultante pressão de choque exercendo ação mecânica sobre a superfície metálica com arranque de partículas metálicas. (GENTIL, 1996, P.170).

Figura 14– Hélice com danos causados pela cavitação.



Fonte: clube do arrais

2.11 BENEFICIOS DA CORROSÃO

O processo de corrosão também tem sua contribuição benéfica em vários processos industriais como por exemplo a anodização do alumínio, proteção do aço através da oxidação do zinco (ânodo de sacrifício) apenas 2 exemplos do seu benefício.

> Casos benéficos de corrosão
>
> - Oxidação de aços inoxidáveis, com formação da película protetora de óxido de cromo,Cr2O3;
> - Anodização do alumínio, ou suas ligas, que consiste na oxidação de peças de alumínio, colocadas no anodo de cuba eletrolítica: ocorre a formação de óxido de alumínio, Al2O3 protetor, e confere bom aspecto decorativo à peça;
> - Fosfatização de superfícies metálicas para permitir melhor aderência de tintas: tratamento com solução contendo ácido fosfórico e íons de zinco e ferro x FehPO4.yZn3(PO4)2.zH2O, sobre a superfície metálica, possibilitando aderência adequada da película de tinta posteriormente aplicada, a fosfatização é etapa fundamental no processo de pintura nas indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos;
> - Proteção catódica com anodos de sacrifício ou galvânico para proteção do aço carbono usado em instalações submersas ou enterradas: formação de pilha galvânica na qual o catodo é o material a ser protegido, no caso o aço carbono, e o anodo, material a ser corroído, pode ser zinco, alumínio ou magnésio. Observa-se que em troca da corrosão desses metais, tem-se a proteção, por exemplo, de tubulações, tanques de armazenamento e trocadores de calor;

> - Aspecto decorativo do monumentos e estruturas de bronze: corrosão superficial com formação de pátinas constituídas, geralmente, de óxidos, sulfetos e sais básicos como carbonato, cloreto e sulfato básico de cobre que são insolúveis. Esses compostos conferem aos monumentos e/ou esculturas colorações características: escurecimento (óxidos, sulfetos), esverdeado (sais básicos).
> (GENTIL, 1996, P.6).

Como pode ser observado, o processo de corrosão exercido pela água do mar não pode ser levado em consideração apenas a salinidade, “Logo, a ação corrosiva da água do mar não se restringe à ação isolada de uma solução salina, pois ocorre uma ação conjunta dos diferentes constituintes”. (GENTIL, 1996, p. 168).

2.12 SISTEMAS DE ATERRAMENTO E PROTEÇÃO CATÓDICA

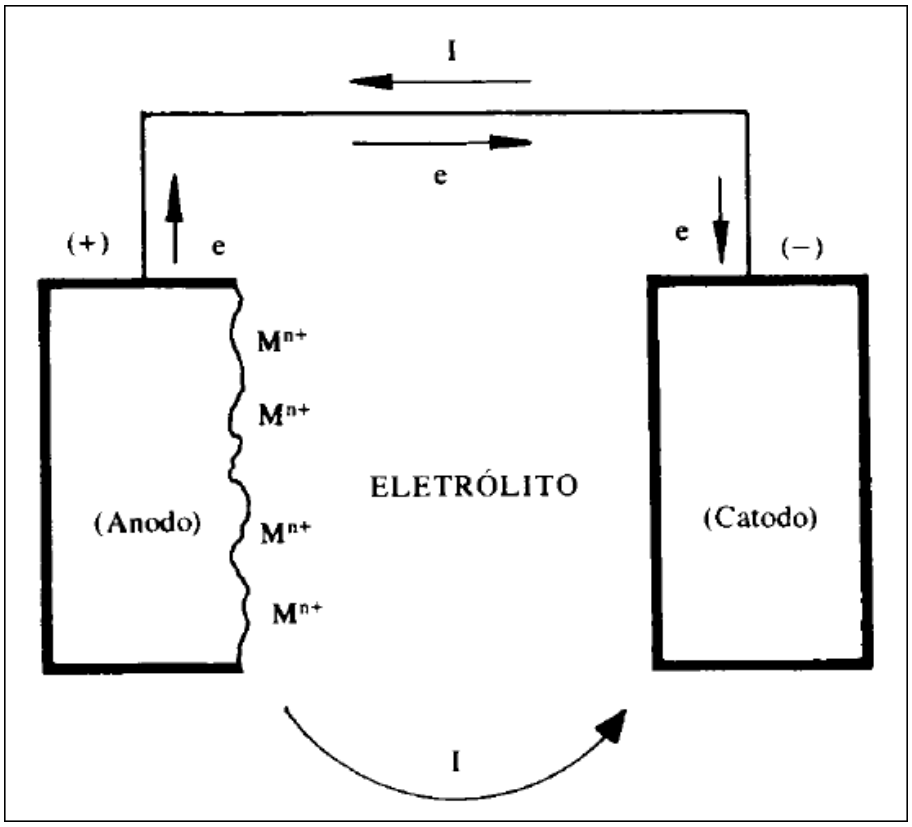
Está análise de sistemas de aterramento de embarcações de esporte e recreio fabricadas com casco de fibra de vidro é feita de maneira a esclarecer os métodos de instalação adotado com o intuito de evitar o fenômeno da corrosão e além disso, os métodos de instalações indicados também tem a função de proteger os tripulantes de uma embarcação contra qualquer acidente decorrente de falhas em algum equipamento elétrico, nas instalações elétricas ou descarga atmosférica.

> A proteção catódica é uma técnica que está sendo aplicada com sucesso no mundo inteiro, e cada vez no Brasil, para combater a corrosão das instalações metálicas enterradas, submersas e em contato com eletrólitos.
> (GENTIL, 1996, P.269).

Os sistemas de aterramento para os metais submersos também visam a proteção ou o retardo da deterioração dos metais pertencentes a estrutura física dos equipamentos e que fazem parte das referidas embarcações fabricadas em fibra de vidro. Nesse contexto o sistema de aterramento das embarcações tem a intenção de proteger contra a corrosão galvânica e corrosão eletrolítica, visto que nas embarcações dessa classificação, esses são os principais tipos de corrosão que atuam em seus metais. Sendo assim, podendo haver corrosão galvânica causada pelo contato direto entre metais diferentes, é usado a proteção catódica para prevenir a corrosão galvânica, e como a corrosão eletrolítica causada pela interligação de metais diferentes pode ser causada ou por alguma fuga de corrente proveniente de alguma falha nas instalações ou equipamentos elétricos da própria embarcação ou de algo próximo a referida embarcação que também poderá interferir ou influenciar no desempenho dos metais submersos e deteriorar mais rapidamente os anodos de sacrifício destinados a proteção catódica, usamos equipamentos

como por exemplo o isolador galvânico, transformador isolador e interligação dos barramentos de aterramento.

Figura 15 - Exemplo funcionamento proteção catódica



Fonte: (GENTIL, 1996, P.269).

> Proteger catódicamente uma estrutura significa eliminar, por processo artificial, as áreas anódicas da superfície do metal fazendo com que toda a estrutura adquira comportamento catódico. Como consequência, o fluxo de corrente elétrica anodo/catodo deixa de existir e a corrosão é totalmente eliminada. (GENTIL, 1996, P.270).

Corrosão eletroquímica também conhecida como corrosão galvânica, muito comum nesse meio, pois é a que ocorre em metais submersos no eletrólito (água do mar), como descrito (seção 2.3). Por exemplo nas embarcações: em estruturas de aço inox que fazem parte de um sistema de plataforma hidráulica das embarcações, são fixados anodos de zinco (Zn), ambas mergulhadas em um eletrólito neutro aerado desta maneira a estrutura de inox se torna o eletrodo. A escolha do material dos anodos em relação aos metais a serem protegidos pode ser justificada pela tabela que mostra a serie galvânica pratica:

Figura 16 - Serie galvânica pratica.

Material	Volt*
Magnésio comercialmente puro	−1,75
Liga de magnésio (6% Al, 3% Zn, 0,15% Mn)	−1,60
Zinco	−1,10
Liga de alumínio (5% Zn)	−1,05
Alumínio comercialmente puro	−0,80
Aço (limpo)	−0,50 a −0,80
Aço enferrujado	−0,20 a −0,50
Ferro fundido (não-grafitizado)	−0,50
Chumbo	−0,50
Aço em concreto	−0,20
Cobre, bronze, latão	−0,20
Ferro fundido com alto teor de silício	−0,20
Aço com carepa de laminação	−0,20
Carbono, grafite, coque	+0,30

Fonte: (GENTIL, 1996, P.271).

