# APLICAÇÃO DE PROTECÇÃO CATÓDICA A TANQUES DE ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEIS

ZITA LOURENÇO (1) (\*) e RITA MOURA (2)

#### Resumo

Os tanques aéreos, metálicos, de armazenamento de água, combustíveis e outros fluidos industriais, são normalmente construídos sobre lajes de fundação em betão armado ou assentes directamente no solo, com ou sem murete anelar de contenção de terras, em betão armado.

Nos tanques de combustível, os derrames podem trazer graves consequências ambientais e económicas, justificando a adopção das seguintes medidas de mitigação do risco:

- Os novos tanques são, actualmente, construídos com um segundo sistema de contenção de derrames, que consiste geralmente na aplicação de uma membrana de polietileno, que tem como objectivo evitar a contaminação do meio circundante, de modo a reduzir o impacte ambiental provocado por um possível derrame.
- Instalação de sistemas de protecção catódica, para controlo da corrosão da face exterior do fundo dos tanques, de modo a prevenir a ocorrência de derrames provocados pela corrosão.

A existência de membrana isoladora da corrente eléctrica condiciona o tipo de sistema de protecção catódica e os componentes a utilizar nestes casos. O sistema anódico tem de ser instalado durante a construção da base e inserido no espaço, limitado, existente entre a membrana isoladora e o fundo do tanque.

Este artigo descreve a instalação de protecção catódica em dois tanques assentes em dois tipos diferentes de fundação: tanque construído sobre laje de betão armado, na qual se incorporou o sistema anódico e tanque assente no solo, no qual o sistema anódico foi inserido entre o fundo do tanque e a membrana impermeável.

Palavras-Chave: Corrosão, Protecção Catódica, Tanques de Armazenamento

## APPLICATION OF CATHODIC PROTECTION TO ABOVEGROUND STORAGE TANKS

#### Abstract

Aboveground storage tanks (AST) used to store water, crude oil, petroleum products, etc., are usually constructed on reinforced concrete foundations or directly on soil, with or without the reinforced concrete ringwall.

The occurrence of leaks, in tanks containing petroleum products, can have serious environmental and economical consequences which justify the adoption of the following risk mitigation measures:

- Reduction of the environmental risk in the event of a leak. New tanks are nowadays constructed with a secondary containment, consisting, usually, of an impervious membrane lining.
- Preventing the occurrence of leaks. Installing cathodic protection systems to reduce the risk of corrosion, as leaks are frequently caused by corrosion.

The use of isolating membrane, an electrical isolator, will have a significant impact on the cathodic protection system and its components. The anodic system has to be installed during construction of the foundation and placed between the tank bottom and

This article describes the installation of cathodic protection to two tank bottoms: Tank on a concrete base, with the anodic system encased in the concrete. Tank on soil foundation, in which the anodic system was inserted in the soil existing between the tank bottom and the membrane.

Keywords: Corrosion, Cathodic Protection, Aboveground Storage Tanks (AST)

## 1. INTRODUÇÃO

Os tanques metálicos, aéreos, construídos acima do solo são os mais utilizados para o armazenamento de grandes volumes de água industrial, crude, produtos de petróleo e de outros fluidos de processos industriais. Estes são, geralmente, construídos sobre lajes de betão armado, assentes em fundação de enrocamento ou assentes directamente no solo, com ou sem murete anelar de contenção de terras, em betão armado. A corrosão da face exterior do fundo dos tanques, em contacto com a material da fundação é, frequentemente, a causa mais comum de derrames neste género de tanques. O controlo ou prevenção deste tipo de corrosão tem sido preocupação constante dos proprietários, dado que os derrames acarretam consequências económicas e ambientais bastante graves.

