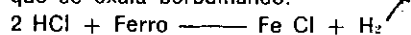


# Corrosão em poços tubulares

Carlos Eduardo Quaglia Giampá (1)

## 1 Introdução

A corrosão é a ação química exercida sobre os materiais por fatores externos, causando-lhes desgaste ou destruição. O ácido é um fator externo que destrói gradativamente os metais. Por exemplo: sob a ação do HCl, há a formação do cloreto de ferro, que fica na solução e o hidrogênio que se exala borbulhando.



Também a ação de bactérias ativas poderá induzir ou até mesmo catalisar reações que levarão a tubulação, filtros ou juntas, construídos em metais não muito resistentes, a serem agredidos, provocando danificações que virão a inutilizar o poço, total ou parcialmente.

## 2 Causas e formas de corrosão

— Atualmente já está definitivamente aceito que os metais são corroídos por várias razões, sob várias condições e em tempos diferentes.

— Os principais agentes que podem concorrer para a corrosão são: ar, solos, ácidos, agentes oxidantes, água natural, água salgada, compostos orgânicos, altas temperaturas, compostos de enxofre e álcalis.

— As formas sob a qual ocorre a corrosão podem ser as seguintes:

- reação direta;
- corrosão galvânica ou de dois metais;
- pilha de solução ou de concentração;
- dezincificação;
- corrosão por fracionamento e
- corrosão por fadiga.

Uma inspeção visual ou um exame mecânico indicará facilmente qual o tipo de corrosão que teve lugar. O período de tempo ou velocidade sob a qual a corrosão se verifica é também dependente de vários fatores:

- acidez das soluções;
- a presença ou ausência de agentes oxidantes;
- movimento de soluções sobre as áreas que estão sendo corroídas;
- efeito eletrolítico ou tendência para localizar;
- formação de filmes ou depósitos protetores e
- temperatura das reações corrosivas.

A quantidade da corrosão depende de certas propriedades dos metais que estão sofrendo a ação:

- afinidade química;
- passividade de oxidação;
- propriedade dos produtos da corrosão;
- composição do metal;
- mudanças devidas à deformação causadas por aquecimento ou trabalho e
- estado original da superfície do metal.

## 3 Corrosão de filtros em poços tubulares

Na grande maioria dos casos, não podemos reconhecer o tipo de corrosão com a qual estamos tratando, mas podemos hoje visualizá-la dentro dos poços, realizando uma inspeção com câmara de videoteipe com circuito fechado. No que se refere a filtros de poços, três são os tipos que podem ocorrer:

### 3.1 Corrosão química direta

Caracteriza-se pela destruição uniforme da superfície do metal, deixando o corpo do mesmo em sua condição original. Quando esse tipo de corrosão ataca os filtros de um poço, verifica-se que as aberturas sofrem um aumento de duas a dez vezes o seu tamanho primitivo. Observa-se também que a resistência do filtro fica muitíssimo diminuída, devido à redução verificada na espessura do metal que o constitui. Neste fenômeno, não ocorre nenhuma separação em partes catódica e anódica.

### 3.2 Dezincificação (destruição do zinco)

A corrosão seletiva consiste na remoção de um metal de uma liga, deixando-a com sua figura original, mas com uma forma mais ou menos esponjosa e em condições de pouca resistência. Esse tipo de corrosão é bastante perigoso, pois chega a escapar à vista e, desta maneira, um filtro que era tido como perfeito pode apresentar, repentinamente, graves e prejudiciais defeitos. A dezincificação resulta da diferença eletroquímica em potencial existente entre os metais componentes da liga. Este tipo de corrosão ocorre mais comumente em ambientes onde há uma solução boa condutora, tal como a água salgada, ou uma condição ligeiramente ácida com a presença de  $\text{CO}_2$ , e uma liga composta de dois metais. Verifica-se também que esta é uma forma de corrosão eletrolítica.

### 3.3 Corrosão eletrolítica

Ocorre quando uma pilha galvanizada composta de dois metais é montada, e quando a menos conhecida pilha de solução ou concentração é formada. Ela dá-se em áreas separadas por uma apreciável distância. Uma dessas áreas onde as reações se processam é chamada de ânodo ou zona anódica, e a outra denomina-se cátodo ou zona catódica.

