

RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

PROTEÇÃO CATÓDICA

CRITÉRIOS PARA LEVANTAMENTOS DE CAMPO PARA SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA DE ESTRUTURAS TERRESTRES

ABRACO-RP-PTC-001-R01

V. 01012025

Total de páginas: 11

NOTA 1

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.

NOTA 2

É recomendável que todos os trabalhos relacionados aos sistemas de proteção sejam executados por profissionais certificados conforme Norma ABNT NBR 15.653.

COMPOSIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO EXECUTOR (2018)

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

Aldo Cordeiro Dutra – Coordenador

Laerce de Paula Nunes – Membro

Anderson Teixeira Kreischer – Membro

Antonio Carlos Pires Caetano – Membro

João Paulo Klausing Gervasio – Membro

COMPOSIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO REVISOR (2025)

Laerce de Paula Nunes – Coordenador

Anderson Texeira Kreischer – Membro

Antonio Carlos Pires Caetano – Membro

João Paulo Klausing Gervasio – Membro

Luiz Paulo Gomes – Membro

SUMÁRIO

1.0	OBJETIVO	4
2.0	REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....	4
3.0	TIPOS DE ESTRUTURAS	4
4.0	LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO	4
5.0	LEVANTAMENTO DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO	5
6.0	DEFINIÇÃO DE LOCAIS PARA INSTALAÇÃO DE RETIFICADORES E DE LEITOS DE ANODOS	7
7.0	LEVANTAMENTO DE ESTRUTURAS INTERFERENTES	8
8.0	LEVANTAMENTO DE POTENCIAIS ELETROQUÍMICOS DE ESTRUTURAS EXISTENTES	8
9.0	DEFINIÇÃO DE LOCAIS PARA INSTALAÇÃO DE PONTOS DE TESTE	8
10.0	ANEXOS - FORMULÁRIOS.....	9

1.0 OBJETIVO

Esta Recomendação Prática estabelece orientações a serem observados no levantamento de dados de campo necessários para a elaboração de projetos de sistemas de proteção catódica de dutos terrestres, tanques de armazenamento, bases de torres de linhas de transmissão e outras estruturas enterradas ou em contato com o solo.

2.0 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- ABNT ISO 15589 – Indústria de Petróleo, Petroquímica e Gás Natural – Proteção Catódica de Sistemas de transporte por Dutos – Parte I – Dutos Terrestres.
- ABNT NBR 7117 – Parâmetros do Solo para Projetos – Parte 1 – Medição de Resistividade Elétrica.
- ABNT NBR 16460 - Anodos de liga de magnésio para proteção catódica.
- ABNT NBR 9240 - Anodos de liga de ferro-silício-cromo para proteção catódica.
- ABNT NBR 16294:2014 - Anodos de titânio com óxidos de metais nobres para proteção catódica.
- ABNT NBR 15653 - Critérios para qualificação e certificação de profissionais de proteção catódica.
- ABNT NBR 16265 - Inspeção de anodos para proteção catódica.

3.0 TIPOS DE ESTRUTURAS

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

- Dutos terrestres de transporte para petróleo, gás, polpa de minérios, água e outros produtos.
- Tanques de armazenamento para petróleo, derivados de petróleo, água, álcool e produtos diversos.
- Base de torres de linhas de transmissão.
- Outras estruturas metálicas enterradas, como estacas prancha ou tubulares, perfis etc.

4.0 LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO

O levantamento de dados de campo deve ser executado ao longo das estruturas, no caso de dutos e de seus ramais de derivação (onde for o caso), de acordo com as orientações específicas dos itens de 5.0 a 9.0, resumidos a seguir.

- Levantamento da resistividade elétrica do solo:
 - ao longo de dutos e outras estruturas;
 - para leito de anodos superficiais;
 - para leito de anodos profundos.

- Definição dos locais para instalação de retificadores e leitos de anodos.
- Levantamento de estruturas interferentes.
- Medições de potencial eletroquímico de estruturas instaladas.
- Definição de locais para instalação de pontos de teste.

5.0 LEVANTAMENTO DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO

5.1 DUTOS

5.1.1 MÉTODO DE MEDIÇÃO

Na determinação da resistividade elétrica do solo deve ser adotado o método de “Wenner” dos quatro pinos, de acordo com as orientações e cuidados estabelecidos na norma ABNT NBR 7117, na sua última revisão.

5.1.2 LOCAIS E PROFUNDIDADES DE MEDIÇÃO

As resistividades devem ser medidas a uma profundidade de 1,5 m. Caso o duto esteja enterrado a uma profundidade média superior a 2,0m, recomenda-se adotar profundidade de medição de 3,0 m.

Nas faixas de dutos são recomendados os seguintes locais de medição.

- A cada 500 m, a partir do km “0” de referência, tomando-se como base o estaqueamento existente, sendo que, a cada 10 medições, devem ser medidas também nas profundidades de 3 m, 4,5 m e 6 m.
- Em intervalos menores, nas áreas supostamente de baixa resistividade, tais como em brejos, pântanos, mangues, alagadiços, terrenos com influência do mar, margens de córrego, lagoas, canais, rios e leitos secos de rios.
- Nos locais de cruzamentos dos dutos com linhas de transmissão de energia elétrica de média e alta tensão, igual ou acima de 69 kV.