Na maioria das unidades industriais, os tanques são, geralmente, construídos em parques de tanques, com bacias de retenção de derrames. Contudo, as infiltrações e o mau escoamento da água nas zonas das bacias, fazem aumentar a salinidade do aterro da bacia, e consequente agravamento das condições de corrosão da parte exterior do fundo dos tanques. As medidas mais utilizadas para mitigar este tipo de corrosão incluem: realização adequada do projecto da fundação do tanque; selecção de material apropriado da fundação em contacto com o fundo dos tanques; aplicação de revestimentos e instalação de sistemas de protecção catódica. Os tipos de fundação/bases de assentamento mais utilizados são: fundação em lajes de betão e assentamento do tanque em diferentes materiais, como areia impregnada de óleo e utilização de camadas de betuminoso. A aplicação de revestimentos (pinturas) reduz a corrente necessária para a protecção catódica, mas não elimina a necessidade da sua utilização. Em geral, para o armazenamento de produtos derivados do petróleo é recomendada a aplicação de protecção catódica na face exterior do fundo dos tanques

[1,2]. A necessidade de aplicação de protecção catódica no interior dos tanques depende da corrosividade do produto armazenado.

Ultimamente, OS novos são construídos com uma segunda barreira, individualizada, de contenção de derrames, com o objectivo de minimizar as consequências derrames acidentais. Esta consiste, geralmente, numa membrana contínua de polietileno de alta densidade que é instalada debaixo dos tanques a uma profundidade variável, entre 30 cm a 100 cm. A presença desta membrana isoladora na fundação do tanque tem um impacto significativo na selecção do tipo de ânodo e no projecto do sistema de protecção catódica. Como a membrana impede a passagem da corrente eléctrica, o sistema anódico tem de ser instalado entre a membrana e o fundo do tanque.

Neste artigo descreve-se, resumidamente, os tipos de sistemas de protecção catódica que podem ser utilizados para protecção da face exterior do fundo de tanques e apresenta-se os aspectos práticos da instalação de protecção catódica em dois tanques: tanque assente em laje de betão armado e tanque assente no solo com murete anelar de contenção de terras.

# 2. PROTECÇÃO CATÓDICA DA PARTE EXTERNA

A protecção catódica da face exterior do fundo de tanques, assentes no solo, pode ser aplicada através de ânodos galvânicos ou por sistema de corrente imposta.

Como ânodos galvânicos utiliza-se o zinco ou o magnésio, sendo este último material mais utilizado. Em ambos os casos, os ânodos são normalmente instalados em material de enchimento ("backfill") com o objectivo de diminuir a resistividade do meio circundante, impedir a passivação do ânodo e favorecer o consumo anódico uniforme, optimizando a performance do ânodo. Nos sistemas de protecção catódica por corrente imposta podem ser utilizados vários tipos de materiais

anódicos. Os mais utilizados são: ferrosilício, titânio activado com mistura de óxidos (MMO), titânio platinizado ou polímeros condutores. Nas instalações convencionais, sem a membrana isoladora, as técnicas mais utilizadas de instalação dos ânodos são: a instalação de ânodos individuais, inseridos em furos realizados diagonalmente na fundação do tanque ou inseridos verticalmente em furos realizados a poucos metros da periferia do tanque; a instalação de um ou vários leitos de ânodos remotos, instalados a uma certa distância do tanque ou dos tanques a proteger [3,4].

No caso da existência da membrana isoladora na fundação do tanque, o ânodo tem de ser instalado no espaço, limitado, entre a membrana e o fundo do tanque. A proximidade entre o ânodo e o cátodo (metal do tanque), condiciona o tipo de material anódico a utilizar e o método de instalação do ânodo. Este deverá ter uma geometria adequada, de modo a permitir, nestas circunstâncias, uma distribuição uniforme da corrente em toda a superfície da base do tanque. O sistema mais utilizado é constituído por fitas de material anódico instaladas paralelamente (Fig. 1). O dimensionamento do sistema, a selecção do tipo de ânodo a utilizar, material e dimensões, o espaçamento entre as fitas de ânodo, a distância entre o ânodo e o metal do tanque, etc., são condicionados pelos parâmetros: dimensão do tanque (área a proteger), existência ou não de pintura, resistividade do material de enchimento e distância entre a membrana e o fundo do tanque.

Os sistemas mais utilizados são:

- Sistema galvânico-fitas de magnésio.
- Sistema de corrente imposta fitas de titânio/MMO. As fitas podem ser Ti/MMO sólidas ou em forma de rede.

O sistema galvânico não requer a aplicação de corrente eléctrica e por isso é mais fácil de manter e monitorizar. Contudo, devido ao ambiente condicionado existente entre a membrana isoladora e o fundo do tanque, normalmente areia fina e limpa, a fita de magnésio pode passivar e deixar de fornecer corrente. Além disso.

como acontece em todos os sistemas galvânicos, a aplicação deste sistema não permite o controlo e regulação da corrente de protecção catódica.