A corrosão galvânica verifica-se todas as vezes que dois metais diferentes são ligados eletricamente e colocados em uma mesma solução que conduzirá a corrente. A esta solução denomina-se eletrólito. A causa da corrosão está na diferença que existe entre as tendências individuais de cada metal. Uma corrente elétrica é gerada, sendo a força propulsora que está por trás da ação corrosiva. A parte do metal da pilha que é corroído é o ânodo e a parte protegida o cátodo.

Quanto maior for a voltagem da corrente elétrica que foi gerada, tanto maior será a velocidade sob a qual se

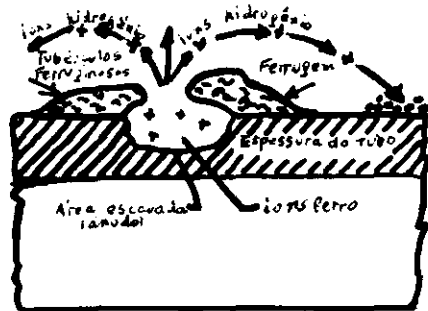
(1) Diretor da Hidrogesp-Hidrogeologia, Sondagens e Perfurações Ltda./SP.

processa a corrosão. Outros fatores influenciam também a velocidade da corrosão:

— passagem do eletrólito sobre a superfície que está sofrendo a ação corrosiva;

— pelas áreas relativas do ânodo e cátodo;

— pelas propriedades de resistência à corrosão apresentada pelos dois metais.



Grande parte da corrosão eletrolítica que se processa em filtros é do tipo galvânica. Ela pode ser reconhecida pelas pesadas acumulações dos produtos da eletrólise e pelos severos danos sobre o metal. Se fizermos um arranjo dos metais, na ordem de sua tendência para corroer-se galvanicamente, resultará a seguinte tabela:

#### Séries galvânicas

Extremo da Corrosão	Magnésio
	Ligas de Magnésio
	—
	Zinco
	—
	Alumínio 25
	Cádmio
	Alumínio 1755
	Aço, Ferro fundido
	—
	Cromo-ferro (ativo)
	—
	Ni-resist
	Aço inoxidável 18-8 (ativo)
	—
	Chumbo, Estanho, Soldas de Chumbo-estanho
—	
Níquel, Inconel (passivo)	
—	
Latão, Cobre, Bronze, Monel	
—	
Solda de prata	
—	
Níquel, Inconel (passivo)	
—	
Cromo-ferro (passivo)	
—	
Extremo da Proteção	Prata
	—
	Ouro, Platina

Quando dois metais não semelhantes (os que estão mais separados na tabela acima) são postos juntos, e em seguida submersos em um eletrólito, o metal que está situado na 1.ª parte da relação será justamente aquele que sofrerá a corrosão.

Eletrólitos mais comuns:

— água salgada,

— ácidos fracos,

— álcalis fracos.

A corrosão bimetálica somente ocorre quando a corrente flui entre os metais através do líquido no qual eles estão imersos.

Os metais podem mudar suas posições relativas na série, devido a influências externas. Por exemplo: o aço inoxidável varia a posição, dependendo das condições oxidantes no eletrólito.

A ação galvânica pode atuar até uma distância não superior a 20 – 30 mm.

### 3.4 Alterações nas características bacteriológicas

Essas modificações podem estar associadas aos seguintes fatores:

— Influência das condições de bombeamento d'água, alterando o estado natural e de equilíbrio físico-químico;

— Expansão do cano de rebaixamento, atingindo lamas com água de composição físico-química diferentes;

— Incrementos acentuados de recarga no aquífero;

— Contaminações produzidas durante a construção, operação e manutenção dos poços tubulares profundos; que em função também das características inerentes aos aquíferos e as águas subterrâneas nele reservadas, podem desenvolver espécies de bactérias não patogênicas, todavia com tendência a atuar no poço como catalisador ou mesmo como instrumento de agressão aos tubos, filtros e ao conjunto de bombeamento.