Desta maneira uma pequena barra de zinco é o anodo fixado na estrutura da plataforma, e como este é o que tem mais facilidade em perder elétrons, que migram para a estrutura de inox. Dessa maneira o anodo de zinco sofrerá desgaste. Isto é uma pequena parte da proteção catódica de uma embarcação.

Figura 17 - Sistema hidráulico de uma plataforma de aço inox de uma embarcação.

Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2017).

Figura 18 -Anodo de sacrifício do sistema hidráulico de uma plataforma de aço inox de uma embarcação.

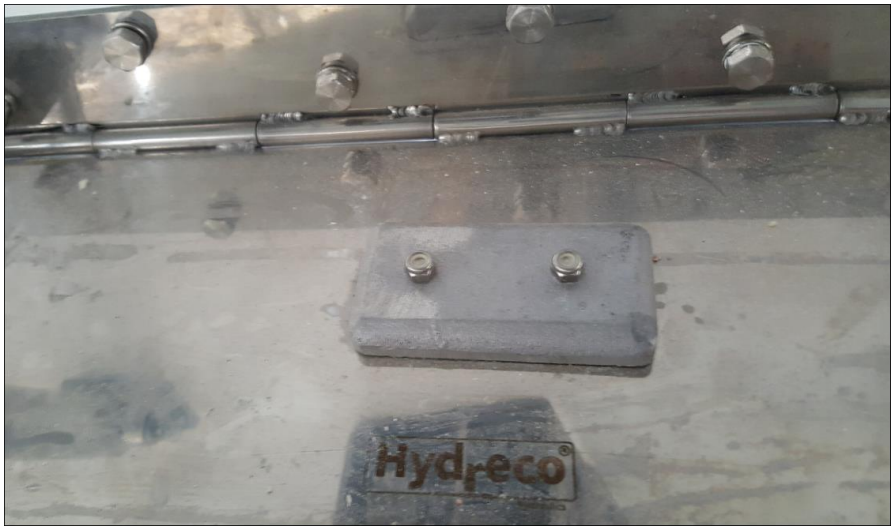
Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2018).

Da mesma maneira é tratado outros metais submersos nessa região da embarcação como por exemplo as placas de flaps:

Figura 19 - Sistema de flaps de aço inox de uma embarcação.

Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2018).

Figura 20 - Anodo de sacrifício do sistema de flaps de aço inox de uma embarcação.



Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2018).

Figura 21 - IPS, sistema de propulsão de uma embarcação.

Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2017).

Figura 22 - IPS, Anodos do sistema de propulsão IPS de uma embarcação.

Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2017).

Corrosão eletrolítica é um processo induzido que pode ocorrer por conta de uma fuga de corrente elétrica, quando há falhas em isolamentos de cabos, equipamentos, componentes elétricos ou circuito elétrico apresenta algum tipo de deficiência ou falha em suas conexões elétricas, os circuitos envolvidos acabam formando correntes parasitas ou correntes de fuga entre os metais ou no circuito do sistemas de aterramento, então, os anodos de sacrifício são deteriorados, sofrendo corrosão e cumprindo o seu papel no sistema. Quando não houver anodo de sacrifício, ocorrerá então a corrosão superficial nas estruturas metálicas ou mesmo furos nas estruturas metálicas.

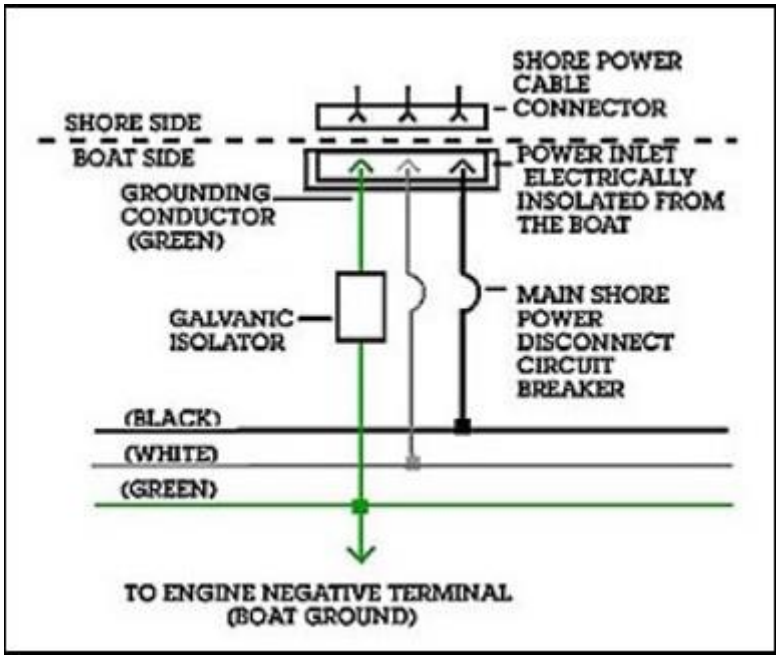
Em instalações elétricas de motores de propulsão e no transpasse de cabos de baterias, devem ser tomados os devidos cuidados, nunca deixar que um condutor carregado passe muito próximo ao fundo do casco de uma embarcação e que de alguma maneira cabos e qualquer parte do cabo assim como parte equipamento do circuito fique no fundo de uma caverna e em área molhada, o campo gerado por um condutor carregado poderia acabar gerado um potencial positivo.

Deixar os cabos em contato com a água é um grave erro, pois se houver qualquer falha no isolamento de um condutor carregado o mesmo pode deixar a água condutora e todo o ambiente eletricamente carregado, como cabos de bateria conduzem tensão CC, a principal fonte de problemas com eletrolise, os anodos se deterioraram muito rapidamente e posteriormente os metais submersos que deveriam estar protegidos, serão alvo da corrosão por eletrolise. Desta maneira as boas práticas devem ser seguidas e as instalações devem ser fixadas de maneira suspensa e presas em espaços curtos para não tencionar as conexões elétricas.

Com o intuito de prevenir a corrosão ocasionada por eletrolise, alguns métodos de instalações são aplicados, com as instruções descritas na norma ABYC, os métodos de instalação são aplicados tendo em vista o funcionamento mais adequado tendo em vista a proteção de sistema de grande importância para uma embarcação, como por exemplo o sistema de propulsão, lemes, flaps e tomadas d`água e plataforma.

Desta maneira um outro equipamento que faz parte do sistema de proteção é o isolador galvânico, que tem como função manter a embarcação isolada galvanicamente de outros barcos afim de evitar que tenha transferência de correntes por estarem no mesmo potencial quando estiverem conectados na energia de tomada de cais da marina.

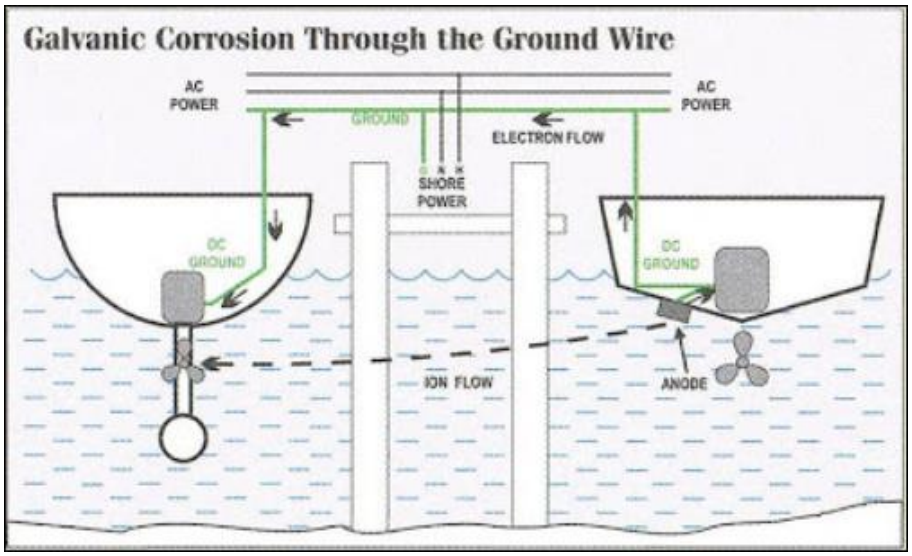
Figura 23 - Exemplo de aplicação do isolador galvânico.



Fonte: newmar.

