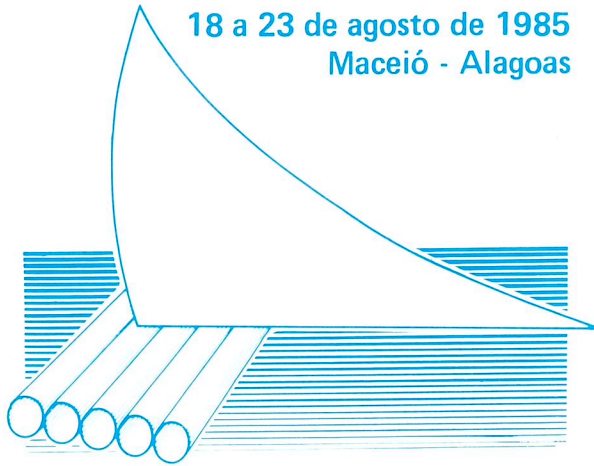


18 a 23 de agosto de 1985
Maceió - Alagoas



ABES — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

13^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

48

ARQUIVO TECNICO

DISSIPAÇÃO DE CLORO EM PISCINAS

405
1764d
14266



00683

014266

CETESB



CETESB

Diretor Presidente: Werner Eugênio Zulauf. **Diretor Financeiro:** Paulo Bezerril Junior. **Diretor Administrativo:** Antonio Alves de Almeida. **Diretor de Engenharia:** Nelson Mansour Nabhan. **Diretor de Controle:** Nelson Vieira de Vasconcelos. **Diretor de Planejamento Ambiental:** Fredmar Corrêa. **Diretor de Pesquisa:** Samuel Murgel Branco.

ESCRITÓRIO CENTRAL

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
São Paulo - CEP 05459 - Telefone: (DDD 011) 210-1100
Telex (011) 222-46 - CTS - BR

UNIDADES REGIONAIS E ESCRITÓRIOS

● **Estado de São Paulo**

Araçatuba: Rua Silva Jardim, 906
Fone: (0186) 23.6838 - CEP 16.100
Araraquara: Av. Espanha, 188
Fone (0162) 32.2211 - CEP 14.800
Bauru: Rua Gerson França, 11-60
Fone: (0142) 23.8466 - CEP 17.100
Campinas: Rua São Carlos, 287
Fone: (0192) 32.3366 - CEP 13.100
Cubatão: Rua Assembléia de Deus, 39 Salas 405 e 407
Fone: (0132) 61.1660 e 611301 - CEP 11.500
Franca: Av. Champagnat, 1808
Fone: (016) 723.9700 - CEP 14.400
Guarulhos: Rua Brás Cubas, 95
Fone: (011) 209.8413 - CEP 07.000
Ipiranga: Rua Caramuru, 573
Fone: (011) 275.7102 - CEP 04138
Marília: Av. Sampaio Vidal, 106
Fone: (0144) 33.8879, 33.8521, 33.8733 - CEP 17.500
Mogi das Cruzes: Rua Prof. Floriano de Melo, 330
Fone: (011) 469.3490 - CEP 08.700
Novo Horizonte: Av. da Saudade, s/n
Fone: (0175) 42.1950 - CEP 14.960
Osasco: Rua Nathanael Titto Salmon, 268
Fone: (011) 801.9736 - CEP 06.000
Piracicaba: Rua Moraes Barros, 264
Fone: (0194) 34.5132 - CEP 13.400
Presidente Prudente: Rua Siqueira Campos, 699
Fone: (0182) 22.1044 - CEP: 19.100
Ribeirão Preto: Rua Amador Bueno, 1294/1302
Fone: (016) 634.6044, 634.4536, 625.9500
- CEP 14.100
Santana: Av. Gal. Ataliba Leonel, 379
Fone: (011) 267.7562 - CEP 02.033
Santos: Rua Itapura de Miranda, 158
Fone: (0132) 33.7127, 32.9550 - CEP 11.100
Santo André: Rua Juquiá, 555
Fone: (011) 444.3519, 444.5767 - CEP.: 09.000
São Bernardo do Campo: Av. Brig. Faria Lima, 360
Fone: (011) 443.4188 - CEP 09700
Sorocaba: Av. Dr. Eugênio Salermo, 157
Fone: (0152) 31.4877, 312065 - CEP 12.100
Tatuapé: Rua Henrique Setorio, 221
Fone: (011) 217.7505 - CEP 03.066
Taubaté: Rua Itambé, 38
Fone: (0122) 32.4829, 324900, 32.4867 - CEP 12.100