### 4 Causas da corrosão de filtros em poços tubulares

As causas mais comuns da corrosão dos filtros dos poços estão intimamente ligadas à qualidade química

do aquífero que vamos explorar. Uma água corrosiva deve apresentar algumas das seguintes características:

a) Baixo pH aliado à baixa alcalinidade, baixo conteúdo de sólidos totais dissolvidos e alto conteúdo de dióxido de carbono livre;

b) Alto teor de oxigênio dissolvido, o qual, combinado com o hidrogênio livre, impede a formação de uma película protetora;

c) Conter gás sulfídrico, dióxido de enxofre ou gases semelhantes;

d) Conter ácidos orgânicos e

e) Conter sulfato de ferro.

Também desequilíbrios de origem hidráulica e mecânica podem induzir processos de corrosão em poços tubulares.

Um dos componentes mais vulneráveis é o equipamento de bombeamento, devido às condições de trabalho a que está submetido e aos materiais usados em sua fabricação. Os rotores das bombas submersas são geralmente de bronze, estando sujeitos à corrosão seletiva (dezincificação). O fluxo turbulento e os correspondentes incrementos de velocidade da água ao passar pelo reduzido espaço entre a câmara de bombeamento e a bomba, favorecem o maior espaçamento de gases contidos na água, provocando corrosão mais rápida e severa na bomba e no tubo de descarga, junto com provável cavitação nos rotores.

## 5 Formas de detecção

### 5.1 Características físicas

Modificações observáveis nas características físicas das águas, embora não possam por si detectar a real natureza do problema, produzem efeitos que ajudam no diagnóstico:

a) **Coloração:**

Quando a água bombeada apresentar coloração pode indicar processos de obstrução ou corrosão:

a.1 — Cor marrom ou parda — pode indicar a presença de bactérias reductoras ou de compostos de manganês,

a.2 — Cor amarelada — pode indicar a presença de compostos derivados da oxidação do ferro.

#### b) Odor e gosto:

São indícios da presença na água de *microrganismos*, de gases dissolvidos (gás sulfídrico, metano, dióxido de carbono), de substâncias minerais (cloretos, compostos de ferro, carbonatos e sulfatos).

#### c) Temperatura:

Alteração da temperatura das águas subterrâneas pode acentuar o desenvolvimento de processos de deterioração de poços. Aumentos de temperatura motivam um decréscimo da viscosidade da água, incrementando a de oxigênio e ativando o processo de corrosão. Um incremento de temperatura da ordem de 4 a 5°C pode duplicar o potencial de corrosão da água.

#### (d) Turbidez:

Em poços antigos é indicação de problemas de natureza mecânica, como o colapso de seções filtrantes. Em poços novos, frequentemente resulta de desenvolvimento insuficiente durante a construção. A turbidez leitosa, quando provém de gases dissolvidos na água, pode produzir cavitação nos rotores da bomba.

### 5.2 Características químicas

A análise qualitativa e quantitativa pode indicar água com características corrosivas:

- a) pH > 7,0
- b) Cloretos > 500 mg/l
- c) Sólidos Totais Dissolvidos > 1.000 mg/l
- d) CO<sub>2</sub> > 500 mg/l
- e) H<sub>2</sub>S — Se odor e gosto forem notados
- f) Oxigênio Dissolvido > 2,0 mg/l

### 5.3 Características biológicas

A atividade bacteriana acarreta quase sempre problemas de incrustação e/ou corrosão em poços.

A identificação dos tipos de bactérias requer análise específica, sendo necessário coletar amostras mediante raspagem das partes internas dos filtros e remoção de material depositado no fundo do poço.

As bactérias mais ativas nos processos de corrosão são:

a) Bactérias redutoras de sulfatos, anaeróbias, do Gênero *Desulfovibrio* desulfuricans, bactérias aeróbias tipo *Esterichia coli*, *Aerobacter aerogens* e *Protocus vulgaris*.

b) O potencial redox do solo e da água é um indicador do potencial de

corrosão das bactérias, variando de até 100 mv (intenso) até mais que 400 mv (nula).

c) Deve-se também estar ciente antes da construção dos poços tubulares, de que em regiões de aquíferos potencialmente favoráveis ao desenvolvimento de bactérias corrosivas e/ou incrustantes, não seria recomendável a utilização como fluido de perfuração de polímeros como o CMC ou o Polysafe 600/2.000, pois poderão atuar como catalisador da decomposição bacteriológica. Principalmente, caso outros fatores favorecerem, tais como o meio ácido, exposição a altas temperaturas e infiltração de ar na solução.