A seguir segue uma ilustração exemplificando o processo de corrosão galvânica decorrente de falhas elétricas de uma embarcação que acaba por interferir e danificar as estruturas metálicas da embarcação vizinha.

Figura 24 - Exemplo de atuação da corrosão sem o isolador galvânico.

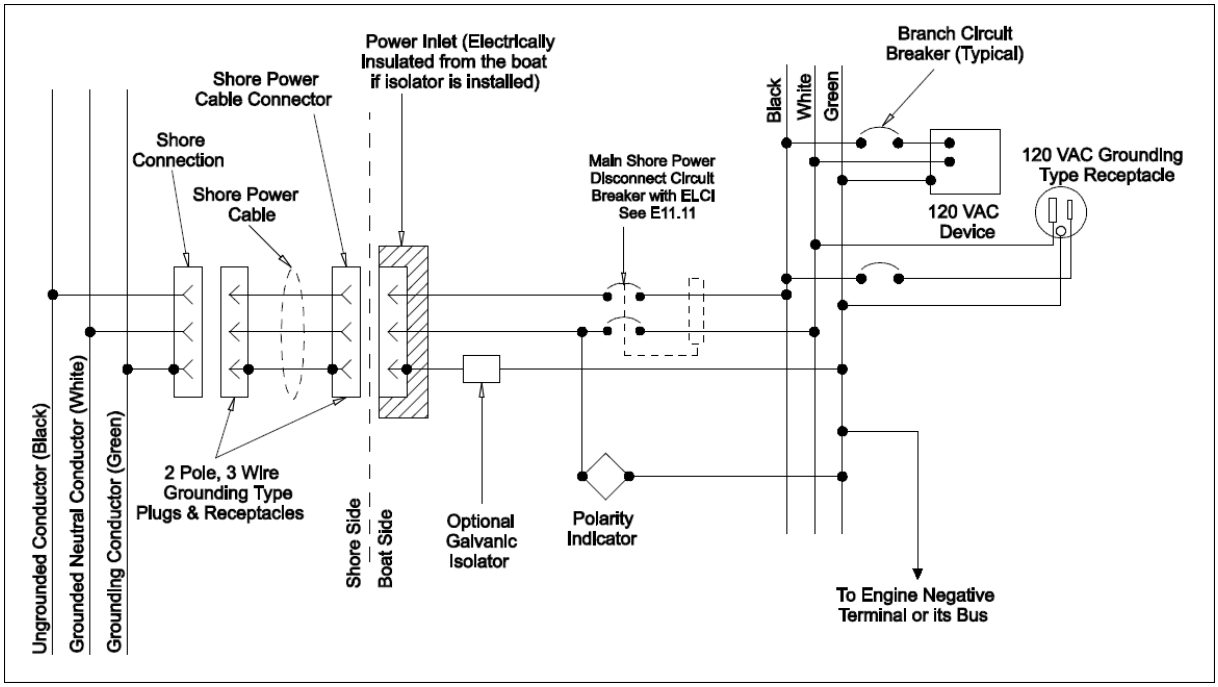


Fonte: Boat Us.

> 11.4.12 galvânico isolador-um dispositivo instalado em série com o cabo de aterramento AC (verde) para a ligação no condutor do cabo de alimentação de marina para efetivamente bloquear a baixa tensão (DC) corrente galvânica, mas permitir a passagem da corrente alternada (AC) normalmente associada com o condutor de aterramento CA (verde). (ABYC E-2 2018, 11.4.12, pg. 3)

Por meio da interligação do cabo de terra disponível nas instalações para conexão do plug de cais das embarcações nas tomadas das marinas, pode circular correntes que acabam ocasionando a corrosão galvânica entre as embarcações próximas.

Figura 25 - Diagrama de ligação energia de terra para embarcações.



Fonte: (ABYC E-11, 2015, pag. 35).

As instalações dos sistemas de aterramento e proteção de uma embarcação, constituídos de 3 subsistemas ligados em barramentos que de certa maneira formam uma rede de proteção.

- Barramento de matais submersos
- Barramento CA
- Barramento CC

2.13 BARRAMENTO DE ATERRAMENTO

O barramento de aterramento consiste em aterrar todas as partes de metal de uma embarcação mesmo que fora da linha d`água que podem sofrem corrosão e que podem ir a se

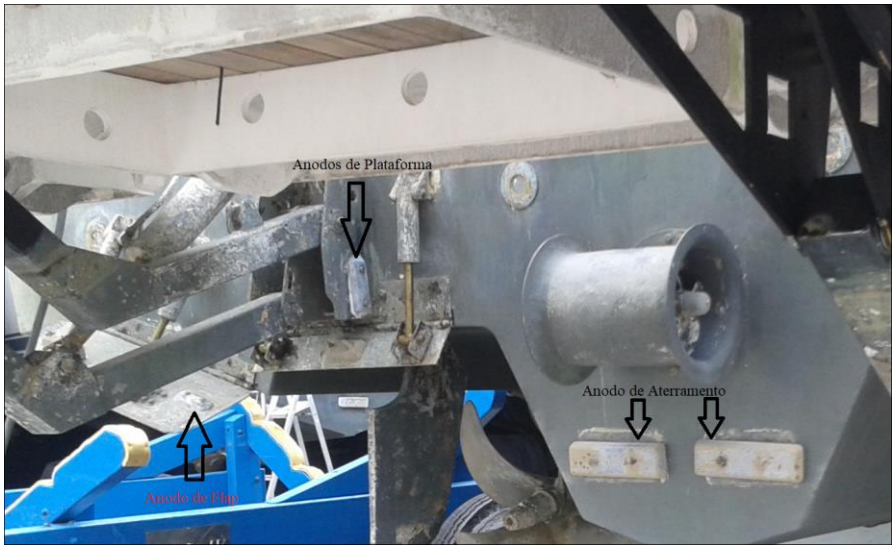
tornar condutoras por conta de alguma falha ou acidente elétrico assim como por causa de uma descarga atmosférica.

> TE-4 Interconnection
> Every metallic should and stay should be connected from the chain plate directly to the lightning protection system, with at least a secondary conductor.
>
> Large metal object such as tanks, engines, electric winches, etc., within six feet (1.8m) of any lightning conductor should be connected to the lightning protection system by means of a secondary lightning conductor.
>
> If the case of electrical equipment is internally connected to the DC negative and the negative cable is #6 AWG or karger this cable may also serve as the secondary lightning conductor.
>
> If the case of the electrical equipment is not internally connected to the DC negative Or the Connection is less Than #6 AWG then a secondary lightning conductor shall be installed.
> ...
> (ABYC TE-4, 2018, pg. 2)

2.14 BARRAMENTO DE METAIS SUBMERSOS

O barramento de metais submersos (equipamentos e estruturas) é formado por cabos de aterramentos de todos os registros hidráulicos, tomadas d`agua, estrutura de aço inox como das plataformas hidráulicas, placas de flaps, luminárias subaquáticas tomadas d`agua dos motores.

Figura 26 - Espelho de popa Schaefer 620, anodos de sacrifício.



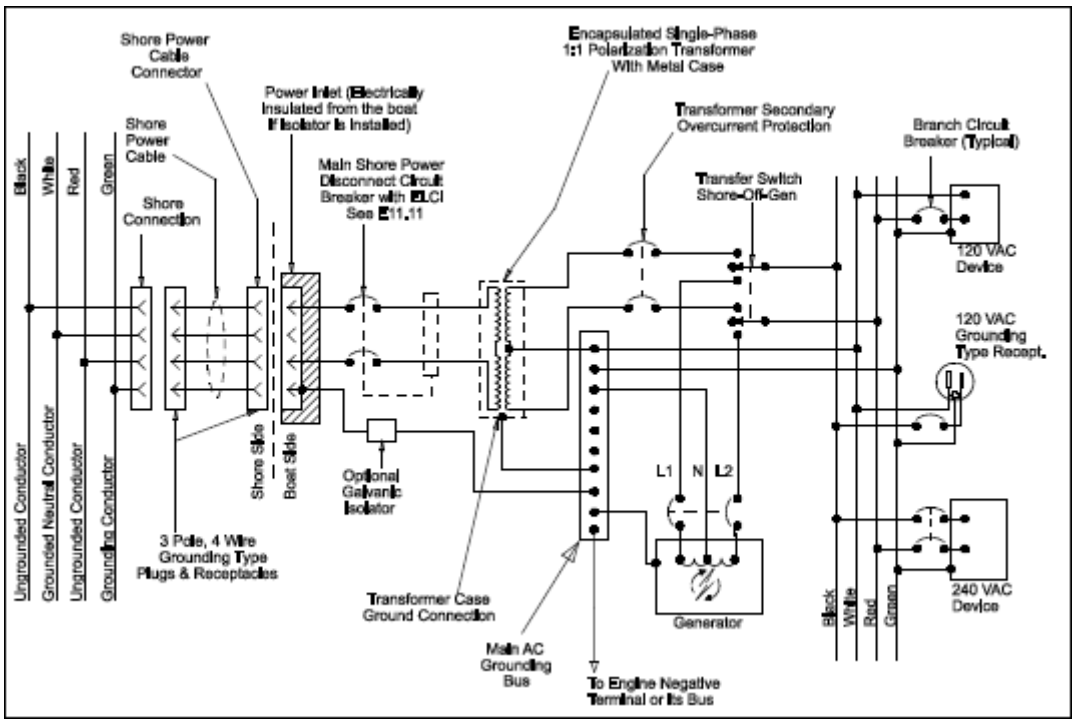
Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2017).

