

## **PROTEÇÃO CATÓDICA**

# **CRITÉRIOS PARA SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA EM ESTRUTURAS MARÍTIMAS**

**NOTA:**

A Associação Brasileira de Corrosão alerta os usuários: o uso de suas recomendações práticas requer conhecimento e experiência. O uso inadequado das mesmas e consequentes resultados impróprios não se constituem responsabilidade da Associação.

## **COMPOSIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO**

O Grupo de Trabalho responsável pela elaboração da presente Recomendação Prática é constituído pelas seguintes pessoas:

Aldo Cordeiro Dutra - ABRACO - Coordenador do GT  
Telefone: (21) 2516-1962 - Ramal 31,  
Celular: (21) 98105-9051  
E-mail: aldodc@gmail.com, acdutra@abraco.org.br

Laerce de Paula Nunes - IEC  
E-mail: laercenunes@iecengenharia.com.br  
Telefone: (21) 2159-9250

Antônio Carlos Pires Caetano – IEC  
E-mail: acaetano@iecengenharia.com.br  
Telefone: (21) 2159-9279

Anderson Teixeira Kreischer - IEC  
E-mail: ateixeira@iecengenharia.com.br  
Telefone: (21) 2159-9286

João Paulo Klausling Gervásio  
Petrobras - Proteção Catódica – Engenharia de Dutos  
Telefone (21) 2166-3019 - (21) 99549-4225  
E-mail: joaoklausling@petrobras.com.br

## **SUMÁRIO**

<b><u>1.0</u> OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b><u>2.0</u> NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....</b>	<b>4</b>
<b><u>3.0</u> TIPOS DE ESTRUTURAS.....</b>	<b>5</b>
<b><u>4.0</u> ASPECTOS GERAIS .....</b>	<b>5</b>
<b><u>5.0</u> CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO .....</b>	<b>6</b>
<b><u>5.0</u> INSTALAÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS.....</b>	<b>7</b>
<b><u>7.0</u> PRÉ-OPERAÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS .....</b>	<b>8</b>
<b><u>8.0</u> INSPEÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS .....</b>	<b>8</b>

## **1.0 OBJETIVO**

Esta Recomendação Prática estabelece orientações a serem observados na definição de critérios para sistemas de proteção catódica de instalações marítimas.

## **2.0 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

As normas e os documentos relacionados com a proteção catódica são apresentados a seguir.

ABNT NBR 16460:2016 Emenda 1:2017  
Anodos de liga de magnésio para proteção catódica

ABNT NBR 16460:2017  
Anodos de liga de magnésio para proteção catódica

ABNT NBR ISO 15589-1:2016  
Indústrias de petróleo, petroquímica e gás natural - Proteção catódica de sistemas de transporte por dutos Parte 1: Dutos terrestres

ABNT NBR 10387:2016  
Anodos de liga de alumínio para proteção catódica

ABNT NBR 9240:2016  
Anodos de liga de ferro-silício-cromo para proteção catódica

ABNT NBR 9241:2016  
Anodos de grafite para proteção catódica

ABNT NBR 9358:2016  
Anodos de liga de zinco para proteção catódica

ABNT NBR ISO 15589-2:2015  
Indústrias de petróleo, petroquímica e gás natural - Proteção catódica de sistemas de transporte por dutos Parte 2: Dutos submarinos

ABNT NBR 16294:2014 Errata 1:2015  
Anodos de titânio com óxidos de metais nobres para proteção catódica

ABNT NBR 11105:2015  
Voltímetro e eletrodo de referência de Ag/AgCl para proteção catódica - Ensaio de aferição

ABNT NBR 15653:2014  
Critérios para qualificação e certificação de profissionais de proteção catódica

ABNT NBR 16294:2014 Errata 1:2015  
Anodos de titânio com óxidos de metais nobres para proteção catódica

ABNT NBR 16265:2014  
Inspeção de anodos para proteção catódica

ABNT NBR 12312:1991  
Dimensionamento da proteção catódica galvânica de embarcações marítimas de aço – Procedimento

ABNT NBR 7415:1991  
Proteção catódica de embarcações durante a construção

ABNT NBR 7403:1991  
Proteção catódica galvânica de carena, caixas de mar, tanques de lastro, de carga/lastro e de porões alagáveis em embarcações de aço

DNV-RP-B401 -Recommended Practice -Det Norske Veritas – Cathodic Protection Design.

### **3.0 TIPOS DE ESTRUTURAS**

Para os efeitos deste documento são consideradas fundamentalmente as seguintes estruturas.

- Dutos de transporte submarino para petróleo, gás e água.
- Pieres, cais de atracação de navios e embarcações.
- Plataformas fixas e semissubmersíveis.
- Navios, embarcações, FPSO (“Floating Production Storage and Offloading”), boias e arvores de natal molhadas e coletores (manifolds) submarinos.

