

BOLETIM

DA

REPARTIÇÃO DE AGUAS E ESGOTOS

de S. Paulo

Diretor: Eng.º Oswaldo B. Thompson

NUMERO 6	Publicação Periodica S. Paulo — Junho de 1939	ANO III
----------	--	---------

Diversas determinações visando a pesquisa da origem das Concreções dos Hidrometros (*)

Especificação: — Hidrometros

Interessada: — Repartição de Aguas e Esgotos

Objêto do ensaio: — Diversas determinações visando a pesquisa das concreções dos hidrometros.

A comissão incumbida pela Secretaria da Viação de especificações para a compra de hidrometros destinados á rêde de abastecimento de aguas da Capital verificou, nas observações a que procedeu, que grande parte dos aparelhos desse genero, atualmente em serviço, apresentava-se com o regime de trabalho completamente alterado. O exame desses hidrometros mostrou que, devido á presença de depositos volumosos, resultava aceleração, retardamento ou paralização total do seu funcionamento.

Afim de conhecer a causa dessas concreções, a Comissão recorreu ao I. P. T. para estudar a questão.

Material fornecido para ensaio

Os hidrometros apresentados para ensaios foram os seguintes:

(*) Nota da redação: — O presente estudo foi encomendado pela R. A. E. ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas. As conclusões a que chega serão apreciadas no relatório final da Comissão de Estudos de Hidrometros, relatório esse que publicaremos no proximo numero.

a) Hidrometros que estiveram em serviço na rêde de agua que é somente submetida ao tratamento pelo cloro:

Marca X	Marca Y	Marca Z
n.º 1	n.º 11	n.º 21
n.º 2		

b) Hidrometros que estiveram em serviço na rêde de agua préviamente tratada por sulfato de aluminio e hidroxido de calcio e, em seguida, pelo cloro.

Marca X	Marca Y	Marca Z
n.º 3	n.º 12	n.º 22
n.º 4	n.º 13	n.º 23
n.º 5	n.º 14	n.º 24
n.º 6	n.º 15	

Programa do estudo

As primeiras observações feitas sobre o material apresentado revelaram a existencia de dois elementos de importancia capital nos disturbios do funcionamento dos hidrometros:

- a) existencia de corrosão;
- b) a presença de concreções, que alteravam completamente o regime de trabalho da turbina.

Estas concreções poderiam provir da agua, da canalização ou do proprio hidrometro pela precipitação dos produtos resultantes da corrosão.

Tendo em vista a necessidade de evitar os graves inconvenientes que decorrem da corrosão e da formação de concreções, o que exige, naturalmente o conhecimento das causas principaes que as produzem e, de acordo com considerações feitas acima, o estudo foi orientado nas seguintes bases:

- I) Apreciação geral sobre o estado dos hidrometros.
- II) Identificação dos elementos constituintes das concreções.
- III) Pesquisa da origem das concreções.
- IV) Análise química dos metaes e das ligas utilizados na confeção dos hidrometros.
- V) Pesquisa das causas da corrosão.
- VI) Constatação diréta da existencia de pares eletroquímicos.
- VII) Correlação entre as diferenças de forças eletromotrizes de peças em contáto e a localização das concreções.
- VIII) Mecanismo da formação das concreções.

Os estudos feitos de acordo com esse programma conduziram aos resultados e ás conclusões expostos a seguir.

I — Apreciação geral sobre o estado dos hidrometros

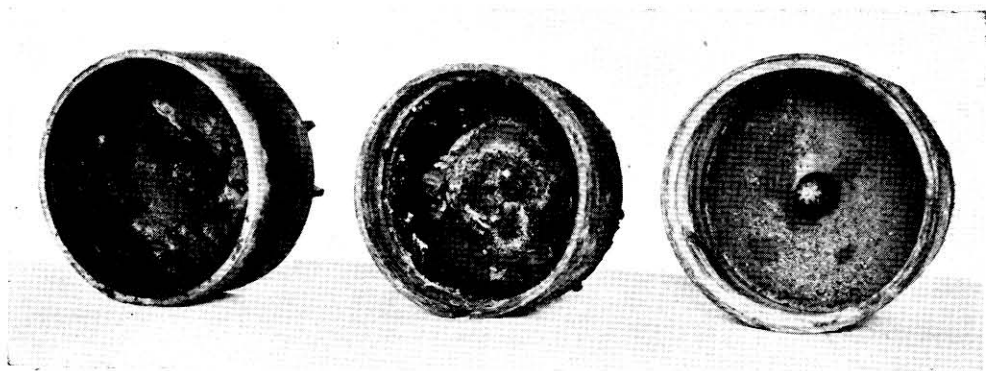
Os hidrometros utilizados no presente estudo estiveram em serviço de tres a seis anos, em varios pontos da rêde da Capital; os quatro aparelhos indicados na alinea a) foram retirados do setor



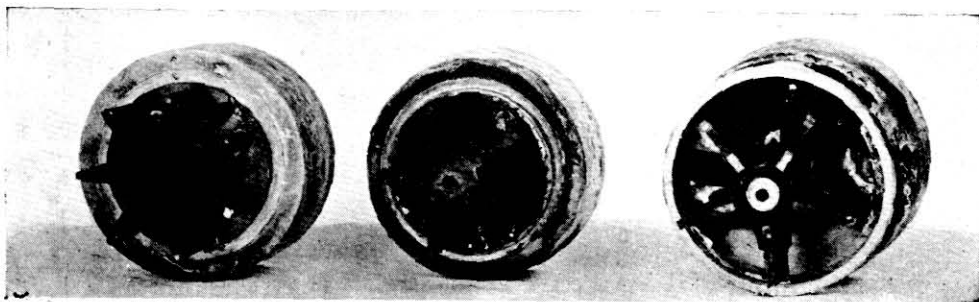
Fotografia n.º 1 — Aspecto das carcassas dos hidrometros apresentados a exame, mostrando as concreções.