2.15 BARRAMENTO DE ATERRAMENTO CA

Todo o sistema de aterramento CA, ou seja, o cabo terra de todos os circuitos da embarcação deve ser ligado a um barramento de cobre, o sistema de alimentação de energia de terra de uma embarcação deve passar por um transformador isolador, dessa maneira é garantido o isolamento físico entre a tensão do secundário com relação ao primário evitando correntes de fuga através da tomada de energia de terra e do trapiche de marina. Também é instalado um isolador galvânico para evitar correntes de fuga causadas por um possível desequilíbrio da rede de distribuição de energia o que resultaria na presença de tensão no fio terra proveniente da rede de distribuição.

> 11.7.1.1 Transformadores de isolamento - Os dispositivos usados como transformadores de isolamento devem ser encapsulados, tipo seco ou modo de alta frequência / comutação e atender aos seguintes requisitos:
> (ABYC E-11 item 11.7 de 2015)

Figura 27 - Diagrama de ligação energia de terra para embarcações.



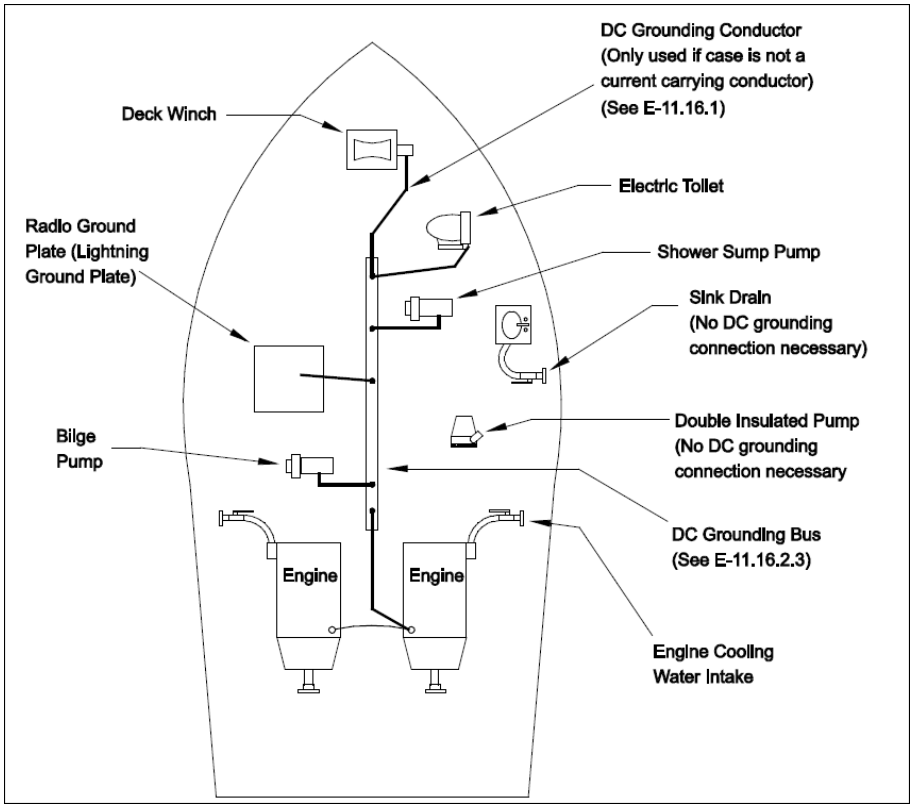
Fonte: (ABYC E-11, 2015, pg. 35).

2.16 BARRAMENTO CC

Todo o sistema elétrico de corrente contínua (CC), é interligado pelo negativo, ou seja, os motores têm seus bancos de baterias interligadas através do negativo, às bombas hidráulicas têm seu negativo interligado a sua carcaça e quando fixadas a um suporte de inox tem esse suporte é aterrado. As baterias de guincho são separadas por dois motivos, o primeiro é devido à distância, como este equipamento fica na extrema proa da embarcação, necessitaria de cabos muito grossos para evitar a queda de tensão, então pelo alto custo dos cabos elétricos é mais econômico instalar baterias perto do motor e outro motivo é porque o motor do guincho em alta potência e poderia causar interferências no sistema elétrico CC, por esse motivo existe um banco de baterias separado, porém os negativos entre os bancos são interligados por um cabo de bateria com secção transversal considerável.

> 11.16.1 Aterramento CC - Se um sistema de aterramento CC for instalado, o condutor de aterramento CC deve ser usado para conectar peças metálicas não condutoras de maquinário CC e blocos de motor ao terminal negativo do motor ou seu barramento com o objetivo de minimizar a corrosão e garantir um caminho para corrente elétrica no caso de uma falha ou curto-circuito (ver FIGURA 16). (ABYC E-11 item 11.16.1).

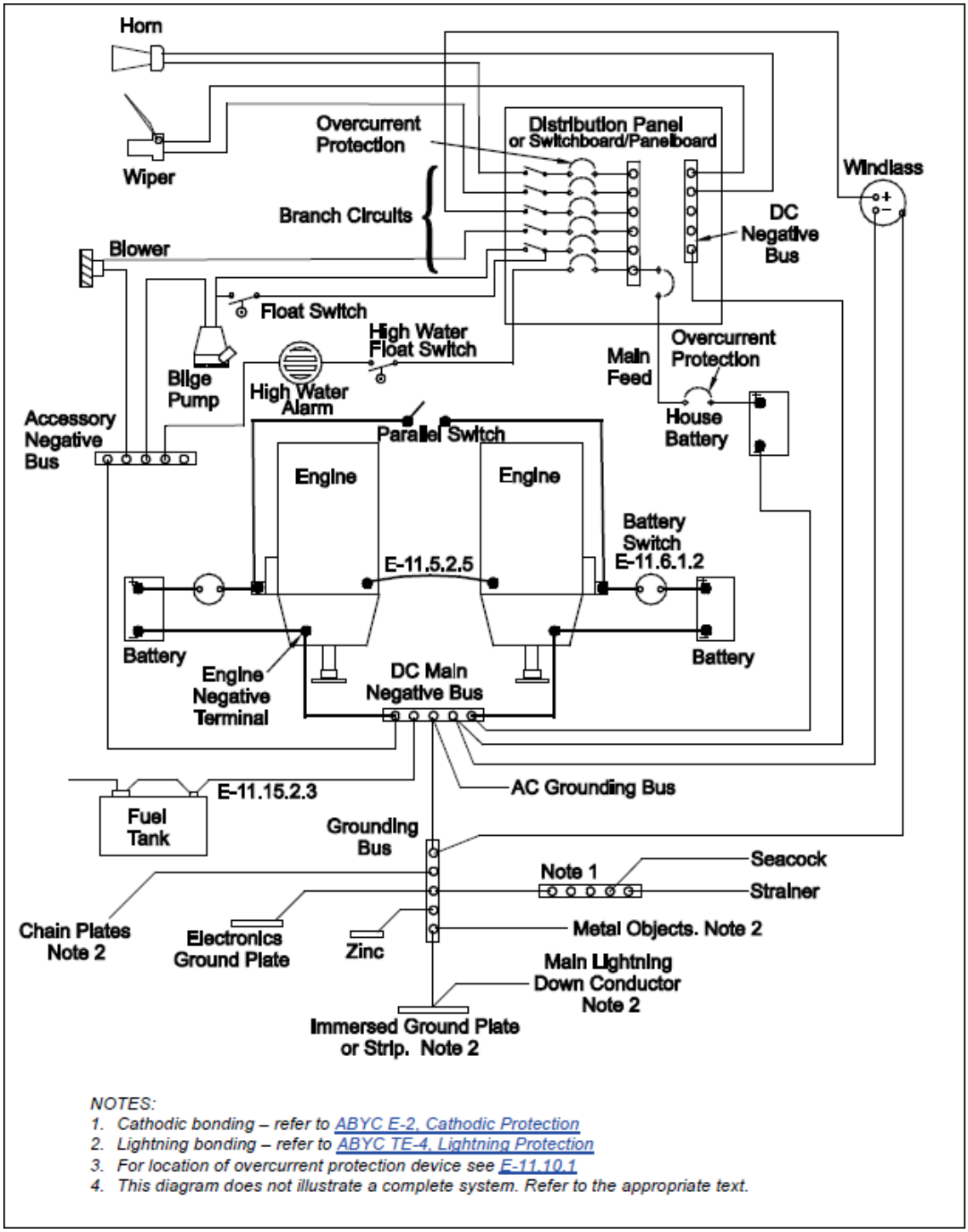
Figura 28 - Diagrama de ligação aterramento negativo.