Os dados do levantamento devem ser lançados no formulário 01 do ANEXO I.

5.2 OUTRAS ESTRUTURAS

5.2.1 MÉTODO DE MEDIÇÃO

Na determinação da resistividade elétrica do solo deve ser adotado o método citado no item 5.1.1.

5.2.2 LOCAIS E PROFUNDIDADES DE MEDIÇÃO

No caso de o equipamento fazer contato com uma extensa área do solo (por exemplo, tanques de armazenamento de grande porte), definir um reticulado, com dimensões determinadas em função da extensão da área de contato da estrutura e que abranja toda a área a pesquisar. Os pontos de medição serão os nós deste reticulado, de modo a se ter uma média representativa dessa área, realizando medições a uma profundidade de 3 metros.

5.3 LEITO DE ANODOS SUPERFICIAIS

5.3.1 MÉTODO DE MEDIÇÃO

Na determinação da resistividade elétrica do solo deve ser adotado o método citado no item 5.1.1.

5.3.2 LOCAIS E PROFUNDIDADES DE MEDIÇÃO

Iniciar as medições da resistividade elétrica do solo a partir da faixa de dutos, medindo a resistividade em intervalos de 20 m em 20 m, nas profundidades de 1,5 m, 3,0 m, 4,5 m e 6,0 m, até o limite final previsto para o leito.

Os dados do levantamento devem ser lançados no formulário 02, anexo.

5.4 LEITO DE ANODOS PROFUNDOS

5.4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Identificar locais para instalação de leitos de anodos profundos, quando necessários, efetuando-se sondagem e as medições de resistividade elétrica em várias profundidades, para análise da viabilidade técnica do leito. Os locais devem ter resistividade elétrica média inferior a 15.000 ohm.cm, preferencialmente abaixo de 10.000 ohm.cm e onde não haja escudo rochoso em profundidade inferior a 80 m. Caso haja rochas em profundidade inferior a 80m pode-se analisar a conveniência de instalação de leitos semiprofundos até a profundidade da camada rochosa.

A medição da resistividade elétrica deve ser executada preferencialmente num furo piloto com diâmetro de 7,5 a 15 cm, após a realização de todo o furo. Deve-se medir a resistividade ao longo do furo, a cada 5 metros de profundidade, preferencialmente pela técnica dos três pinos ou alternativamente pela técnica de dois pinos. É recomendável também, se possível, a coleta de amostras do solo para medição da resistividade elétrica com a caixa padrão (*soil box*), para futura comparação com as demais medidas obtidas.

Pode-se também utilizar outras técnicas geomagnéticas para medição da resistividade do solo para a instalação de leitos profundos, desde que essas técnicas sejam capazes de estratificar e identificar leitos rochosos.

5.4.2 MÉTODO DE MEDIÇÃO

O método a ser utilizado deverá ser, preferencialmente, o de três pinos exemplificado na figura 01.

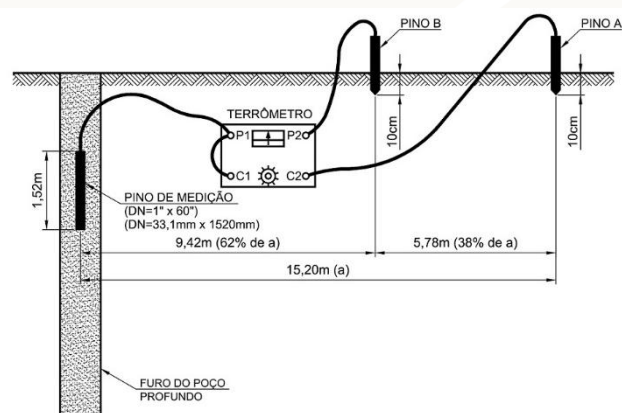


Fig. 01 – Esquema de um furo profundo para medição de resistividade elétrica do solo

Este método consiste no seguinte.

- Posicionar o pino de medição no interior do furo, em profundidades variando de 5 em 5 metros, conectando-o aos bornes P1 e C1 do aparelho de medição, que devem estar interligados. Recomenda-se utilizar como pino de medição um tubo de aço carbono não revestido, de diâmetro nominal de 1 pol. (diâmetro externo de 33,1 mm) com 60 pol. (1.520 mm) de comprimento.
- Enterrar até 10 cm de profundidade, o pino “A”, de cobre, para medir a corrente, em amperes, na superfície do solo. Este pino deve ficar a uma distância, em relação ao furo, de pelo menos dez vezes o comprimento do pino de medição (ou seja 15,2 m) e conectá-lo ao borne C2 do aparelho.
- Enterrar igualmente o pino “B” (que pode ser de aço ou de cobre) para determinação dos valores de potencial na superfície, em volt, situado a 62% da distância acima (ou seja, 9,42 m) e conectá-lo ao borne P2 do aparelho, permitindo-lhe determinar a resistência R do circuito de medição.
- Determinar a resistência a cada 5 m de profundidade usando os valores de R indicados pelo aparelho de medição.
- Calcular a resistividade elétrica do solo pela fórmula seguinte, considerando o pino de medição sugerido.