Todos os componentes do sistema anódico, assim como os sensores de monitorização são instalados na base de fundação dos tanques antes da respectiva instalação/fabricação.

# 3. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE PROTECÇÃO CATÓDICA

#### 3.1. Instalação

#### 3.1.1. Tanque 1- Base em betão

Este tanque metálico para armazenamento de gasolina, com 17 m de diâmetro, foi construído sobre uma laje de betão armado de 60 cm de espessura, devido à natureza instável do solo e consequente risco de ocorrência de assentamentos. Este tanque encontrase localizado numa unidade industrial, junto à foz de um rio, que por influência, o solo circundante apresenta elevada salinidade e um teor de humidade muito variável, dependendo da época sazonal. Na protecção da parte externa do fundo do tanque foi utilizado um sistema de protecção catódica por corrente imposta. O sistema anódico consistiu em fitas de malha de titânio activado, revestido com uma camada de óxido (Ti/MMO). As fitas de malha foram instaladas na parte superior da laje e recobertas com uma camada de argamassa à base de cimento, de baixa resistividade, com 30 a 50 mm de espessura. O sistema de protecção catódica foi projectado para proteger o fundo metálico do tanque e as armaduras do betão armado da laie. As fitas de malha foram interligadas e ligadas ao distribuidor da corrente através de soldadura por pontos.

As fitas de malha foram instaladas paralelas e ligadas perpendicularmente às fitas do distribuidor da corrente (Figs. 2 e 3). Três eléctrodos de referência de manganésio/dióxido de manganésio (Mn/MnO<sub>2</sub>), próprios para betão armado, foram embutidos na parte superior da laje, permitindo a monitorização do potencial das

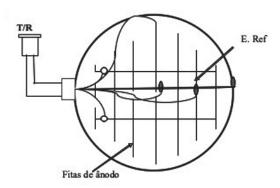


Fig. 1 - Esquema representativo da aplicação da protecção catódica, por corrente imposta, em tanques com a membrana impermeável.



Fig. 2 - Vista geral - Fitas de ânodo.



Fig. 3 - Aplicação da camada de recobrimento.

armaduras e do metal do tanque e instalados, de modo, a permitir a monitorização do tanque, desde a periferia ao centro. Foi instalada uma estação de ensaio, na proximidade do tanque, que possibilita a monitorização manual do sistema. A fonte de corrente contínua (transformador/rectificador) foi instalada fora da bacia de retenção, em zona não classificada, devido ao perigo de explosão (Figs. 4 e 5).

# 3.1.2. Tanque 2 - Base de areia com murete de betão

Este tanque, com 18 m de diâmetro, foi assente numa base de areia, limpa

e fina, contida em murete anelar, em betão armado, com 50 cm de altura. Na base da fundação foi instalada a membrana isoladora de polietileno de alta densidade (PEAD) para contenção dos derrames. Esta foi instalada sobre uma camada fina de areia, fixada e selada na parte superior do murete. O sistema anódico, constituído por fitas de Ti /MMO e distribuidores de corrente. foi instalado sobre uma camada de areia de 5 cm de espessura, de modo a ficar a uma distância mínima de 20 cm ao fundo do tanque. O espaçamento máximo entre as fitas de ânodo foi calculado considerando os seguintes parâmetros: a corrente de protecção necessária, a resistividade da areia e a distância do ânodo ao tanque. Deste modo, garantiu-se que toda a superfície do tanque fosse uniforme e adequadamente protegida. Se o ânodo fosse instalado mais perto do fundo do tanque, o espaçamento entre as fitas teria de ser diminuído para assegurar a uniformização da distribuição da corrente a todas as áreas do tanque. As fitas de malha foram instaladas de modo a formarem uma grelha, como ilustrado na Fig. 6.