Fonte: (ABYC E-11, 2015, pag. 35).

Em resumo todos os sistemas CC, ou seja, todas as fontes, bancos de baterias, tem seus negativos comum, isso serve tanto para evitar a corrosão eletroquímica e manter todos os sistemas no mesmo potencial quanto para evitar acidentes entre as instalações, isso é indicado pela norma ABYC como indicado na figura 28.

Figura 29 - Exemplo de ligação energia CC de embarcações



Fonte: (ABYC E-11, 2015, pag. 48).

Ao final, na conclusão das instalações entre os sistemas de instalações que são: aterramento de metais submersos, aterramento CA e aterramento CC, todos barramentos são interligados e é levado um cabo de bateria até o anodo de sacrifício, onde está conclusa as instalações do aterramento.

3 ESTUDO DE CASO

Estudo de caso embarcação Schaefer 640, neste caso será relatado, a maneira com que esse circuito foi testado os métodos usados conforme o manual de instruções sugeridas pelo manual de fabricante de motores Volvo onde há tempos estuda o fenômeno da corrosão.

Características da embarcação:

Modelo da embarcação: Schaefer 620, 62 pés.

Gerador: Onan 21.5 Kw - saída de tensão 220V 60Hz, bifásico.

Motores de propulsão: 02 unidades Volvo, modelo D13, 1200CV.

Sistema de propulsão: Eixo com pé de galinha.

Capacidade tanques de água: 750 litros.

Capacidade de combustível: 3000 litros, divididos em 2 tanque de fibra de vidro.

Baterias, 13 unidades Moura 105 e 150A, nas seguintes configurações:

Banco 01: Serviço e consumo, 06 baterias em 24V, total 450A.

Banco 02: Baterias guincho de proa, 02 baterias em 24V, total 150A.

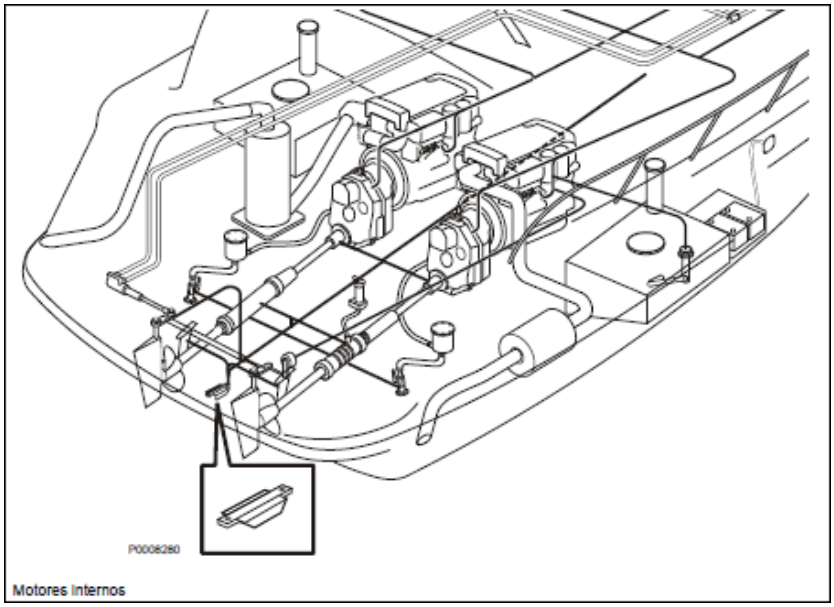
Banco 03: 01bateria gerador, 12V, total 105A.

Banco 04: Baterias motor bombordo, 02 baterias em 24V, total 150A.

Banco 05: Baterias motor boreste, 02 baterias em 24V, total 150A.

A embarcação permanece em Ilha Bela, litoral do estado de São Paulo.

Figura 30 - Exemplo motores internos com linha de eixo.



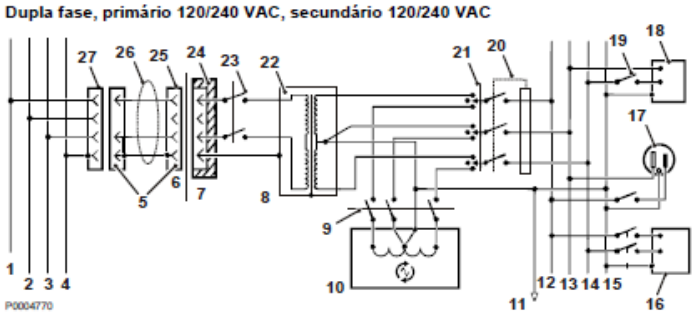
Fonte: (Volvo, 2017, pg. 79).

Primeiramente foi revisado o sistema de tensao de energia de terra e gerador para nos certificar que o sistema está com o plano inicial e como sugere as regras:

Figura 31 - Diagrama de ligação energia CA de embarcações.

Arranjo e planejamento, Corrosão eletroquímica

Dupla fase, primário 120/240 VAC, secundário 120/240 VAC



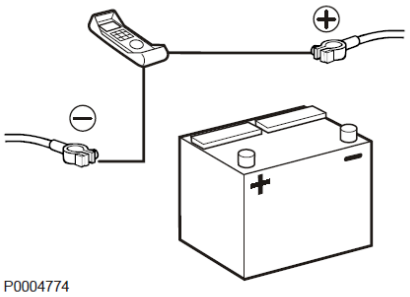
1 Fase
2 Zero
3 Fase
4 Massa de proteção
5 Conector do tipo pino aterrado 3 polos e soquete de 4 condutores
6 Lado da costa
7 Lado do barco
8 Proteção do transformador
9 Disjuntor, alternador
10 Alternador (acessório)
11 Para o barramento negativo DC e placa de massa, barco
12 Fase
13 Zero
14 Fase
15 Massa de proteção
16 Sistema de 240 V AC
17 Massa 120 VAC, soquete fêmea
18 Sistema de 120 V AC
19 Disjuntor separado (típico)
20 GFCI
21 Chave de comutação, terra/alternador
22 Transformador encapsulado isolado de fase simples 1:1 com proteção metálica
23 Chave geral, alimentação de costa, com proteção de sobretensão
24 Alimentação de tensão (isolada eletricamente do barco)
25 Conector, cabo de alimentação da costa
26 Cabo de alimentação de costa
27 Conexão da costa

82 47704159 04-2017 © AB VOLVO PENTA

Fonte: (Volvo, 2017, pg. 82).

Em um segundo momento foi aberto os circuitos no barramento de fusíveis para medir a resistividade no circuito, como indicado no manual volvo e ilustrado na figura 29:

Figura 32 - Verificação de fugas no sistema elétrico.