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{4L}{D}\right) - 1}, \text{ ou } \rho = 227R \text{ (para o pino de medição recomendado)}$$

Onde:

ρ = resistividade elétrica do solo (ohm.cm)

R = resistência medida (ohm) em cada profundidade

L = comprimento do pino de medição (cm)

D = diâmetro do pino de medição (cm).

- Caso tenha sido possível obter amostras do solo nas profundidades consideradas, comparar os valores de resistividade obtidos com o aparelho de medição, com os valores das amostras de solo de cada profundidade, que tenham sido medidos com a caixa padrão.

Os dados do levantamento devem ser lançados no formulário 03, anexo.

6.0 DEFINIÇÃO DE LOCAIS PARA INSTALAÇÃO DE RETIFICADORES E DE LEITOS DE ANODOS

Os locais para instalação de retificadores e de leitos de anodos deverão atender aos seguintes aspectos.

- Possuir energia em baixa tensão no local ou muito próximo.

- Ser um local de fácil acesso.
- Possuir condições de instalação para um leito de anodos superficial ou profundo (ter espaço no caso do superficial, resistividade baixa e condições específicas, no caso do leito profundo).
- Ser de baixo risco de vandalismo.

7.0 LEVANTAMENTO DE ESTRUTURAS INTERFERENTES

O levantamento de estruturas interferentes refere-se à catalogação de outras estruturas que possam interferir na estrutura objeto do sistema de proteção catódica, tais como dutos protegidos catodicamente ou não, bases de linhas de transmissão, subestações de energia, sistemas de tração eletrificados (bondes, trens, metrô, VLTs), dentre outras.

8.0 LEVANTAMENTO DE POTENCIAIS ELETROQUÍMICOS DE ESTRUTURAS EXISTENTES

Para estruturas existentes pode-se levantar potenciais eletroquímicos e, caso necessário, pode-se efetuar o teste de eficiência de revestimento, usando injeção de corrente.

Se a estrutura for protegida catodicamente é conveniente executar uma inspeção mais completa, incluindo retificadores, leitos de anodos, pontos de teste e juntas de isolamento.

Para registro dos valores observados na inspeção deve-se utilizar os formulários da ABRACO apresentados na RP – PTC – 005.

9.0 DEFINIÇÃO DE LOCAIS PARA INSTALAÇÃO DE PONTOS DE TESTE

A localização de pontos de teste deve atender, no mínimo, aos seguintes requisitos.

- Ter um espaçamento compatível com os levantamentos de potenciais eletroquímicos, durante as inspeções de rotina. No caso de dutos, deve-se usar pontos de teste entre um e três quilômetros de distância em eles.
- Ser um local de fácil acesso, sempre que possível.
- Oferecer baixo risco de vandalismo.
- Cobrir pontos notáveis, tais como, locais de resistividade elétrica muito alta, resistividade elétrica muito baixa, travessias de rios, ruas, rodovias, ferrovias, transição de trechos enterrados para aéreos, entrada e saída de tubovia.
- Ser adequado para as condições do local.

ANEXO I - FORMULÁRIO 02

MEDIDAS DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO PARA LEITO DE ANODOS SUPERFICIAL						NÚMERO:		
						DATA:		FOLHA:
PONTOS DE MEDIÇÃO	RESISTIVIDADE EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE - $\rho = 2 \pi a R$							
	a = 1,5m		a = 3,0m		a = 4,5m		a = 6,0m	
	R (Ω)	1000xR ($\Omega.cm$)	R (Ω)	2000xR ($\Omega.cm$)	R (Ω)	3000xR ($\Omega.cm$)	R (Ω)	4000xR ($\Omega.cm$)
OBSERVAÇÕES / INFORMAÇÕES ADICIONAIS:								
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO UTILIZADOS: (MODELO / NÚMERO DE SÉRIE):								
PROFISSIONAL								
ASSINATURA								

ANEXO I - FORMULÁRIO 03

MEDIDAS DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO EM FURO PILOTO PARA LEITOS PROFUNDOS				NÚMERO:	
				DATA:	FOLHA:
FURO PILOTO		RESISTIVIDADE EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE			
		R (Ω)	$\rho = 227 \times R (\Omega \cdot \text{cm})$	OCORRÊNCIAS DURANTE A PERFURAÇÃO	
PONTO	PROF. (m)				
1	5				
2	10				
3	15				
4	20				
5	30				
6	35				
7	40				
8	45				
9	50				
10	55				
11	60				
12	65				
13	70				
14	75				
15	80				
INFORMAÇÕES ADICIONAIS:					
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO UTILIZADOS: (MODELO / NÚMERO DE SÉRIE):					
PROFISSIONAL					
ASSINATURA					