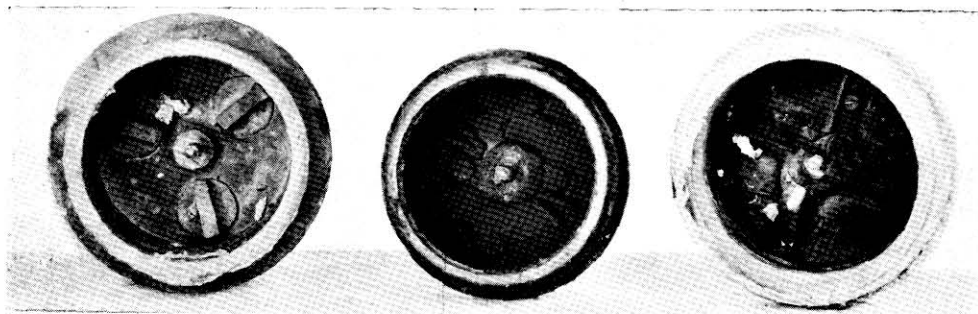
Fotografia n.º 2 — Aspecto da placa onde se acha a engrenagem da ligação do movimento da turbina ao totalizador dos hidrometros estudados, mostrando as concreções



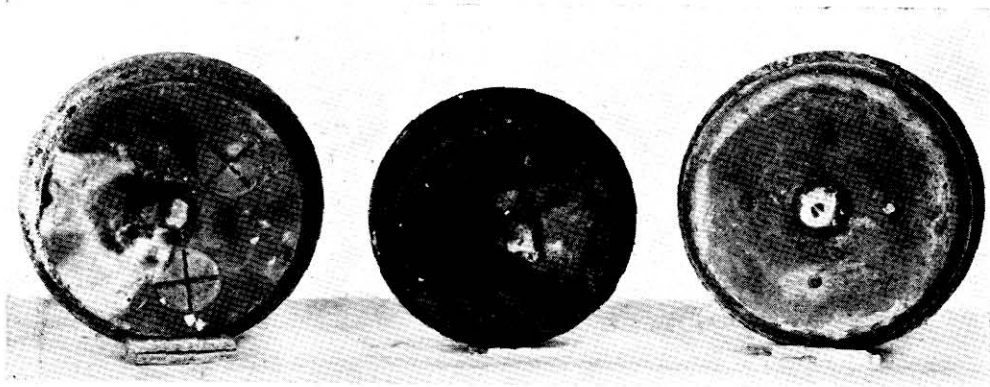
Fotografia n.º 3 — Aspecto do fundo interno das caixas de engrenagens dos hidrometros estudados, mostrando as concreções.



Fotografia n.º 4 — Aspecto do fundo externo das caixas de engrenagens e dos rotores dos hidrometros estudados, mostrando as concreções.



Fotografia n.º 5 — Aspecto do fundo das caixas de turbina dos hidrometros estudados, mostrando as concreções.



Fotografia n.º 6 — Aspecto do fundo externo das caixas de turbina dos hidrometros estudados mostrando as concreções.

servido por agua submetida apenas á esterilização pelo cloro. Os demais estiveram em funcionamento no setor fornecido de agua que sofreu o tratamento de purificação por sulfato de aluminio e hidróxido de calcio e subseqüente esterilização por cloro (1).

Hidrometros da rede de aguas tratadas

Nos hidrometros que funcionaram na rede de aguas tratadas pelo sulfato de aluminio e hidróxido de calcio e cloro, observou-se uma disposição bastante intensa de uma substancia gelatinosa quando humida, e pulverulenta quando seca, de cor amarelo claro, formando concreções regularmente compactas nas varias peças que compõem o aparelho; essas concreções estavam porem, localizadas em regiões determinadas, mais ou menos as mesmas para aparelhos da mesma marca, conforme segue; (V. fotografias n.ºs 1,2,3,4,5 e 6.)

Hidrometros X. — Os pontos preferidos pelas concreções são geralmente os parafusos de regulação da caixa de turbina, tanto no interior como no exterior da caixa, assim como da parte da caixa de engrenagens, cujo fundo constitue o tétó da caixa de turbina: — a placa de metal branco, que serve de espera para os pinhões das engrenagens; — o parafuso de mola que preme a engrenagem da bucha estanque que se liga ao totalizador.

Hidrometros Y. — As concreções aparecem no fundo externo da caixa de turbina, ao redor do parafuso do pinhão do rotor e dos parafusos que prendem as laminas de regulação; — ao redor do parafuso e laminas de barragem no interior da caixa da turbina, tanto no fundo como na tampa; — no fundo interno da caixa de engrenagens; na placa de metal branco que serve de espera para os pinhões das engrenagens e na peça adicional que retem a engrenagem de comunicação com o rotor e no fundo da carcassa, em correspondencia com as concreções da caixa de turbina.

Hidrometros Z. — Os depositos aparecem ao redor do parafuso de espera do pinhão do rotor, no fundo externo da caixa de turbinas; — no interno da dita caixa, ao redor do mesmo parafuso e das laminas da cruzeta de regulação existente nessa caixa; — sobre a travessa da regulação existente acima do rotor e depositos pequenos no fundo da caixa de engrenagens e ao redor da placa de espera de pinhões das engrenagens; no fundo da carcassa e ao redor do parafuso lateral de inspeção, que fica ao nível da travessa.

Hidrometros da rede de aguas apenas cloradas

Nos hidrometros que funcionaram na rede de aguas apenas cloradas, observou-se uma disposição generalizada, pouco espessa, de uma

(1) No presente ensaio as aguas que apenas foram submetidas ao tratamento pelo cloro, foram designadas "aguas apenas cloradas" e as que foram tratadas pelo sulfato de aluminio e hidróxido de calcio e subseqüente esterilização pelo cloro, "aguas tratadas".

substancia parda escura, formando uma pelicula que se fragmentou espontaneamente pela retração sofrida com a secagem.

II — Identificação dos elementos constituintes das concreções

A análise espectrografica qualitativa das concreções revelou que elas contem, de modo geral, grandes quantidades de Zn, Cu e Si quantidades pequenas de Fe, Al e Mg e traços de Ca, K, Sn, Pb, Na e Mn,

A determinação quantitativa dos elementos metalicos principais das concreções, recolhidas em varios pontos de um hidrometro de cada marca, apresenta resultados semelhantes, expostos na tabela I.

Tabela I

Resultados das análises das concreções encontradas nos hidrometros

	Hidrometro X		Hidrometro Y	Hidrometro Z		
	Concreção da caixa de engrenagens	Concreção do suporte das engrenagens	Concreção da caixa da turbina	Concreção da caixa da turbina	Concreção da caixa das engrenagens	Concreção do interior da carcassa
Perda ao fogo	22,4%	36,4%	27,2%	24,0%	23,9%	26,4%
Cu.....	1,55%	1,03%	0,36%	1,20%	6,04%	0,91%
Zn.....	31,6%	21,1%	21,1%	23,4%	32,4%	21,5%

Nota: — Os resultados acima se referem aos materiais depois de dessecados a 110°C.

