

AVALIAÇÃO DA CORROSÃO E INCRUSTAÇÃO EM TUBULAÇÕES DE ÁGUA - ATRAVÉS DO TESTE DE COUPON

Engenheiro MURIZ CURY QUEIROZ*
Engenheiro MÁRIO JINITI OMORI
Engenheiro PEDRO CAETANO SANCHES MANCUSO

I — INTRODUÇÃO

A SABESP possui 9 Estações de Tratamento de Água na Grande São Paulo, todas elas tratando água com características físico-químicas e biológicas diferentes.

No tratamento é efetuada a pré-cloração e empregado como coagulante o sulfato de alumínio, produto ácido que propicia abaixamento de pH. Após a filtração é efetuada a pós-cloração e correção do pH ao nível de saturação, através de método analítico expedito. Essa faixa de operação de pH (pH de saturação) está sendo considerada há cerca de 5 anos, mas nunca se avaliou na prática as propriedades corrosivas ou incrustantes dessas águas. Constata-se em nossas adutoras um abaixamento de pH após a saída da ETA que é proporcional ao tempo de adução, mas não se sabe ainda as conseqüências desta queda.

A AWWA publica em seus últimos trabalhos as taxas de corrosão e incrustação admissíveis através do Teste de Coupon.

A utilização do Teste de Coupon em serviços de água foi adaptada na indústria, onde se mede a corrosão utilizando-se os mesmos materiais empregados nas tubulações, como por exemplo o emprego destes testes em canalizações de vapor e gases.

II — OBJETIVO DO TESTE DE COUPON

Tem por objetivo medir na operação (adução de água) os fatores que envolvem os fenômenos da corrosão e incrustação em função de um determinado período considerado.

O teste de coupon medirá os efeitos combinados, ambos aditivos ou neutralizantes de todos os fatores da corrosão e incrustação, não só conhecidos como desconhecidos, incluindo os importantes fatores físicos da velocidade e turbulência da água.

1 — Importância do teste de coupon como avaliador da corrosão e incrustação — O efluente final de uma ETA pode aparentemente, através de métodos analíticos, apresentar resulta-

* Chefe da Divisão Norte do Departamento de Tratamento de Água da SABESP

dos satisfatórios quanto aos aspectos estéticos e sanitários. Entretanto os problemas de corrosão interna das tubulações envolvem outros fatores de completa verificação. Nunca avaliamos na prática as propriedades corrosivas ou incrustantes das águas produzidas de uma maneira que envolvesse os fenômenos físicos da turbulência, velocidade da água, além dos parâmetros de qualidade usuais.

2 — Parâmetros físico-químicos que influem nos fenômenos de corrosão e incrustação — Os principais parâmetros que possibilitam o incremento da corrosão e incrustação são:

pH	magnésio
pH de saturação	conteúdo orgânico
cloro residual	oxigênio dissolvido
alcalinidade	cloretos
dureza	sulfatos
temperatura	fosfatos
sódio	sólidos dissolvidos

Além destes, deve-se dar grande importância às condições operacionais de uma adutora (infiltração ou vazamento, operação e manutenção das ventosas etc.).

Entretanto, os cinco primeiros itens da relação são fundamentais para interpretação dos resultados obtidos.

3 — Relação de corrosão e incrustação adotados pela American Water Works Association — A AWWA considera como resultados a serem atingidos, os seguintes valores:

- a) **Incrustação:** a exposição do aço inoxidável num período de 90 dias deverá resultar numa relação não excedente a 0,05 mg/cm².
- b) **Corrosão:** a exposição do ferro galvanizado num período de 90 dias deverá resultar numa relação não excedente a 5,00 mg/cm².

III — DESCRIÇÃO DO TESTE DE COUPON

1 — Características dos corpos de prova —

Constam de corpos cilíndricos de 5 centímetros de comprimento e diâmetro externo de 1,5 cm.

A confecção dos corpos de prova obedecem as seguintes especificações:

aço inoxidável — Stainless Steel 304

ferro galvanizado — ABNT — P — EB — 182 — ABNT — MB — 25.