Verificar duas vezes para ver a resistência no circuito:

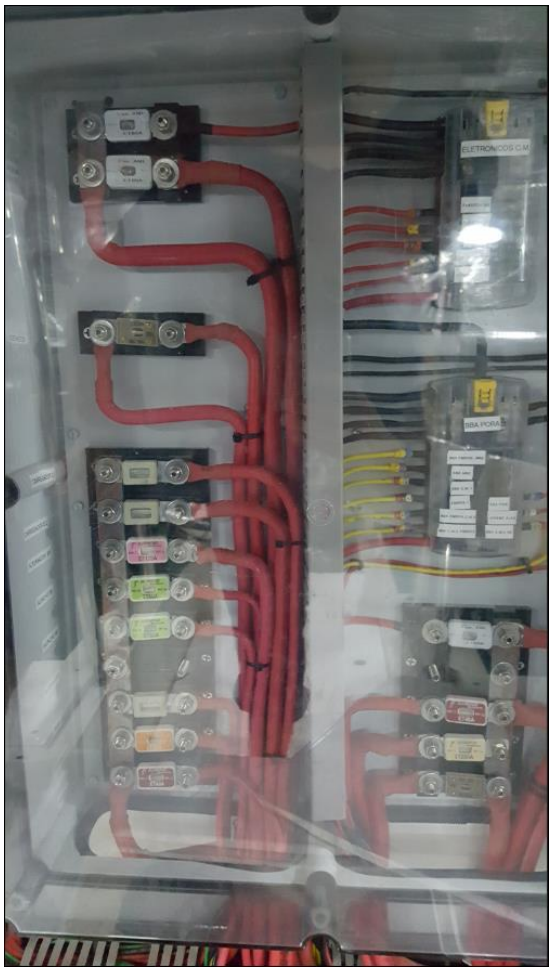
1. Posicionar o multímetro em Ohms.
2. Conectar o cabo de teste preto ao conector negativo solto e o cabo de teste vermelho ao conector positivo solto. Você deve obter agora uma leitura da resistência do circuito.

NOTA! Determinados equipamentos também podem provocar uma fuga de corrente quando desligados, como um rádio, relógio ou bomba automática de porão. Estes equipamentos devem ser desconectados.

47704159 04-2017 © AB VOLVO PENTA 85

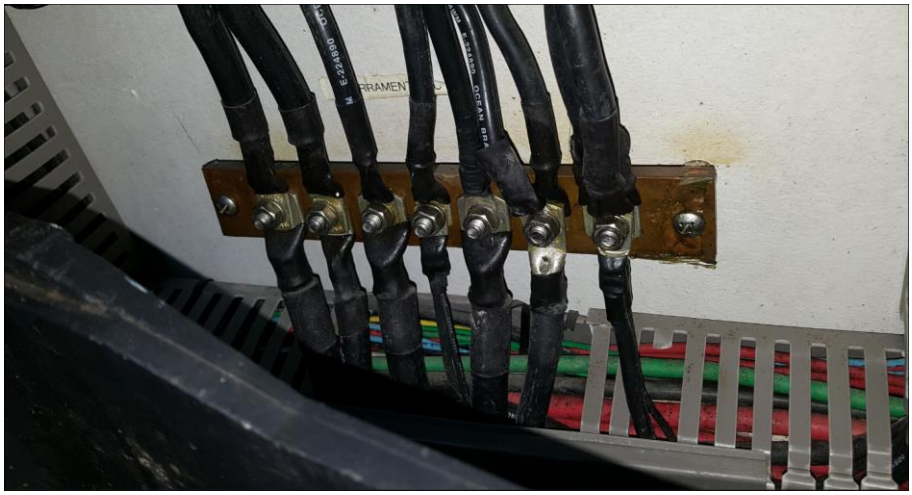
Fonte: (Volvo, 2017, pg. 85).

Figura 33 - Barramento de fusíveis do sistema elétrico 24Vcc.



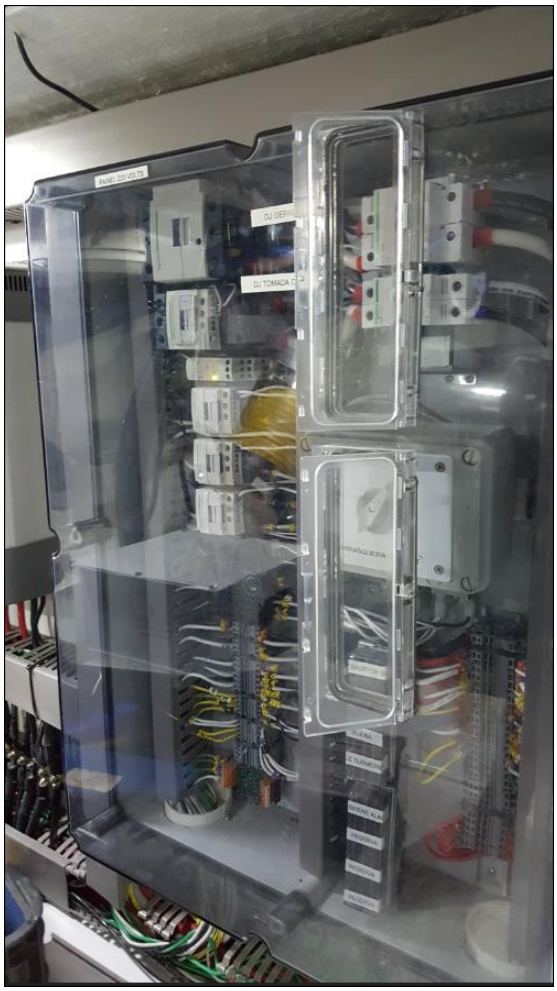
Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2017).

Figura 34 - Barramento de negativos sistema elétrico 24Vcc.



Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2017).

Figura 35 - Barramento de fusíveis do sistema elétrico 24Vcc.



Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2017).

Figura 36 - Barramento de aterramento geral.

Fonte: (GUTIHA JUNIOR, Marcos Luiz, 2017).

Anotações feitas na inspeção desta embarcação:
Medida feita com eletrodo calomelano:

- Foram feitas as medições sugeridas pelo manual Volvo na página 86 e também verificamos que as ligações estão como sugeridas no manual volvo, nas pagina 82 (instalações AC) e 229 (baterias de serviço e motores).

- Durante as medições foram verificadas que as partes estão interligadas como sugere o manual e as regras, e não foi encontrada resistência entre os circuitos interligados.

- Não temos fuga de tensão em nenhum dos componentes do quadro de fusíveis (bombas, passarela, flap e etc).

- Não encontrei tensão DC na água da caverna por fuga dos cabos de bateria.

- As medidas tomadas com o eletrodo de Calomelano (eletrodo de referência, ferramenta de teste de corrosão galvânica) e as medidas indicaram que os anodos de espelho de popa estão atuando, mas as medidas são de -970mV e parecem que estão muito justas para aquele ambiente. Conforme o relato do marinheiro é que o anodo é trocado no limite, então o ideal é que na próxima vez que o barco subir, precisa ser acrescentado um anodo e interligado ao anodo existente.

- A resistência encontrada no circuito de serviço 7.9 k ohms.

- A resistência encontrada no circuito de consumo 7 k ohms.

- A resistência encontrada no circuito do alternador de serviço/consumo 70 k ohms.

O marinheiro relatou que quando mergulha para limpar o casco do barco, ele evita mexer nos anodos para que o mesmo não se desfaça; o ideal é que quando o anodo estiver com mais ou menos 60% do seu tamanho original, o mesmo seja substituído por outro anodo novo, abaixo desse tamanho, o anodo já não faz a proteção como deveria.

Foi repassada a orientação para interligar os blocos dos motores, como solicita o manual, nesse caso não há essa interligação e os motores ficam em potenciais diferentes. Nas fotos em anexo o motor de BB está oxidando os coxinhos mais que o Motor de BE, do que se trata do mar isso pode acontecer devido a maresia que aumenta a condutividade mais os motores teriam que trabalhar iguais, sem diferença de potencial.

Segue apêndice.

Data da inspeção 30/10/2017

4 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO ELETRONICA

Após a análise dos sistemas de proteção, metais envolvidos da forma que é proposta a ligação de um sistema de proteção de metais submersos, minha proposta se trata de um sistema eletrônico onde vários sensores ligados aos barramentos de metais da embarcação monitora em tempo real e o potencial de cada barramento e os mantem no potencial certo de maneira a evitar a corrosão galvânica.

> A corrente necessária para a proteção pode ser gerada de duas formas. Com ânodos galvânicos ou aplicando uma corrente. Se forem usados os ânodos galvânicos, a corrente é gerada conectando o objeto protegido com um metal menos nobre (ânodo). A diferença de potencial elétrico gera uma corrente de proteção galvânica. Pode-se dizer que a corrosão é transferida para o ânodo, e é por isso que eles são referenciados como ânodos galvânicos ou de sacrifício. (Volvo, 2017, P.75).