Como se vê desta tabela, os resultados estão compreendidos entre os valores seguintes:

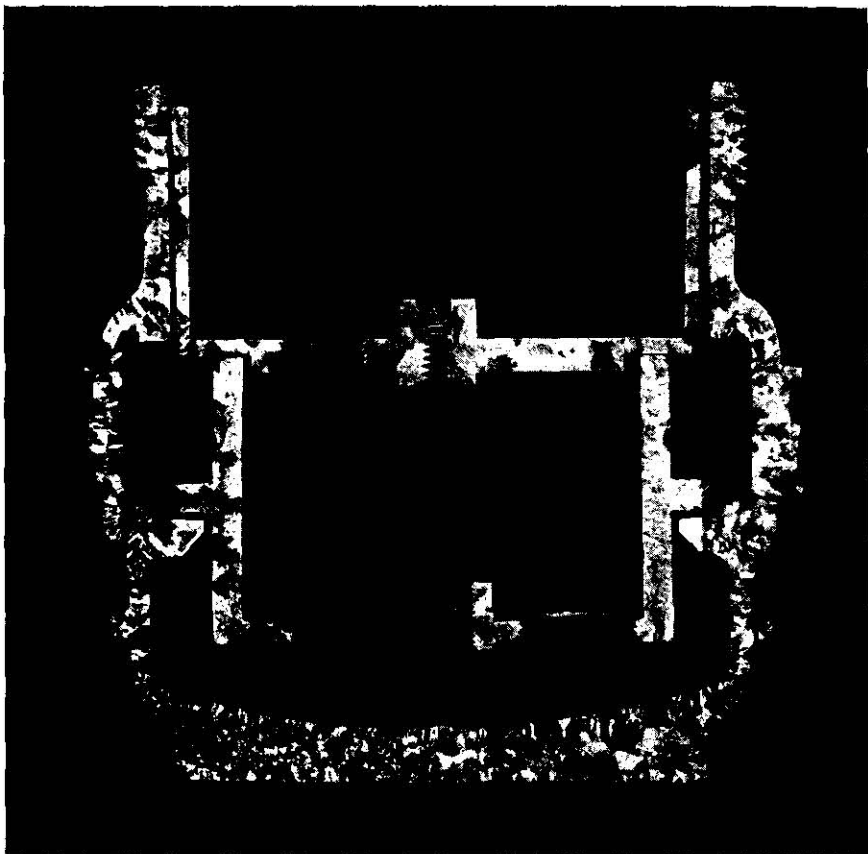
Perda ao fogode 22,4% a 36,4%
 Cude 0,36% a 6,04%
 Znde 21,1% a 32,4%

onde se nota preponderancia do elemento zinco, que se acha principalmente sob forma de hidroxido, na proporção de 34 a 50%.

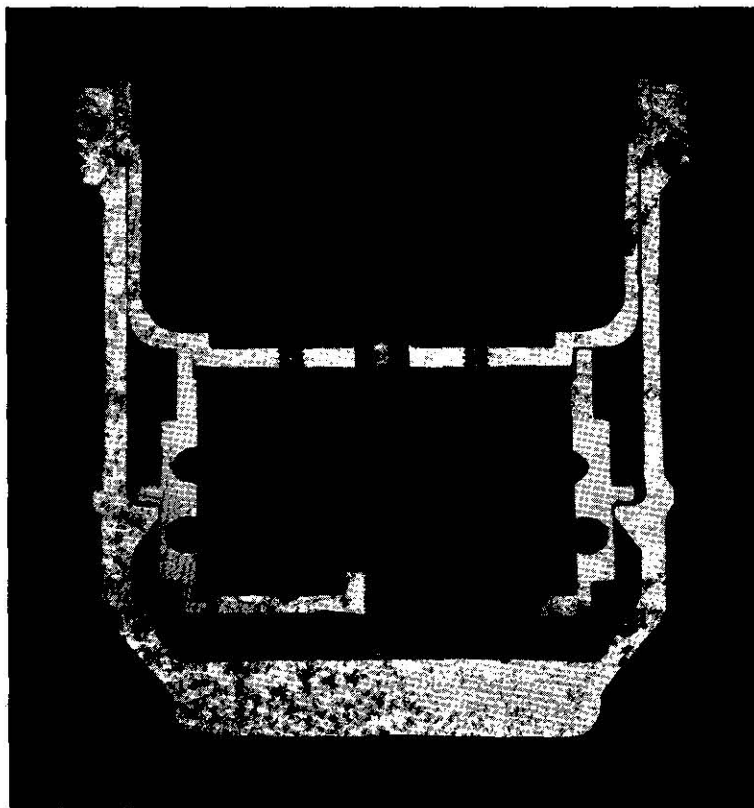
III — Origem das concreções

Os resultados obtidos nas análises, o aspeto e a localização levam á conclusão que as concreções têm sua origem nos materiais que constituem o proprio hidrometro. Resultam, portanto, de uma corrosão das peças constitutivas do aparelho.

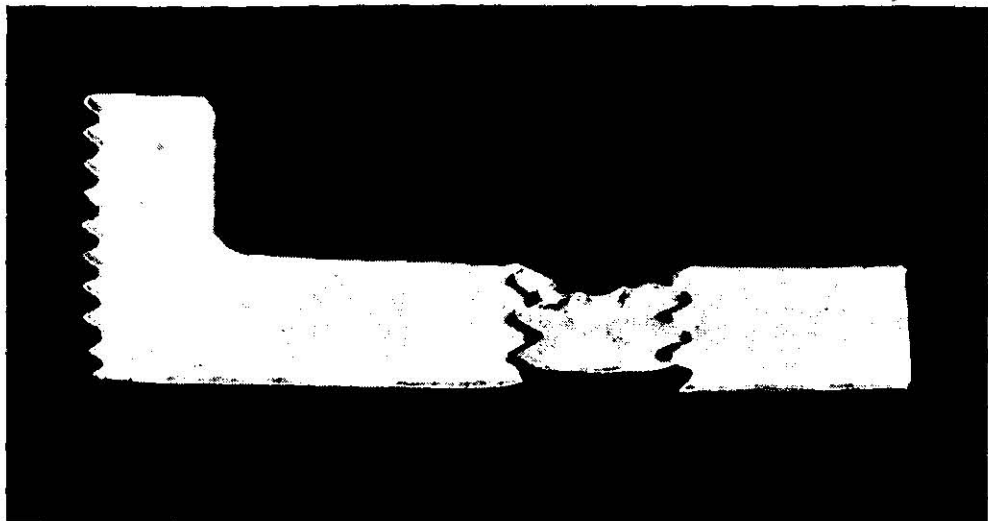
Pelas mesmas análises fica excluida a ideia de que o material das concreções possa provir das canalizações.