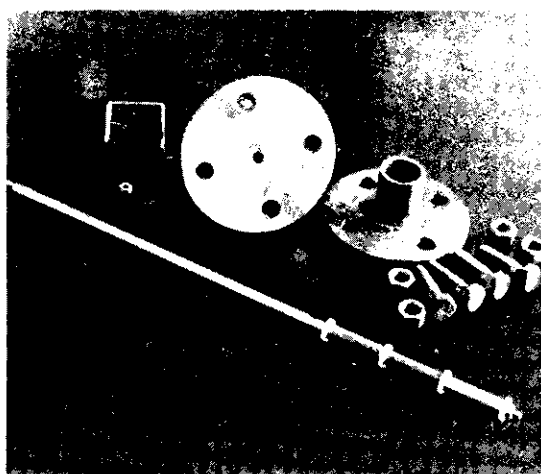
A superfície externa do ferro galvanizado não deverá apresentar qualquer imperfeição após o processo de galvanização.

2 — Componentes do teste de coupon —

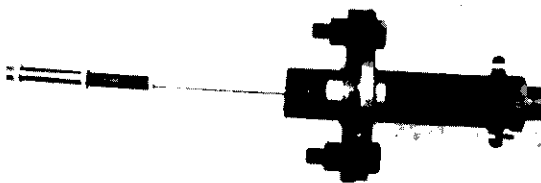
Conforme planta anexa, o conjunto completo



Haste principal com seus componentes.



Conjunto do Teste de Coupon, desmontado.



Conjunto montado, pronto para exposição.



Seqüência da instalação do Teste de Coupon na Adutora do Rio Claro.

para exposição em adutoras é constituído de:

- a — haste principal de aço inoxidável para fixação dos corpos de prova.
- b — buchas e arruelas de teflon para evitar o fenômeno da corrosão galvânica.
- c — suporte flangeado de proteção da haste principal.

3 — Preparação dos corpos de prova antes da exposição — Na preparação dos corpos de prova, estes deverão ser dimensionados através de um paquímetro, determinando-se o diâmetro externo e o comprimento para termos a medida da área lateral. Em seguida são lavados com solução detergente, escovados, limpados, desengordurados em solvente (éter ou clorofórmio) e secados. Após a secagem os corpos de prova deverão ser pesados individualmente em balança analítica e anotado os pesos correspondentes.

4 — Aplicação do teste de coupon na adutora — Após a preparação dos testes de coupon, monta-se as buchas de Teflon na haste principal, intercalando-se os corpos de prova com uma arruela de teflon.

A haste principal deverá ser montada no suporte flangeado de proteção e após isso in-

troduzido no ponto conveniente da adutora. Esta haste deverá estar imersa dentro da tubulação a uma profundidade mínima de 20 cm.

5 — Procedimentos e cuidados depois da exposição — O conjunto deverá ser retirado cuidadosamente da tubulação, a fim de evitar perdas eventuais de material incrustado ou produtos da corrosão, ou até a danificação dos corpos de prova.

Após a retirada, o modelo deverá ser secado em condições ambientais, livre de poluição e depois removidos da haste principal tomando-se o cuidado de não perder o material formado nas superfícies dos corpos testados.

A seguir, fotografa-se os corpos separadamente através do equipamento adequado. A superfície de cada corpo deverá ser descrita, anotando-se o tamanho, espécie dos tubérculos, perfurações e cores destes materiais eventualmente formados.

6 — Cálculo das relações de incrustação e corrosão — Após fotografados, deverão ser secados a 103°C até peso constante.

A diferença de peso do corpo de prova exposto e sem peso inicial é a quantidade da deposição causada pela água.

IV — CRITÉRIOS PARA APLICAÇÃO

1 — **Escolha do ponto** — Poderão ser instalados em condições de alta ou baixa pressão, desde que a imersão do modelo na água seja total e verificadas as condições de continuidade e homogeneidade na adutora.

Este fator é importante para a avaliação dos resultados, sem o que poderemos chegar a conclusões irreais.

2 — **Acompanhamento analítico dos parâmetros escolhidos** — Controla-se a partir da ETA os parâmetros de fácil determinação e que constam normalmente da rotina operacional, tais como:

pH
pH de saturação
alcalinidade total
dureza total
cloro residual

A frequência de análise deverá ser horária para perfeita interpretação dos resultados.

Paralelamente outros parâmetros serão acompanhados, mas com menor frequência, não só no efluente final da ETA, como também nos pontos próximos à instalação do Teste de Coupon.