Três eléctrodos de referência de cobre/ sulfato de cobre (Cu/CuSO<sub>4</sub>), próprios para solo, foram instalados a 10 cm do fundo do tanque, para permitir a monitorização do sistema. Os eléctrodos foram posicionados de forma a permitir a monitorização dos potenciais no centro do tanque, na periferia e a meia distância. Um cupão de polarização foi também instalado junto a um dos eléctrodos de referência (Fig. 7), para permitir a medição dos potenciais instantâneos "off". Um tubo perfurado de PCV foi instalado horizontalmente a todo o diâmetro do tanque e atravessando o murete. O tubo permite a passagem de um eléctrodo portátil, para futura monitorização, que pode ser utilizado na eventualidade dos eléctrodos permanentes ficarem inoperacionais. Os cabos de monitorização terminaram numa estação de ensaio colocada junto ao tanque. Os cabos anódicos e catódicos terminaram no transformador/ rectificador posicionado fora da bacia de retenção.

#### 3.2. Resultados do comissionamento

Os comissionamentos dos sistemas de protecção catódica foram efectuados depois de finalizada a construção dos tanques e a instalação dos sistemas de protecção catódica. Os valores do potencial dos tanques e das armaduras foram medidos antes do início da polarização, Potencial Natural (Pot. Nat) e depois da aplicação da corrente. Os resultados do comissionamento são apresentados nas Tabelas 1 e 2, para o tanque assente em base de betão e em areia, respectivamente. No tanque 1, a polarização obtida em 24 h



Fig. 4 - Transformador/Rectificador.



Fig. 5 - Caixa de junção.



Fig. 6 - Vista geral das fitas de ânodo.



Fig. 7 - Instalação de cupão e eléctrodo de referência.

variou entre -98 mV e -160 mV. Estes resultados demonstram a eficácia da protecção do metal do tanque e das armaduras da laje da fundação [5]. No tanque 2, os valores de potencial

instante "off", obtidos 6 meses após o comissionamento, variam entre -830 mV e -970 mV Cu/CuSO<sub>4</sub>, satisfazendo o critério de protecção de acordo com as normas aplicáveis [1,2].

Tabela 1 - Tanque 1- Resultados do comissionamento.

	Eléctrodo Posição	Pot. Natural (mV, Mn/MnO <sub>2</sub> ) 26/09/06	Pot. Natural (mV, Mn/MnO <sub>2</sub> ) 26/03/07	Pot.Inst. "Off" (mV, Mn/MnO <sub>2</sub> ) 27/03/07	24 h Polarização (mV)
Armadura	R1 - Periferia	-422	-667	-788	-121
	R2	-433	-742	-840	-98
	R3 - Centro	-430	-513	-633	-120
Tanque	R1 - Periferia		-884	-1044	-160
	R2		-959	-1095	-136
	R3 - Centro		-733	-889	-156

Tabela 2 - Tanque 2 - Resultados do comissionamento.

Eléctrodo Posição	Pot. Natural (mV, Cu/CuSO <sub>4</sub> )	Potencial "ON" (mV, Cu/CuSO <sub>4</sub> )	Pot. Inst. "Off" (mV, Cu/CuSO <sub>4</sub> )
R1 - Periferia	-534	-1536	-970
R2	-463	-1400	-950
R3 - Centro	-412	-1390	-930
Cupão vs R1	-545	-1534	-970

### 4. CONCLUSÃO

A instalação de sistemas de protecção catódica (SPC) a tanques metálicos

demonstrou ser uma técnica de fácil execução, podendo ter efeitos económicos e ambientais muito benéficos, na prevenção da corrosão e das suas consequências. Os parâmetros considerados mais importantes no dimensionamento e instalação dos SPC a tanques com a membrana isoladora, são:

- Selecção do tipo de ânodo mais apropriado a cada situação.
- Dimensionamento do ânodo, quantidade e espaçamento.
- Inserção de eléctrodos de referência, que permitam uma correcta monitorização dos pontos críticos.

#### Referências

- [1] NACE-RP0193 2001 (External Cathodic Protection of On-grade Carbon steel Storage Tank Bottoms), Nace, Houston (2001).
- [2] American Petroleum Institute (API) (Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks), API RP 651, 2<sup>nd</sup> Edit., November (1997).
- [3] D. H. Kroon, *Mater. Performance*, 33, 1 (1994).
- [4] C. K. Meier and J. H. Fitzferald, Mater. Performance, 38, 10 (1999).
- [5] EN 12696 (Cathodic Protection of Steel in Concrete), CEN, Brussels, Belgium (2000).