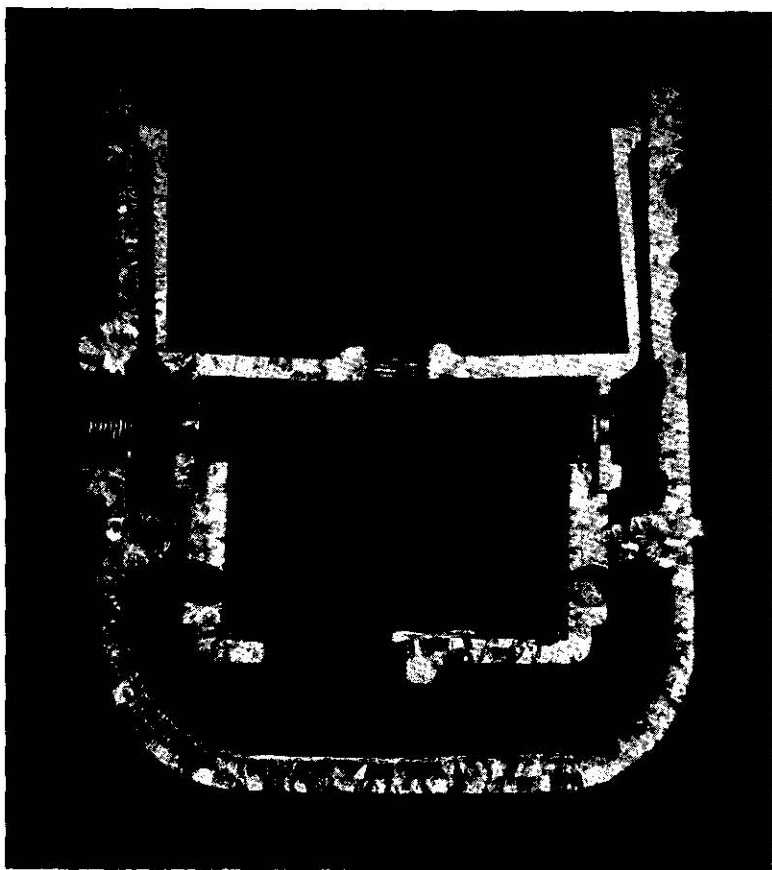
Fotografia n.º 7 — Aspecto da secção axial de um dos hidrometros estudados, após o ataque com o reativo de percloroeto acido de ferro em solução aquosa.



Fotografia n.º 8 — Aspecto da secção axial de um dos hidrometros estudados após o ataque com o reativo de percloroeto acido de ferro em solução aquosa.



Fotografia n.º 9 — Aspecto com ampliação de 6 vezes da parte de um dos hidrometros estudados, cuja falta se nota na fotografia anterior, antes do ataque pelo reativo.



Fotografia n.º 10 — Aspecto da secção axial de um dos hidrometros estudados, após o ataque com o reativo de percloroeto acido de ferro em solução aquosa.

Embora as aguas tragam em suspensão substancias insolúveis, estas não têm a propriedade de formar depositos fixos. Pelo estudo a que foi submetido o material retido em filtros antepostos aos hidrometros, verificou-se em sua constituição química a preponderancia de silica e hidroxido de ferro. O aspeto e a côr desse material são totalmente diferentes das concreções retiradas dos hidrometros.

Em todos os hidrometros ensaiados, quer os provenientes da rede de aguas tratadas, quer os da rede de aguas apenas cloradas, observou-se corrosão, do metal que, em algumas peças e em certas zonas dessas peças, é bastante profunda.

Nos aparelhos provenientes da rede de aguas tratadas, as zonas corroidas mais intensamente correspondem áquelas onde se verificou a deposição de concreções.

Nos hidrometros tirados de rede de aguas apenas cloradas, a corrosão mais intensa é notada nas peças que ficam em contato com agua que se renova constantemente com o funcionamento, isto é, na caixa da turbina e no tambor das engrenagens. As paredes dessa peça apresentam uma corrosão intensa, a ponto de se desenharem nitidamente o contorno das barras e cruzeta de regulação.

A corrosão é perfeitamente visível a olho nú, depois de se ter limpado a superficie com um jato de areia, destinado a remover a película superficial. O exame com a lupa, das zonas corroidas, permite observar a existencia de pontos e pequenas superficies irregulares de côr vermelha de cobre. Os parafusos das caixas de turbina e dos tambores de engrenagens alem da côr vermelha de cobre apresentam uma estrutura porosa e uma resistencia mecanica infima.

As macrografias tiradas de um corte transversal dos aparelhos e algumas partes onde a corrosão era mais intensa dão uma indicação das zonas corroidas e da profundidade da corrosão observada. (fotografias nos. 7, 8, 9, 10, 11 e 12).

IV — Análise química dos metaes e das ligas utilizados na confecção das peças

A análise química foi feita de uma camada superficial das tres peças principais de cada aparelho: carcassa, caixa de turbina e tambor das engrenagens. A camada superficial foi retirada da parede interna e da parede externa com lima, no torno ou com broca, atingindo, nos dois primeiros casos uma espessura de dois decimos de milimetro.

A análise revelou diferença de composição nas ligas usadas para as diversas peças do mesmo aparelho, assim como revelou, para algumas peças, diferença de composição entre superficie interna e a superficie externa á corrosão verificada.

A análise foi feita sobre duas series de aparelhos e mostra, igualmente, que as ligas usadas na confecção das mesmas peças de aparelhos

da mesma fabrica apresentam, em alguns casos, diferenças bastante grandes na sua composição.

Os resultados das analyses feitas se acham consignados na tabela II.

Tabela II

Resultados da análise química das ligas metálicas de que são constituídas as principais peças dos hidrometros.