V — APLICAÇÃO DO TESTE DE COUPON NA ETA DO RIO CLARO

1 — **Motivo da instalação** — A adutora da ETA do Rio Claro possui 86 km de extensão, sendo a distância entre a captação e ETA de 9 km e o restante corresponde à adução de água tratada.

Nestes 77 km, cerca de 29 km correspondem à tubulação de aço e o restante é constituído de aquedutos e túneis de concreto armado.

Foi verificado após a aplicação de traçadores uma velocidade média de 0,6 m/s entre a ETA (km 77) e o reservatório da Mooca (km 0).

Essa adutora transporta uma vazão de 2,4 m³/s (e opera desde 1939), dos quais 2,15 m³/s são provenientes da ETA e 0,25 m³/s são injetados através de um córrego onde é efetuada a cloração dessa vazão.

Anos atrás, a cloração era efetuada nas proximidades do Reservatório da Mooca e nas diversas derivações da adutora (Vila Guarani, conjunto COHAB, Prefeitura Municipal de Mauá, Asilo Santo Ângelo e acampamentos da companhia situados próximos à adutora), resultando num complexo de sistemas de cloração bastante onerosos.



Aspecto dos corpos de prova, após exposição de 90 dias na Adutora do Rio Claro.

A seguir o corpo é escovado para libertar todos os tipos de produtos de corrosão e incrustação, lavados, secados até peso constante e anotados os pesos finais.

A diferença de peso entre o corpo antes da exposição e depois de exposto e limpo é o valor da deposição de produtos corrosivos, os quais tiveram aderência ao corpo.

A diferença entre o peso do corpo antes da exposição e depois de limpo é o peso do material correspondente perdido durante a corrosão.

Os cálculos considerados são os seguintes:

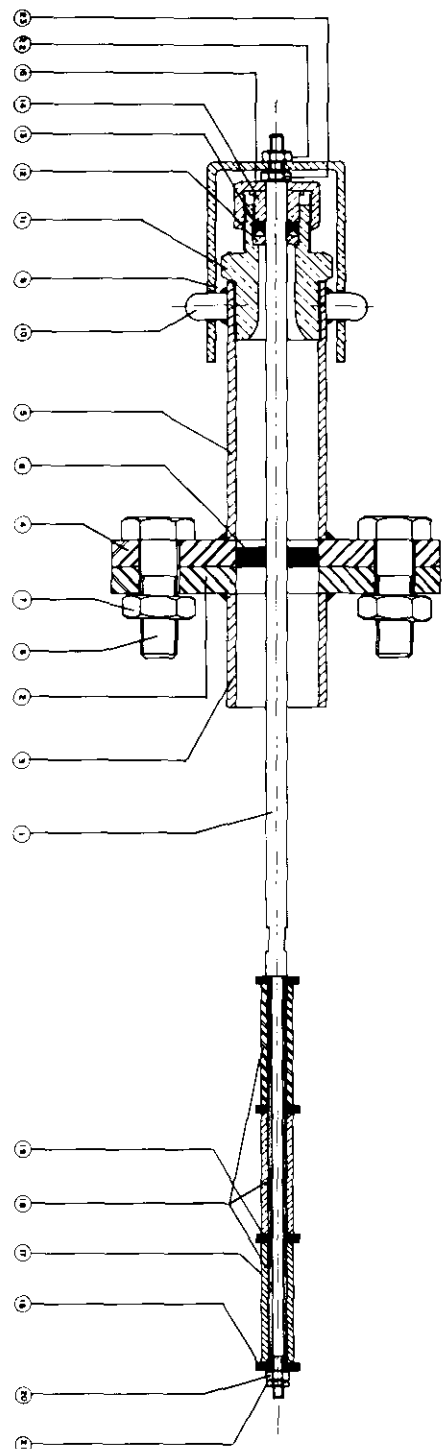
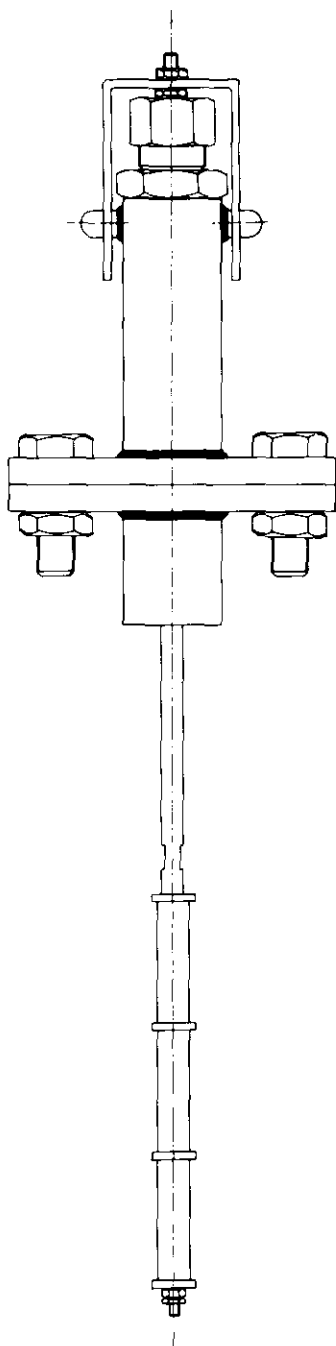
$$\text{Relação de deposição} = \frac{W}{A}$$