### 6 Procedimento preventivo para filtros e tubos de revestimento, frente à corrosão

Para enfrentar-se vários tipos de corrosão que atacam os filtros dos poços, existem diversos tipos de precauções ou métodos preventivos que podem ser empregados. No entanto, torna-se sempre difícil de se saber qual desses meios deve ser utilizado, todas as vezes que não houver informações suficientes sobre a química da água do aquífero e o tipo exato de corrosão que irá se processar.

Ao contrário do procedimento para águas superficiais, quando existem diversos métodos preventivos, com relação às águas subterrâneas isso não ocorre, visto que elas estão situadas abaixo da superfície e em todos os tipos de solos e águas. Além disso, o filtro de um poço está geralmente conectado com outros metais que podem ser mais ou menos sujeitos à corrosão, ou servir de meio para que seja estabelecida uma corrosão eletroquímica. Também as altas velocidades de entrada d'água nos filtros, quando o poço está sendo bombeado, podem causar uma erosão e destruí-los.

A experiência associada à teoria aponta-nos os metais de mais longa resistência à corrosão, e quais os mais econômicos em muitas situações. Isto é particularmente certo no caso de filtros de poços. Demoradas experiências com metais diversos e as observações do seu comportamento sob as mais diversas condições proporcionam-nos uma base segura para aplicações atuais.

Em seguida damos uma lista dos metais e ligas que apresentam maior

capacidade de resistência contra os agentes que atacam os filtros dos poços, sob todas as condições de solo, água subterrânea, uso e pressão, enumerados segundo sua habilidade para resistir a tais ataques.

Assim temos:

- 1 — Monel (aproximadamente 70% de Níquel e 30% de Cobre)
- 2 — Superníquel (30% Níquel e 70% Cobre)
- 3 — Everdur (96% Cobre, 3% Silício, 1% Manganês)
- 4 — Aço Inoxidável (74% de Aço de baixo teor de carbono, 18% de Cromo e 8% de Níquel)
- 5 — Latão Vermelho ao Silício (83% de Cobre, 1% de Silício e 16% de Zinco)
- 6 — Latão Vermelho Anaconda (85% de Cobre e 15% de Zinco)
- 7 — Latão Amarelo Comum (aproximadamente 67% de Cobre e 33% de Zinco)
- 8 — Armco (Ferro com menos de 0,1% de impurezas)
- 9 — Aço de baixo teor de Carbono.

Para esses casos, também são recomendáveis, dependendo do tipo de poço — profundidades até 150 metros e diâmetros nominais até 8" — a utilização de tubos e filtros geomecânicos fabricados de cloreto de vinila não plastificados, sendo os filtros nervurados e ambos construídos segundo a norma DIN 4925. Esse material não permite principalmente o desenvolvimento dos processos agressivos de origem química.

### 7 Bibliografia

- 1 — Conesp - 1985 - Especificações Técnicas sobre Perfurações de Telas de Poços — Recife-Pernambuco.
- 2 — Cetesb/USP - FSP - 1973 - Construção, Operação e Manutenção de Poços — São Paulo - SP.
- 3 — DAE — 1980 - Manual de Operação e Manutenção de Poços — Gerônimo A. Rocha e José F. Jorba — São Paulo-SP.
- 4 — LOGAN J. - 1965 - Interpretação de Análises Químicas da Água - Recife - Pernambuco.
- 5 — UOP — Johnson Division - 1966 - Ground Water and Wells-Saint Paul — Minnesota.
- 6 — UOP - Johnson Division - 1969 - Boletim 469 P - Filtro para Poços — São Paulo - SP.
- 7 — SABESP — Giampá, C.E.G. e outros — Águas Subterrâneas e Poços Tubulares - São Paulo - 1985 - Cia. Editora Nacional.