Peça		Hidro-metro X n.º 3		Hidro-metro X n.º 4		Hidro-metro Y n.º 12		Hidro-metro Y n.º 14		Hidro-metro Z n.º 22		Hidro-metro Z n.º 23	
		Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.
Carcassa	Sn	0,47	0,47	2,06	1,68	0,47	0,51	1,12	1,17	1,22	1,77	1,73	1,73
	Pb	3,45	3,50	4,02	4,70	2,35	2,35	1,49	1,97	1,34	1,26	0,85	0,98
	Cu	62,9	62,9	61,3	61,8	68,4	68,4	68,5	68,9	62,8	69,9	67,3	67,1
	Zn	33,1	33,1	32,6	31,8	28,6	28,5	28,9	27,9	34,6	27,0	30,1	30,2
Caixa de engrenagens	Sn	2,90	3,43	1,95	2,25	0,39	0,39	0,98	0,88	1,20	1,20	2,70	2,35
	Pb	1,50	1,50	2,00	2,10	0,82	0,82	2,06	1,92	1,44	1,50	2,75	3,07
	Cu	72,8	79,8	75,3	75,3	69,9	69,9	68,6	68,9	68,8	67,8	66,0	67,1
	Zn	22,7	22,7	20,7	20,3	28,8	28,8	28,4	28,3	28,5	29,4	28,5	27,1
Caixa das turbinas	Zn	2,80	2,70	2,80	2,75	0,32	0,29	0,48	0,42	0,89	0,96	0,39	0,49
	Pb	1,57	1,57	1,95	1,80	1,40	1,44	0,97	1,09	1,53	1,43	1,72	1,45
	Cu	73,9	73,6	75,0	75,1	59,8	59,5	74,5	74,0	71,1	71,0	62,4	62,92
	Zn	21,6	21,1	20,4	20,3	38,5	38,7	24,0	24,5	26,0	26,0	35,5	31,6

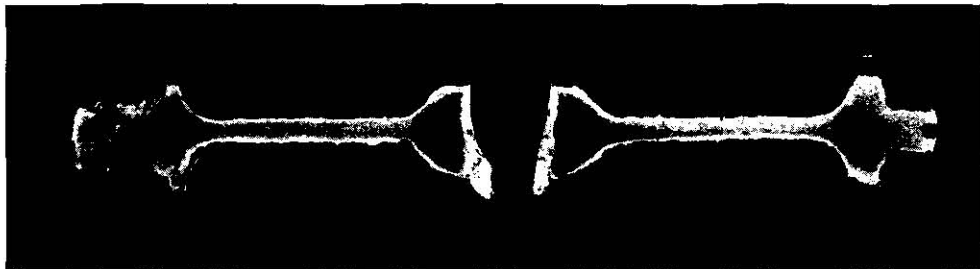
V — Pesquisas das causas da corrosão

Nas ligas metálicas ha a considerar o fenomeno da corrosão resultante de forças eletromotrizes intergranulares, tanto mais importante quanto maior a diversidade de tamanho dos elementos de estrutura (1).

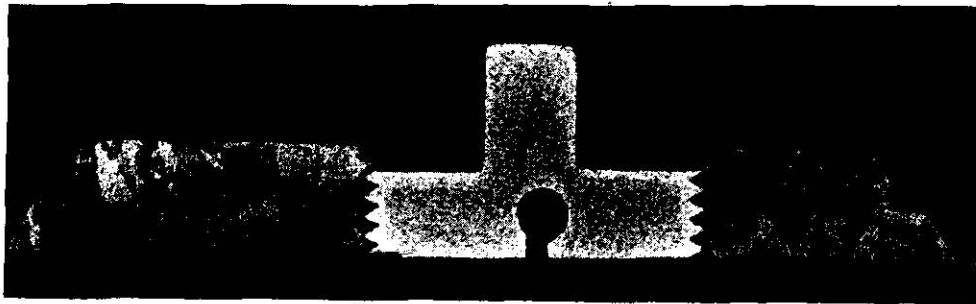
Nas peças examinadas a textura dos latões apresenta heterogeneidades bem sensiveis conforme se vê, nas macrografias anexas, não sendo assim de estranhar o aparecimento, por essa causa, de uma corrosão generalizada.

Mas, alem dessa corrosão generalizada, observou-se outra, pre-

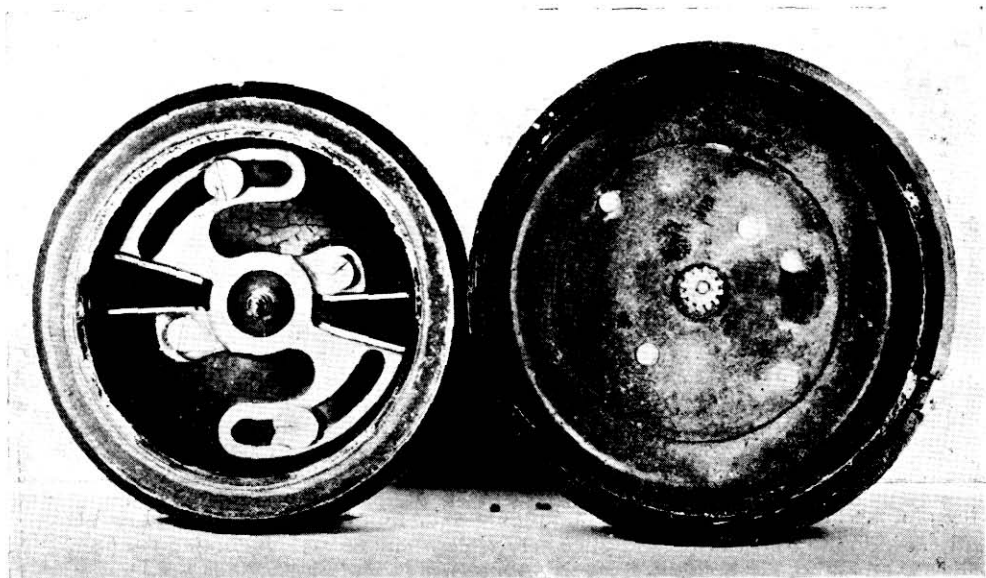
(1) Max Haas. Contribution a l'étude de la corrosion du laiton — Korrosion u. Metallschutz, 1929 — conf. Revue de Metallurgie — Extraits Jan. 1939.