$$\text{Relação de corrosão} = \frac{W_e}{A}$$

onde: W = aumento de peso do corpo (mg)

W_e = perda de peso do corpo (mg)

A = área lateral do corpo



ITEM	OSCRIMINACAO	MATERIAL	QUNT
23	POUCA BETA 8 1/4"		1 22
22	POUCA BETA 8 1/4"		1 22
21	CONTRA-POUCA		1 22
20	POUCA BETA 8 1/4"		1 22
19	AMOLELA-INSULANTE	PVC BRANCO	8 22
18	TUBOS	ACRILICO	3 22
17	TUBO ISOLANTE	PVC BRANCO	1 22
16	AMOLELA ISOLANTE	PVC BRANCO	1 22
15	TABULEJO DA PRESSAO GASTIVA	LATAO	1 22
14	PARTELA BASTIA	LATAO	1 22
13	SARTELA VA PNEUS VENTILADA	LATAO	1 22
12	PELLE DE ACOBO	LATAO	1 22
11	BOCHA ACOBO/BOCHA DA BASTIA	LATAO	1 22
10	PIRO DE TRAVA	ACO SAE 1010	3 22
9	SUPOORTE DE ENTENSO	LATAO	1 22
8	LAVIL DUA	PVC BRANCO	1 22
7	POUCA BETA 8 1/4"	ACO	4 22
6	PARAFUSO BETA 8 1/4"	ACO SAE 1010	4 22
5	TUBO	ACO SAE 1010	1 22
4	FLANGE	ACO SAE 1010	1 22
3	TUBO	ACO SAE 1010	1 22
2	PARAFUSO	ACO SAE 1010	1 22
1	PARTELA	ACO SAE 1010	1 22

Completado de saneamento edico
de estado de sfo paulo

EQUIPAMENTO TESTE
" COUPON "

MAN - MAX
M - 078/L

QUADRO I

	Relações de Corrosão (mg/cm ²)			Relações de Incrustação (mg/cm ²)		
	Sifão n.º 26	Sifão n.º 19	Sifão n.º 3	Sifão n.º 26	Sifão n.º 19	Sifão n.º 3
2.º Trim. 73	2,69	2,55	2,37	0,07	0,07	0,03
3.º Trim. 73	2,17	2,36	2,27	0,03	0,09	0,02
4.º Trim. 73	291,82	253,42	248,13	(—) 0,46	(—) 0,16	(—) 0,15
1.º Trim. 74	6,72	6,36	4,79	0,00	0,00	0,05
2.º Trim. 74	9,87	10,89	perdido	0,00	0,00	perdido
3.º Trim. 74	4,56	6,65	6,12	0,05	0,03	0,00

Com a finalidade de eliminar esses postos de cloração, foi iniciada a cloração a partir da ETA, situada portanto a 77 km do reservatório da Mooca.

A fim de processar desinfecção completa, bem como remoção de eventuais tuberculizações de vegetais nas tubulações e aquedutos, a dosagem de cloro aplicada foi da ordem de 8 mg/l de cloro, valores estes que decresceram em função da desinfecção da adutora, possibilitando-se a manutenção de valores de cloro inferiores.