### **4.0 ASPECTOS GERAIS**

Na definição dos sistemas de proteção catódica de instalações marítimas, os seguintes aspectos devem ser observados.

- Devem ser definidas as características gerais do meio, tais como: resistividade elétrica, pH, teor de oxigênio, velocidade do fluido, lâmina d’água, dentre outros.
- Considerar a área a proteger a partir do projeto da estrutura e considerar eventuais perdas para outras estruturas, tais como píeres, cais, outras embarcações, dentre outros.
- Nas estruturas de grande porte devem ser consideradas três etapas da proteção catódica, sendo uma para polarização, uma para manutenção da proteção e uma terceira para a parte final (terço final de vida do sistema) após longo período de proteção com a formação de uma significativa camada calco-magnésica.

- As estruturas marítimas podem ser protegidas por sistemas galvânicos ou por corrente impressa. A escolha do tipo de sistema mais adequado do ponto de vista técnico e econômico deverá ser feita em função do porte da estrutura, eficiência do revestimento, risco de fragilização por hidrogênio, dentre outros critérios.
- Na proteção catódica de navios e embarcações devem ser considerados dois sistemas independentes, sendo um para a região de popa e outro para o restante da embarcação.
- Nos navios e embarcações deve-se considerar a pilha galvânica formada entre o aço do casco e o hélice, normalmente de bronze naval.
- Nas embarcações com cascos de alumínio, a proteção deverá ser feita com anodos galvânicos de liga de zinco.
- Estruturas com demanda variável de corrente, como por exemplo navios, deverão ter a injeção de corrente de proteção catódica controlada em função do potencial estrutura/água, utilizando retificadores de controle de potencial.
- Os anodos galvânicos podem ser soldados, aparafusados ou conectados por meio de grampos. Os anodos aparafusados e conectados por grampos devem ter parafusos de conexão elétrica.
- Os anodos galvânicos para dutos submarinos devem ser do tipo braçadeira ou grupados em *skids* e conectados ao duto por meio de cabo elétrico por soldagem ou por grampos de fixação.
- O potencial de proteção para o aço deve ser mais negativo que - 0,80 V em reação ao eletrodo de Ag/AgCl ou mais negativo que + 0,25 V em relação ao eletrodo de referência de zinco puro.
- Nos sistemas por corrente impressa podem ser usados os critérios para especificação da fonte, indicados na Recomendação Prática ABRACO – RP-PTC – 002, nos seus aspectos gerais.
- Em estruturas sujeitas à fragilização por hidrogênio atenção especial deve ser observada quanto ao potencial de polarização e igualmente com estruturas revestidas para se evitar o empolamento do revestimento.

## **5.0 CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO**

- Deve ser dado tratamento diferenciado aos trechos submersos e enterrados no fundo do mar previstos em projeto.
- Deve ser considerado, no dimensionamento, toda a área a ser protegida, incluindo acessórios e apêndices.

- As densidades de corrente inicial, média e final para os trechos submersos e enterrados no fundo do mar, podem ser estabelecidas em função do local da instalação, da experiência do projetista ou de normas nacionais ou internacionais, tais como a norma DNV RP B401 ou ABNT NBR ISO 15589-2. Podem ser considerados valores de densidade de corrente usados com sucesso em outras estruturas instaladas na região.
- Os valores de eficiência de revestimento devem considerar todos os fatores inerentes à especificação, ao controle de qualidade de aplicação e a possíveis danos durante o lançamento do navio na água.
- Devem ser consideradas, no dimensionamento, todas as áreas submersas, todas as áreas das partes enterradas e, no mínimo, 50% das áreas correspondentes à zona de transição (quando aplicável).
- Os anodos poderão ser de liga de zinco ou de alumínio e devem seguir os requisitos e critérios das normas ABNT pertinentes.
- A vida útil do sistema de proteção catódica deverá ser definida pelo usuário.
- O fator de utilização dos anodos deve seguir o indicado na DNV-RP-B401 ou ABNT NBR ISO 15589-2.

## **6.0 INSTALAÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS**

Os sistemas de proteção de instalações marítimas devem conter, no mínimo, os seguintes documentos:

- memória de cálculo do (s) sistema (s);
- memória descritiva do (s) sistema (s);
- desenhos de distribuição e de detalhes;
- procedimento de instalação.

**Nota:** a instalação deverá seguir rigorosamente os documentos citados e as modificações de campo devem ser incorporadas nos documentos finais de “como construídos”.

Os sistemas por corrente impressa para navios, plataformas semissubmersíveis e FPSO devem ser constituídos dos seguintes itens.