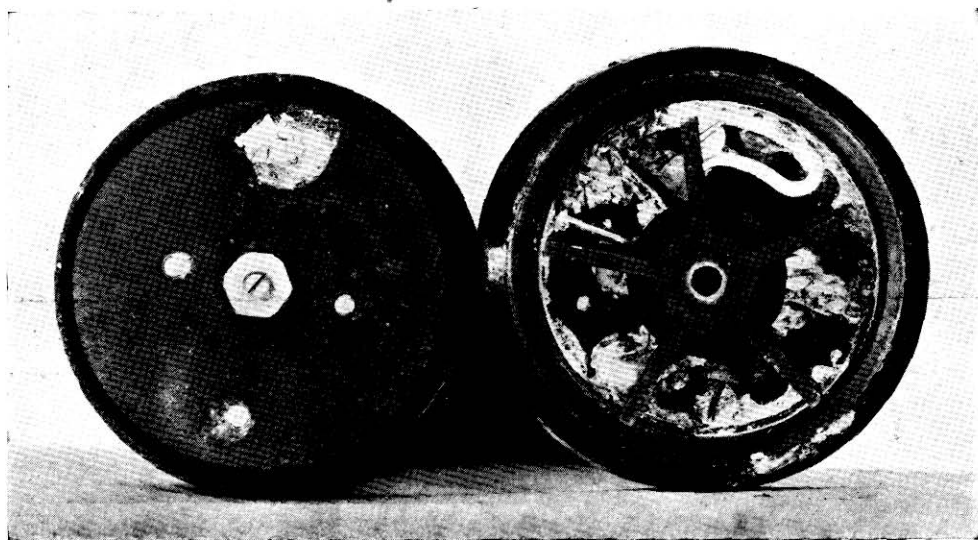
Fotografia n.º 11 — Aspecto com ampliação de 2 vezes, da secção longitudinal da barra de regulação de um dos hidrometros estudados, após o ataque com o reativo de percloroeto acido de ferro.



Fotografia n.º 12 — Aspecto com ampliação de 4 vezes de um corte do fundo da caixa de engrenagens de um dos hidrometros estudados, vendo-se um dos parafusos de regulação. Ataque pelo reativo de percloroeto acido de ferro em solução aquosa.



Fotografia n. 13 — Aspecto do fundo interno da caixa da turbina e do fundo interno da caixa de engrenagem de um dos hidrometros estudados, de construção recente, mostrando as concreções.



Fotografia n.º 14 — Aspecto do fundo externo e do tecto da caixa da turbina de um dos hidrometros estudados, de construção recente, mostrando as concreções

ferencial mais profunda. Esta ultima póde ser atribuida a correntes galvanicas de fraca tensão (1) originadas, pela presença de forças eletromotrizes oriundas de metais diferentes ou de ligas de composição diversa, estando a sua intensidade e a formação de concreções em relação com a natureza do eletrolito em que se acham imersas.

A análise quimica, mostra diferenças relevantes na composição das ligas empregadas. A tabela III dá em numeros redondos para facilitar a comparação, os valores encontrados nas dosagens das ligas empregadas nas diversas peças.

TABELA III

Comparação dos valores encontrados nas dosagens de Cu e Zn das ligas empregadas nas peças dos hidrometros

Elementos	Hidrometro X			Hidrometro Y			Hidrometro Z		
	Carcas- sa	Caixa de en- grena- gens	Caixa de turbina	Carcas- sa	Caixa de en- grena- gens	Caixa de turbina	Carcas- sa	Caixa de en- grena- gens	Caixa de turbina
Cu %	63	75	75	68	69	59	67	58	71
Zn %	33	26	21	28	28	38	30	29	26

Alem dessas ligas de composição diversa, que formam as peças de maior superficie dos hidrometros, existem nesses aparelhos outras peças menores, constituídas de latões com outras composições ou de metaes diferentes (níquel, zinco, etc.)

Tratando-se pois de materiais diferentes, em contato num eletrolito, o efeito observado era de esperar tendo em vista a natureza eletroquímica da corrosão. Quando dois metais ou ligas diferentes são imersos numa solução corrosiva, estabelece-se um circuito electrico, permitindo que um dos metais, tornando-se anodico, entre em solução, ao passo que sobre o outro, que se torna catódico, formam-se hidroxidos ou hidrogenio. (2)

VI — Constatação direta da existencia de pares eletroquimicos

A presença de metais e ligas diferentes, num eletrolito, dá origem a forças eletromotrizes capazes de gerar fenomenos eletroquímicos. A existencia dessas forças eletromotrizes previstas pela análise química das diferentes peças dos hidrometros foi ainda confirmada pela medida direta. Os resultados obtidos acham-se na tabela IV.

As forças eletromotrizes foram medidas em relação ao eletrodo de calomelanos-solução saturada de cloreto de potassio. O eletrolito empregado foi uma solução de sulfato de sodio cristalizado com 10 g/l; a peça entrava em contato com o liquido na abertura superior

(1) F. de Wurstenberger, Le probleme des corrosions sélectives et de la dezincification des laitons — Revue de Metallurgie, Memoires, Nov. 1921.

(2) Speller — Corrosion. Causes and Prevention, N. Y. 1936.

de um ramo dum tubo em U e o sifão do eletrodo de referencia punha-se em contato com outro ramo.

TABELA IV

Forças eletromotrizes em mV, em relação ao eletrodo auxiliar de calomelanos, em uma solução de sulfato de sodio cristalizado a 10 gr/ litro, a 22° C. Médias das determinações feitas nos primeiros cinco minutos. Todos os valores abaixo são negativos em relação ao eletrodo auxiliar

PEÇA	X	Y	Z
Carcassa :			
Interior	158	159	125
Exterior	115	139	93
Parafuso de Inspeção	—	—	194
Caixa da Turbina :			
Interior	113	160	170
Exterior (lado)	81	162	—
Exterior (fundo)	95	114	150
Barras e parafusos de regulação	106	153	145
Travessa de regulação	—	—	155
Caixa de engrenagens :			
Fundo (interior)	92	117	160
Parede (exterior)	137	114	122
Fundo (exterior)	89	133	150
Totalizador :			
Placa superior	—	189	156
Placa inferior	273	148	188
Superfície inferior da placa superior	121	133	168

O emprego de solução de sulfato de sodio com 10 g/l, relativamente concentrada em comparação com o liquido que circula normalmente pelo hidrometro justifica-se pelo fato de tornar, essa solução, mais facil á execução das medidas, por ser de condutibilidade elétrica elevada. Aliás a passagem para concentrações mais baixas não viria influir sensivelmente nos resultados pois sabe-se que, com a diluição, a força eletromotriz se modifica muito pouco e tende para um valor constante.