Para melhor avaliação dos problemas de corrosão nessa adutora em função do elevado

cloro aplicado, somente o uso do Teste de Coupon poderia retratar os fenômenos que estariam ocorrendo no interior da tubulação.

2 — Locais escolhidos — Localizaram-se pontos estratégicos e distantes um dos outros ao longo da adutora.

Os pontos escolhidos estão situados a 6,5, 28,5 e 65km da ETA, respectivamente nos sifões ns. 26, 19 e 3. O tempo de escoamento da água entre a ETA e os pontos considerados são, respectivamente: 3,13 e 30 horas.

Os locais para instalação dos Testes de Coupon, asseguram perfeita continuidade de vazão e distribuição de velocidades.

QUADRO II

Mês / Ano	Efluente Final da ETA Valores Médios					Entrada Res. Mooca	
	Cloro Res. Livre (mg/l)	Alcal. Total (mg/l CaCO ₃)	pH	pHs	Alumina Residual (mg/l)	Cloro Res. Livre (mg/l)	pH
ABRIL/73	2,7	14,5	8,9	9,0	0,45	2,2	7,4
MAIO/73	2,7	14,3	9,0	9,1	0,43	2,2	7,8
JUNHO/73	2,7	12,6	9,1	9,1	0,26	2,2	8,1
JULHO/73	2,3	9,5	9,0	9,1	0,39	1,7	7,8
AGOSTO/73	2,4	12,6	9,3	9,2	0,25	1,9	8,0
SETEMBRO/73	2,1	16,7	9,3	9,1	0,27	1,5	7,8
OUTUBRO/73	2,9	12,9	9,2	9,1	0,22	2,1	7,8
NOVEMBRO/73	3,0	13,6	9,0	9,0	0,38	2,2	7,6
DEZEMBRO/73	2,9	13,7	9,1	9,1	0,44	2,2	8,0
JANEIRO/74	3,5	12,1	8,9	8,9	0,36	2,7	7,3
FEVEREIRO/74	3,5	12,3	8,9	9,0	0,20	2,7	7,8
MARÇO/74	3,2	12,9	9,0	9,0	0,18	2,4	8,3
ABRIL/74	2,8	12,8	9,0	9,0	0,16	2,3	8,3
MAIO/74	2,7	12,0	9,0	9,1	0,12	2,0	8,2
JUNHO/74	2,7	11,7	9,1	9,2	0,15	2,0	8,2
JULHO/74	3,6	12,0	9,2	9,2	0,10	2,9	8,7
AGOSTO/74	2,8	10,0	9,1	9,1	0,07	1,9	8,7
SETEMBRO/74	3,1	9,6	9,1	9,1	0,13	2,1	8,3

VI — RESULTADOS OBTIDOS

1 — Relações de corrosão e incrustação —

Após a exposição dos corpos de prova, obtiveram-se os seguintes resultados de corrosão e incrustação, que podem ser visualizados no Quadro I.

No Quadro II, temos os resultados médios dos controles analíticos que foram realizados no período em questão.

VII — CONCLUSÃO

Com exceção dos resultados obtidos no 4.º trimestre de 1973 (out-nov-dez), verificaram-se relações de corrosão e incrustação compatíveis com a AWWA.

Nada pode-se concluir sobre as discrepâncias havidas no trimestre em referência, pois os resultados analíticos nada demonstram de irregular que pudesse ter sido a causa de tão altos valores de corrosão, tanto no corpo de

prova de ferro galvanizado, bem como no de aço inoxidável. Uma remota possibilidade seriam defeitos de fabricação daquele lote de corpos de prova.

Ao que tudo indica, é válida a operação de uma ETA cujo efluente se tenha corrigido o pH ao nível de saturação, salvaguardando assim a manutenção das condições operacionais da adutora.

Por fim, sugerimos que nas aplicações de "Coupon-Test" sejam intensificados os controles dos parâmetros já verificados e não apenas no efluente da ETA, mas também nos pontos onde se situam os corpos de prova.

BIBLIOGRAFIA

1. BEAN, E.L. — Progress report of water quality criteria. Journal AWWA, 54 (11): 1313-1331, Nov. 1962.
2. Board of Directors — Quality goals for potable water. Journal AWWA, Yearbook, pt. 2: 62-65, Oct. 1972.