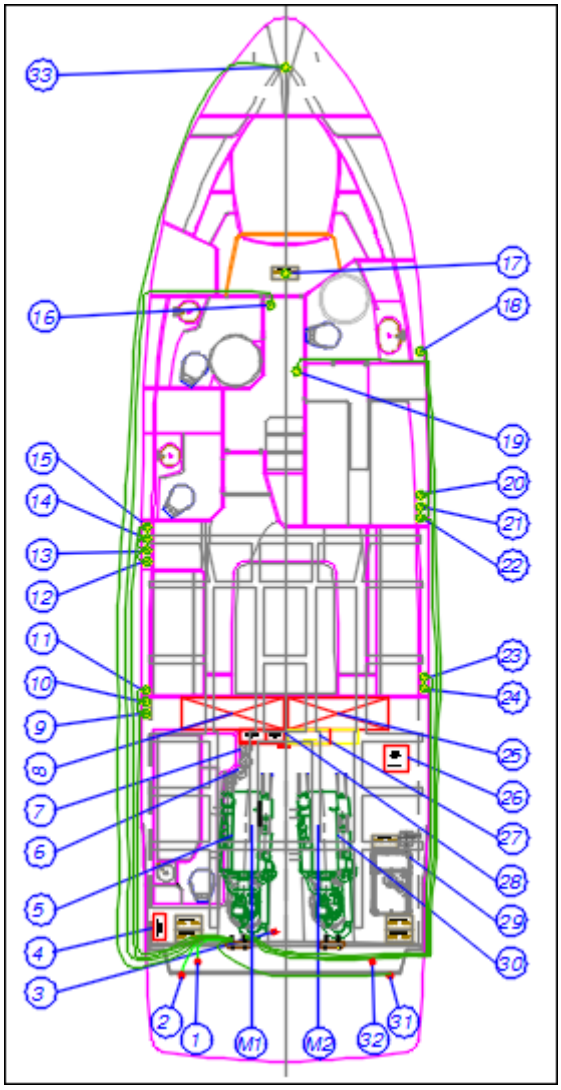
4.1 BARRAMENTOS

Os circuitos elétricos acoplados em cada barramento terão de ser tratado de maneira distinta, cada qual com a sua classe e tipo de material exata. Os metais de inox 316L terão seu barramento exclusivo, assim como cada tipo de metal deverá ter seu barramento exclusivo, inicialmente subdividido em:

- Barramento de aço inoxidável.
- Barramento de metais submersos fabricados em bronze.
- Barramento de negativos de bateria.
- Barramento de aterramento AC.
- Barramento de aterramento metais expostos ao ar e maresia.
- Barramento de matais do sistema de propulsão.
- Barramento dos anodos de proteção.

Cada barramento será monitorado por um sensor que mandará informações sobre o status daquele barramento e por consequência o estado do circuito acoplado a esse barramento.

Figura 37 - Metais aterrados.



Fonte: (SCHAEFER, Engenharia, 2016).

Tabela 2 - Identificação de itens aterrados.

IDENTIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	
1	PLACA E CILINDRO FLAP BB
2	BRAÇO PLATAFORMA BB
3	SUPORTE DAS BOMBAS HIDRAULICAS
4	TRANSFORMADOR ISOLADOR
5	ENTRADA ÁGUA MOTOR BB
6	FILTRO COMBUSTIVÉL MOTOR BB
7	FILTRO COMBUSTIVÉL MOTOR BE
8	TAMPA TANQUE DE COMBUSTÍVEL BB
9	RESPIRO TANQUE BB
10	BOCAL ABASTECIMENTO TANQUE BB
11	SAÍDA AR CONDICIONADO SALÃO POPA
12	RESPIRO DA CAIXA ÁGUA SERVIDA
13	SAÍDA BOMBA PORÃO MEIA NAU
14	SAÍDA CAIXA ÁGUA SERVIDA
15	SAÍDA AR CONDICIONADO
16	SAÍDA CAIXA ÁGUAS NEGRAS
17	BATERIA DO GUINCHO DE PROA
18	RESPIRO CAIXA ÁGUAS NEGRAS
19	ENTRADA DE ÁGUA SALGADA
20	SAÍDA AR CONDICIONADO SALÃO PROA
21	SAÍDA AR CONDICIONADO CABINE VIP
22	SAÍDA AR CONDICIONADO CABINE BE
23	RESPIRO TANQUE DE ÁGUA
24	RESPIRO TANQUE DE COMBUSTÍVEL
25	TAMPA TANQUE DE COMBUSTÍVEL DE BB
26	MOTORES GELADEIRA
27	PAINEL ELÉTRICO
28	BANCO DE BATERIAS
29	GERADOR 11,5Kw
30	ENTRADA DE ÁGUA MOTOR BE
31	BRAÇO PLATAFORMA BE
32	PLACA E CILINDRO FLAP BE
33	GUINCHO DE PROA
M1	MOTOR BB
M2	MOTOR BE

Fonte: (SCHAEFER, Engenharia, 2016).

4.1.1 Interligação dos metais aos barramentos.

As interligações dos metais aos barramentos terão de seguir um padrão muito criterioso, sendo que o funcionamento perfeito do sistema depende da precisão da leitura do potencial dos metais do sistema, desta maneira as interligações têm de ter a menor resistividade possível entre os metais, conexão e sensores de referência.

4.1.2 Metais adicionais

Caso tenha a adição de algum metal ou sistema adicionado a embarcação, terá de ser feito um barramento a parte e o mesmo será tratado de maneira distinta com sensor especifico.

4.2 ANODOS

Para trabalhar nesse sistema eletrônico de proteção, os anodos possivelmente serão alterados o seu tipo para outro metal de sacrifício que tenha um pouco mais de resistência que o zinco, porém deverá estar abaixo dos demais metais a serem protegidos.

4.3 SENSORES

Os sensores acoplados aos barramentos terão de ter sensibilidade de pelo menos 1mV, tratarão de informar ao sistema eletrônico o potencial de cada barramento, bem como dará o status de circuito aberto caso aconteça uma falha nas conexões elétricas, problemas que interrompam o circuito ou qualquer outra anomalia presente.

4.4 CENTRAL ELETRONICA DE MONITORAMENTO

A central eletrônica fara a leitura dos vários sensores e com base nas tabelas dos potenciais elétricos, correspondentes a cada tipo de metal envolvido fará as leituras e com base nas informações obtidas a mesma central deverá fazer uma compensação de fazendo com que cada barramento tenha o seu potencial equilibrado e sempre superior ao barramento dos anodos visando maximizar a eficiência do sistema de proteção catódica.

A central também deverá informar em tempo real a situação dos sensores de leitura bem como o potencial de cada barramento e alarmes de avarias, ausência do circuito, excesso de tensão e falta dos anodos da proteção catódica.

4.5 STATUS DO SISTEMA

O sistema terá um leitor que informará o status do sistema bem como qualquer avaria poderá ser alertada com um alarme sonoro que poderá ser silenciado através do painel de controle da central eletrônica. O sistema também poderá ser desativado para uma eventual manutenção ou troca de sensores o outro componente do circuito.

As avarias disponíveis no leitor deverão ser informadas por meio de um código simples com caracteres alfanuméricos que corresponderão a uma falha especificada em uma tabela indicando o circuito ou causa do referido problema.

Ao lado do leitor do sistema poderá ter leds nas cores verde para indicar que o sistema está "OK", e vermelho para indicar que tem alguma avaria no sistema.

4.6 ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO

Enquanto a embarcação permanece na água o sistema deverá permanecer ativo, por esse motivo a alimentação do sistema deverá ser feita em corrente continua por uma bateria de baixa tensão.

> Nesse processo o fluxo de corrente fornecido origina-se da força eletromotriz (fem) de uma fonte geradora de corrente elétrica contínua, sendo largamente utilizados na pratica os retificadores que, alimentados com corrente alternada, fornecem a corrente elétrica continua necessária à proteção de estrutura metálica.
>
> Para a dispersão dessa corrente elétrica no eletrólito são utilizados anodos especiais, inertes, com características e aplicações que dependem do eletrólito onde são utilizados... (GENTIL, 1996, P.269).

Na entrada do sistema deve ter um carregador que terá duas ou mais fontes de alimentação para garantir a continuidade de fornecimento de energia para o sistema, as duas fontes de alimentação isoladas para garantir que sempre estará ativo e sem problemas de interferência por falha no isolamento entre as fontes de alimentação, desta maneira a proteção catódica não correrá o risco de sofrer alguma avaria por conta de uma falha no sistema de alimentação. Como o sistema terá baixo consumo, as fontes poderão ser diretamente em

corrente continua sendo que a principal seria de uma célula fotovoltaica e a fonte secundaria proveniente de um banco de baterias.