Para evitar a modificação da superficie, ao eliminar a película superficial, afim de estabelecer um contacto perfeito com o liquido, não se fez a decapagem com banhos acidos ou alcalinos, mas com um jato de areia.

Apesar dos cuidados tomados nestas determinações, os potenciais

não se mantinham muito constantes, em virtude de fenomenos de polarização. Os valores da tabela IV representam a média dos resultados obtidos, nos primeiros cinco minutos, de leituras feitas de minuto em minuto. A primeira determinação era feita imediatamente ao sair a peça do jato de areia, empregando-se eletrolito novo na determinação de cada peça.

TABELA V

Diferenças em mV, entre os valores das forças eletromotrizes de peças contiguas dos hidrometros em paralelismo com o volume das concreções

ELEMENTOS CONSIDERADOS	HIDROMETROS		
	X	Y	Z
Carcassa — superfície interna, fundo/parafuso ou barras de regulação.....	73	45	25
Congreções da superfície interna do fundo da carcassa.....	+	++	+
Carcassa da turbina — superfície externa, fundo/parafusos ou barras de regulação.....	11	39	5
Concreções do fundo externo da caixa de turbina.....	+++	+++	+
Caixa da turbina, superfície interna do fundo/parafusos ou barras de regulação	7	7	25
Concreções do fundo externo da caixa de engrenagens.....	+	+	+++
Caixa de engrenagens, superfície externa do fundo, que serve de teto á caixa da turbina/parafusos, barras ou travessa de regulação.....	31	39	33
Concreções do fundo externo da caixa de engrenagens.....	+++	+++	+++
Caixa de engrenagens, superfície interna do fundo/superfície inferior da placa que suporta as engrenagens e que fica muito proxima do fundo da caixa.....	96	156	10
Concreções formadas no fundo caixa e na superfície inferior da placa que suporta as engrenagens.....	+++	+++	+

VII — Correlação entre as diferenças de forças eletromotrizes de peças em contato e a localização das concreções

Examinando os valores encontrados para as diversas forças eletromotrizes, originadas nas peças que formam os hidrometros e, procurando estabelecer uma correlação entre os valores e a localização das concreções nos hidrometros de agua tratada, observa-se que:

a) existem diferenças apreciaveis entre as forças eletromotrizes das partes internas de uma mesma peça, revelando desigualdades de estrutura fisica ou de composição química superficial, nem sempre possível de evidenciar pela análise química;

b) ha paralelismo visível entre as forças eletromotrizes, e a existencia de concreções mais volumosas.

O quadro comparativo da tabela V evidencia de modo satisfatorio esse paralelismo. As quantidades relativas das concreções são indicadas na tabela em razão de sua importancia, pelos sinais +,

VIII — Mecanismo da formação de concreções

A formação das concreções está condicionada á proximidade dos pontos ou superficie que funcionam como anodo e catodo. Superficies de metais diferentes distantes, mesmo que originem diferenças de força eletromotriz elevadas, poderão causar corrosão, com uma intensidade que será função da condutibilidade eletrica e da concentração do oxigenio, mas não produzirão concreções desde que os produtos da corrosão sejam soluveis. É como se explicam alguns desvios de correlação da tabela V, onde esses factores não são considerados.

As pilhas formadas pelas ligas de constituição diversa, cujas forças eletromotrizes são indicadas na tabela V, podem ser representadas esquematicamente deste modo:

Liga A/ eletrolito / liga B

onde a liga A funciona como catodo e a liga B como anodo.

Este esquema facilita a compreensão da formação das concreções mais volumosas, constituídas principalmente de hidroxido de zinco, assim como a sua localização nos pontos limitrofes de duas peças de constituição química diferente. Sobre a liga A, que funciona como catodo, ha uma formação de ions de zinco e de cobre (1); achando-se o anodo suficientemente proximo do catodo, a difusão do hidroxido alcalino produz a precipitação do hidroxido de zinco. Os sais de cobre, em contato com o latão não alterado, depositam o cobre, sob forma esponjosa, resultando o fenomeno denominado dezincificação.

(1) U. R. Evans — Korrosion der Metalle, Zurich, 1936

Segundo Evans (1) a agua pura, em presença de oxigenio, ataca sensivelmente os metais comuns. Esse ataque, porém, é lento e tende a cessar. Isso se dá, provavelmente, devido á insolubilidade dos oxidos e hidroxidos, que limitam o ataque; a camada de óxido ou hidroxidos, saturando a superficie, modifica a natureza fisica dos metais imersos que formam o par eletroquímico: essa camada retarda a corrosão. Se a agua, porem, contiver um sal dissolvido, a corrosão, eletroquímica que se verifica não será atenuada pela camada depositada.

No caso de aguas apenas cloradas, a sua composição ionica (2) aproxima-a da agua pura e, por isso, a corrosão é menos pronunciada. Demais, a materia organica coloidal deve exercer uma ação inibidora, provavelmente por consumir oxigenio (3) ou por se depositar uma tenue camada por toda a superficie, dificultando a difusão.

No caso de agua tratada, introduzem-se fatores que favorecem a corrosão. É sabido que, no processo de purificação das aguas pelo tratamento com sulfato de aluminio e hidroxido de calcio, são consequencias forçadas do processo a eliminação de uma grande parte de materia organica e a introdução de sulfato de calcio, na proporção de cerca, de 10 mg/l. Este eletrolito vai realçar a corrosividade da agua, pelo aumento de sua condutibilidade eletrica e pela introdução de ions em numero elevado, relativamente á pobreza de mineralização de nossas aguas naturais.

CONCLUSÕES

1) Todos os hidrometros enviados pela "Comissão de Estudos dos Hidrometros da Repartição de Aguas", para o presente estudo, apresentavam uma corrosão generalizada nas superficies das peças que trabalham em contato com a agua comum nos latões de estrutura heterogenea como os que foram utilizados na confeção desses aparelhos.

2) Alem dessa corrosão generalizada, verificou-se outra, preferencial de maior gravidade, atribuida a inumeros pares eletroquímicos, consequentes da diversidade de metais e ligas utilizados na fabricação dos hidrometros examinados.