- Uma fonte de corrente com um módulo de potência e um módulo de Controle.
- Anodos de titânio revestidos com óxidos de metais nobres, de formato retangular ou circular, instalados em coferdames, que devem ser preenchidos com parafina.

- A região no entorno dos anodos, em um raio de pelo menos 1 m, deve ser revestida com um revestimento espesso e altamente isolante para facilitar a distribuição da corrente do anodo.
- Os eletrodos de referência de formato cilíndrico, devem também ser instalados em coferdames, preenchidos com parafina.

Os sistemas de proteção para estruturas fixas (píeres, cais e plataformas fixas), normalmente são projetados com retificadores manuais e os anodos de titânio em formato tubular são instalados em suportes de material isolante, fixado nas estacas ou elementos tubulares.

## **7.0 PRÉ-OPERAÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS**

Inicialmente deve-se medir os potenciais naturais das estruturas em relação ao eletrodo de Ag/AgCl em pontos estratégicos.

Os sistemas galvânicos iniciam a polarização da estrutura a partir do momento em que são instalados ou quando a estrutura entra em contato com a água do mar. A partir daí inicia-se o processo de polarização que é controlável pelo potencial dos anodos.

Os sistemas por corrente impressa precisam ser ajustados para garantir o adequado grau de polarização. Quando se tem demanda variável de corrente, como é o caso dos navios, o sistema deve suprir as condições de pouca corrente e a condição de máxima corrente para o navio carregado e em movimento de rotina.

Nos sistemas de navios é conveniente medir os potenciais a partir do convés, em volta de toda a embarcação. Na área submersa da popa, deve-se usar mergulhadores para levar o eletrodo de referência aos locais previstos para a medição de potencial.

De modo geral, no caso de plataformas, pode-se medir potenciais com a semicélula lançada diretamente no mar, ou por meio de mergulhadores ou com veículos de controle remoto, para colocá-la nos pontos desejados.

O projetista deve elaborar um procedimento de pré-operação, incluindo um mapa de locais para medição do potencial.

Nas estruturas fixas (píeres, cais, plataformas fixas e boias) podem ser usados os formulários de inspeção indicados na Recomendação Prática ABRACO – RP-PTC - 005. Para estruturas móveis os formulários podem ser adaptados.

## **8.0 INSPEÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS**

Os sistemas de proteção catódica devem ser inspecionados regularmente, para isto o usuário deve elaborar um plano de inspeção, contendo os seguintes itens.



- No caso de sistemas galvânicos definir a periodicidade de medição de potenciais eletroquímicos e avaliação dos anodos (desgaste e massa remanescente).
- Para sistemas por corrente impressa, estabelecer a frequência de inspeção dos retificadores, medição de corrente de cada anodo e medição de potenciais eletroquímicos.
- Todos os dados devem ser registrados em relatórios para acompanhamento dos sistemas. Nas estruturas fixas (píeres, cais, plataformas fixas e boias) podem ser usados os formulários de inspeção indicados na Recomendação Prática ABRACO – RP-PTC - 005. Para estruturas móveis os formulários podem ser adaptados.
- Como sugestão coloca-se o quadro da tabela 01, com informações sobre possíveis problemas em retificadores de sistema de proteção catódica e as respectivas propostas de soluções.

**Tabela – 01 –Problema em Retificadores e Respectivas Soluções**

<b>Retificador totalmente inoperante</b>	
<b>Problema Identificado</b>	<b>Medida Corretiva</b>
Falta de energia na rede de alimentação CA	Verifique e corrija
Fusível de entrada queimado	Substitua o fusível
Transformador danificado	Contate o fabricante para trocá-lo
<b>Retificador com tensão de saída, sem corrente de saída</b>	
<b>Problema Identificado</b>	<b>Medida Corretiva</b>
Cabo positivo ou negativo rompido	Verifique e corrija
<b>Retificador com queda na tensão e corrente de saída para 50% do valor original</b>	
<b>Problema Identificado</b>	<b>Medida Corretiva</b>
Ponte retificadora danificada	Substitua o(s) diodo(s) danificado(s)
<b>Retificador em operação normal, mas sem alcançar a tensão de saída nominal</b>	
<b>Problema Identificado</b>	<b>Medida Corretiva</b>
Tensão de saída abaixo do esperado	Verifique o valor da alimentação CA
<b>Retificador com tensão de saída, sem corrente de saída e com horímetro parado</b>	
<b>Problema Identificado</b>	<b>Medida Corretiva</b>
Fusível de saída queimado	Substitua o fusível
<b>Retificador com tensão de saída, sem corrente de saída e com horímetro funcionando</b>	
<b>Problema Identificado</b>	<b>Medida Corretiva</b>
Rompimento de cabos positivo ou negativo	Repare o cabo danificado