4.6.1 Fonte principal de energia

A alimentação principal do sistema é feito através de uma bateria de 6V, desta maneira se torna mais fácil recarregar o sistema através de células fotovoltaicas e manter o dispositivo eletrônico sempre ativo, os cabos de alimentação deverão ter comprimento limitado. Quanto ao nível de tensão, 6V é o suficiente para manter os sistemas em equilíbrio, uma vez que a diferença de tensão entre os barramentos dos sistemas não atingirá esse nível de tensão.

4.6.2 Célula fotovoltaica

Essa alimentação deverá ter uma placa para geração de energia em um ponto mais alto da embarcação, onde será possível aproveitar energia durante todo o dia para carregar a bateria que será a principal fonte do sistema. Na saída da célula deverá ter um controlador de carga para alimentar o sistema sempre na tensão correta.

4.6.3 Carregador secundário

O carregador secundário será alimentado pelo banco de baterias que dependendo da embarcação poderá ser 12 ou 24Vcc, o carregador tem que ter tolerância de tensão até 30V, pois quando os carregadores do banco de baterias de serviço da embarcação estão em funcionamento os mesmos podem manter a tensão de carregamento em 29,2V.

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Esse sistema proposto visa disponibilizar aos sistemas de metais submersos dos barcos a proteção por meio do equilíbrio do potencial elétrico para cada tipo de material que está envolvido no sistema, desta maneira a sistema terá uma blindagem entre os sistemas evitando a corrosão entre os metais da própria embarcação e assim beneficiando todas as estruturas metálicas reduzindo o custo com manutenção e eventualmente problemas relacionados a falhas nos sistemas decorrente da corrosão galvânica.

5 CONCLUSÃO

Os métodos de proteção catódica são extremamente simples, entretanto devem ser planejados e instalados com o mais devido cuidado, usando materiais de boa qualidade, cabos estanhados e terminações bem-feitas, protegidas, afastadas da água ou umidade para evitar ao máximo uma suposta fuga de corrente ou resistividade em um cabo de aterramento.

Sistemas de proteção que não tem a devida manutenção acabam prejudicando periféricos que estão interligados ao sistema, como por exemplo, em barcos que tem terminais oxidados ou com falta dos anodos acabam por causar oxido-redução devido ao efeito da pilha galvânica, em sistemas de extrema importância, como por exemplo, os hélices ou rabetas dos motores.

Ao final temos visto que a corrosão é um processo natural para os metais que tem origem mineral sob a forma de compostos, e que passaram por um processo de industrialização e tratamento tendem a voltar a sua forma original através da oxidação por ação química ou eletroquímica. Essas ações podem ou não estar alienadas à trabalhos mecânicos. Segundo GENTIL, “em alguns casos, pode-se admitir a corrosão como o inverso do processo metalúrgico”. Não falou nada sobre o dispositivo de proteção eletrônica...

Com isso fica a sugestão do dispositivo de proteção que tem a intensão de manter o equilíbrio do potencial elétrico característico de cada tipo de metal especifico. Esse dispositivo tem como base o principio de prevenção contra a corrosão sugerida por sistema de corrente impressa.

REFERÊNCIAS

Disponível em: <https://abycinc.org/BlankCustom.asp?page=websearch>. Acesso em 27 maio 2018.

Disponível em: <http://www.boatus.com/>. Acesso em 02 jun. 2018.

Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6348-corrosao-em-agua-salgada#.WxsA6IpKhPZ>. Acesso em 08 jun. 2018

Disponível em: <http://www.clubedoarrais.com/cavitacao-de-helices/>. Acesso em 31 maio 2018.

Disponível em: <https://www.grupohumma.com.br/biblioteca/Passiv_farma.pdf>. Acesso em 23 abril 2018.

Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16811/16811_3.PDF>. Acesso em 23 abril 2018.

Disponível em: <http://mecanicoanvs.blogspot.com/p/corrosao-apostila.html>. Acesso em 08 jun. 2018.

Disponível em: <http://www.psicompany.com/newmar-gi-100-galvanic-isolator/>. Acesso em 01 jun. 2018.

Disponível em: <https://pt.depositphotos.com/search/estrutura-da-molecula-a%C3%A7o-inox.html?qview=31521125>. Acesso em 30 maio 2018.

Disponível em: <https://pt.depositphotos.com/search/a%C3%A7o-inoxid%C3%A1vel.html?qview=14726985>. Acesso em 30 maio 2018.

Disponível em: <http://www.sucatascuritiba.com.br/compro-sucata-de-bronze.html>. Acesso 06 jun. 2018’

Disponível em < http://www.suloxidos.com.br/anodos-zinco-180>. Acesso em 27 maio 2018.

Disponível em: <https://www.walter.com/documents/186835/1196568/Passivation_Br.pdf/73e76403-89c4-453a-ba44-095a0d47db77>. Acesso 28 maio 2018.

CHIAVERINI, Vicente. Aços e Ferros fundidos. 4ªed. São Paulo, Associação Brasileira de Metais, 1977.

GENTIL, Vicente. Corrosão. 3ª ed. Rio de Janeiro. Editora S.A, 1996.

COSTA, Luiz V. Vicente. Corrosão. 3ª ed. Rio de Janeiro. Editora S.A, 1996.

VANIN, José Atílio, Alquimistas e químicos: O passado e o futuro. São Paulo: Moderna 2010.

UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

Declaração

Declaramos que o aluno(a)(s) Marcos Luiz Gutiha Junior, regularmente matriculado(s) na disciplina de TCC em Engenharia Elétrica, realizou (realizaram) a sua defesa no dia abaixo epigrafado, nas dependências desta Universidade, no seu Campus de Grande Florianópolis, Unidade Pedra Branca, recebendo pela banca avaliadora a nota provisória 9,5.

O(s) acadêmico(s) fica(m) ciente(s) que esta nota somente será inserida no sistema acadêmico caso cumpram os requisitos:

1. Inserir na Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso as modificações sugeridas pela banca;
2. Submeter ao repositório RIUNI, em PDF/A, o TCC corrigido até o **dia 07/07/2018** próximo, a versão final do trabalho em conformidade com o item 1;
3. A cópia Eletrônica, que será submetida ao repositório, deve ser gravada juntamente com a folha de assinaturas, devidamente assinada pelos membros da banca, que deve ser escaneada e inserida no arquivo PDF/A.

A inobservância de qualquer um dos itens acima listados invalida a nota provisória dada a esta data.

Palhoça, 27 de Junho de 2018

Banca Avaliadora:

Profa. Sheila Santisi Travessa

Eng. Eduardo Nercolini

Eng. Marcelo César dos Reis

Professora da Disciplina:

Sheila Santisi Travessa

Campus Universitário de Tubarão - Sede: Av. José Acacio Moreira, 787 - B. Dehon - 88704-900 - Tubarão - SC - Fone: (48) 3621-3000
Unidade Universitária de Araranguá: Rodovia Governador Jorge Lacerda, 3201 - Jardim São Antônio - 88905-000 - Araranguá - SC - Fone: (48) 3521-1000
Unidade universitária de Braço do Norte: Rodovia SC 482 - Km 35 - 88750-000 Braço do Norte - SC - Fone: (48) 3056-1349
Unidade universitária de Imaruí: Rua Lima Tito Riberiro, s/nº - Loteamento Centenário - Bairro Lili - 88820-000 - Imaruí - SC - Fone: (48) 3622-3000
Unidade Universitária de Imbituba: Rua Santana, 30F - Portal da Vila - Vila Nova - 88780-000 Imbituba - SC - Fone: (48) 3255-3884
Campus Universitário da Grande Florianópolis Pedra Branca - Av. Pedra Branca, 25 - Cidade Universitária Pedra Branca - 88137-270 - Palhoça - SC - Fone: (48) 3279-1000
Unidade Universitária Ponta de Imaruim - Rua João Pereira dos Santos, 161 - Barra Morta do Imaruim - 88139-415 - Palhoça - SC - Fone: (48) 3279-1000
Unidade Universitária da Ilha de Ilha: Rodovia SC 401 - Km 19 - 88000-001-Florianópolis - SC - Fone/Fax: (48) 3279-1000
Unidade Universitária Pedra Ponta: Rua Padre Roma, 404 - Centro - 88010-080 - Florianópolis - SC - Fone: (48) 3279-1000
Unidade Universitária Ilha Centro: Rua Trajano, 219 - Centro - 88010-010 - Florianópolis - SC - Fone: (48) 3279-1000
Home page: http://www.unisul.br