3) Os hidrometros procedentes da rede de aguas tratadas por sulfato de aluminio e hidroxido de calcio e subsequente esterilização por cloro, apresentavam concreções em seu interior, nas regiões de corrosão mais intensa, constituídas principalmente de hidroxido de

(1) U. R. Evans — La corrosion et la protection des metaux, Paris 1933.

(2) Ao aplicar este mecanismo da corrosão ao caso em apreço, é preciso esclarecer que as nossas aguas são excessivamente pobres em substancias minerais. O seu residuo mineral em geral, não vai alem de 50 mg por litro sendo, mais de metade, sílica.

(3) Speller — Corrosion, Causes and Provention, N. Y. 1936.

zínco. Essas concreções, que são consequência da corrosão, alteravam e entravavam quasi completamente a marcha do mecanismo, inutilizando os hidrometros para a função a que se destinam.

4) Ha uma diferença de comportamento nos produtos da corrosão quanto á sua solubilização e consequente arrastamento pela agua ou quanto á sua deposição em determinadas regiões do aparelho que é atribuida ao aumento de concentração ionica decorrente da introdução de *sulfato de calcio* e a eliminação de materia organica coloidal, pelo tratamento da agua com sulfato de aluminio e hidroxido de calcio.

5) Os estudos procedidos demonstraram que nenhum dos tres tipos de hidrometro apresenta, sobre os outros, construção mais perfeita, no sentido de evitar ou de tornar menos nefastos os fenomenos da corrosão.

Appendice

O presente estudo já se achava praticamente concluido quando, pela Comissão, foram apresentados dois hidrometros de construção mais recente, um marca Y e outro marca Z. Esses dois hidrometros estiveram em serviço na rede de aguas tratadas durante pouco mais de um ano.

Hidrometro Y — O hidrometro Y, acima referido, apresenta, como diferenças essenciaes em construção, a substituição da caixa da turbina de latão por uma caixa de formato semelhante, de ebonite. As barras de regulação que, nos aparelhos a que se refere este estudo, são de latão niquelado, foram substituidas por barras de perfil identico inteiramente de niquel, presas ao fundo da caixa com parafusos do mesmo metal. A caixa de engrenagens é de latão, mas apresenta a superficie protegida por uma camada de verniz, que neste hidrometro se acha ainda em bom estado, notando-se pequenas falhas proximas ás barras de regulação.

Verificou-se, neste hidrometro, a presença de concreções de composição semelhante a das concreções observadas nos hidrometros antigos nas quais aparece tambem o elemento niquel. Essas concreções se acham depositadas ao redor das barras de regulação de niquel, em contato com o fundo externo da caixa de engrenagens, de latão envernizado, que serve de tétó á caixa da turbina, especialmente sobre as falhas observadas no verniz.

Retiradas as concreções, tornou-se visivel a corrosão sobre as pequenas superficies do latão não protegido. Notou-se igualmente a formação de concreções sobre as pontas dos parafusos de niquel que prendem as barras de regulação ao fundo da caixa da turbina. Essas pontas se defrontam com o fundo interno da carcassa e lhe ficam proximas (V. fotografias n.^{os} 13 e 14).

Hidrometro Z — O hidrometro Z, de construção recente, é radicalmente diferente dos aparelhos da mesma marca que serviram a este estudo. Todas as peças do mecanismo que, nos modelos anteriores eram de latão, com exceção do rotor que tinha as pás de celuloide, foram substituídas por ebonite ou por níquel.

São de ebonite a caixa da turbina, as pás do rotor, a caixa de engrenagens e as placas-suporte das engrenagens. As barras de regulação se acham estampadas no proprio fundo da caixa. De níquel são os eixos do rotor e das engrenagens, assim como todas as engrenagens, eixos, placas-suporte e parafusos do sistema totalizador.

E' de notar ainda que o sistema de engrenagens de redução de velocidade que fica imerso no liquido, tem as engrenagens maiores de ebonite e as menores de níquel, de modo que as partes que o constituem ficam isoladas eletricamente entre si.

A carcassa é de latão, protegida interiormente por uma camada de verniz negro.

Neste aparelho não se notou concreção alguma nem tão pouco corrosão em nenhuma das suas peças. Era apenas visível uma tenue camada, por toda a superficie das peças que ficam em contato com a agua, de uma substancia de cor parda escura.

* *

O estudo da construção destes hidrometros e a observação de seu estado, após um ano de serviço na rede de aguas tratadas, revela a intenção dos construtores de introduzir modificações visando tornar esses aparelhos menos sujeitos ao fenomeno da corrosão.

No aparelho Y de modelo recente, o objetivo não é alcançado. A substituição apenas parcial das peças mais sujeitas ao ataque, por ebonite ou níquel, mostra que os fabricantes não investigaram suficientemente a causa de inutilização dos hidrometros. De fato, a corrosão não foi evitada e as concreções observadas no hidrometro, que esteve em serviço durante um tempo relativamente curto, podem ser consideradas graves.

A substituição de algumas peças apenas, por um metal mais nobre, como o níquel, não poderia, por si só, evitar o fenomeno, dado o mecanismo da corrosão. Pelo contrario, na presença de outros metais ou ligas, como é o caso, essa substituição pode favorecer o fenomeno.

No hidrometro Z, as modificações introduzidas parecem estar baseadas num estudo racional dos fenomenos da corrosão. A substituição das partes metálicas do mecanismo por um metal mais nobre ou por um material inerte foi completa; nota-se atravez da colocação das engrenagens, que trabalham imersas no liquido, sobre suporte de ebonite e do emprego deste isolante na fabricação dessas engrenagens, uma preocupação evidente de evitar a formação de pares eletroquímicos.

*
*
*

O exame destes dois tipos de hidrometros de fabricação recente em nada altera as conclusões a que se chegou neste estudo. Pelo contrario, as modificações introduzidas e a observação do comportamento desses aparelhos, em relação á corrosão e á formação de concreções, constituem uma contra-prova, segundo a qual se póde concluir que as causas apontadas e deduzidas da presente pesquisa são essencialmente corretas.

São Paulo, 29 de Dezembro de 1938.

a) *F. J. Maffei*
Químico chefe da secção

a) *Adriano Marchini*
Pelo diretor

a) *Oscar Bergstrom Lourenço*
Químico