● **Outros Estados**

Florianópolis - SC

Rua João Pinto, 6 - 2º andar - s/203
Fone: (0482) 22.7690 - CEP 88.000

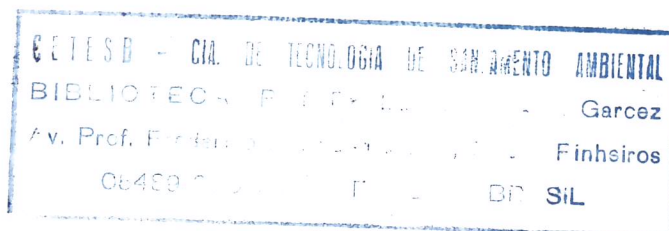
Recife - PE

Rua das Fronteiras, 160
Fone: (081) 222.1013 - CEP 50.000

DISSIPAÇÃO DE CLORO EM PISCINAS

Celso Eufrásio Monteiro
Eng.^o Químico e Sanitarista
Mestre em Saúde Pública
Sétimo Humberto Marangon
Tecnólogo em Saneamento

GERÊNCIA REGIONAL DE SOROCABA



A cloração das águas de piscinas têm sido um daqueles problemas que sob o aspecto teórico não apresenta maiores dificuldades de solução, mas que na prática mostra-se complexo, a ponto de se poder afirmar com segurança que no nosso meio constituem exceções as piscinas que por todo tempo apresentem águas com teores desejáveis de cloro residual livre (ácido hipocloroso).

É de suma importância a presença constante do cloro residual livre nas piscinas, pois é este cloro residual que vai ser utilizado na oxidação de substâncias inorgânicas e orgânicas e destruir ou inativar outros microrganismos que venham a ser introduzidos às piscinas com o tempo. Considerando que em condições favoráveis as algas proliferam em poucas horas e que o cloro residual livre é um bom algicida, sua presença por todo tempo na água, dentro das concentrações recomendadas, representa um seguro controle para as algas, dispensando por completo o emprego de um outro algicida.

As dificuldades práticas de se manter, de maneira constante os níveis de cloro dentro dos teores desejáveis levam frequentemente os operadores de piscinas a procedimentos condenáveis sob o ponto de vista de saúde pública, representados pelo uso de algicidas puros para prevenir a proliferação de algas. Tais algicidas acabam por servir apenas para camuflar um tratamento deficiente da água.

DISSIPAÇÃO DO CLORO PELA LUZ SOLAR

A reposição de cloro em piscinas depende de seu consumo que, por sua vez, é função do número de frequentadores, do estado de asseio dos mesmos, da introdução de substâncias que o consomem e da temperatura. No entanto, os raios ultravioleta da luz solar são os principais responsáveis pela necessidade de reposição de cloro. Em piscinas em que o cloro é adicionado descontinuamente, cerca de duas horas de sol são suficientes para se observar uma dissipação comprometedoras do agente de desinfecção. Os raios ultravioleta decompõem o ácido hipocloroso segundo a equação que segue, de maneira tão intensa a ponto de exigir esforços

CLASS	
4 OR	
COMBO	31156 ex.2

na operação de cloração que na prática não se consegue atender.

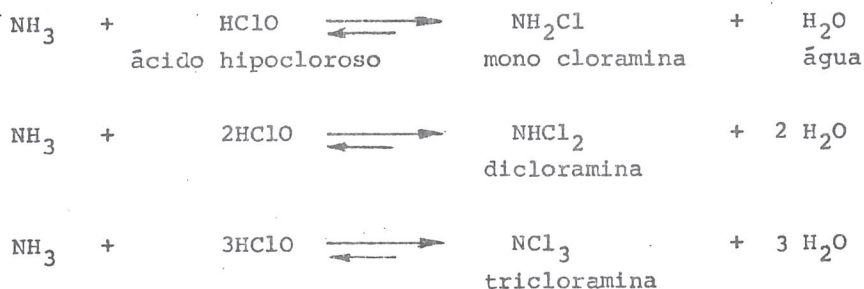


Desde muito vem se estudando uma maneira de minimizar a dissipação do cloro pela luz solar, existindo hoje os chamados estabilizadores de cloro residual, com tal objetivo.

ESTABILIZADOR DE CLORO DE "PRIMEIRA GERAÇÃO"

O primeiro dos atualmente chamados estabilizadores de cloro de piscinas foram as conhecidas cloraminas, empregadas em piscinas como decorrência de experiências no campo do tratamento da água de abastecimento público, iniciadas em 1.930.

Verificou-se que o cloro residual persiste por um tempo muito maior se amônia for adicionada em conjunto com o cloro. O ácido hipocloroso formado pela reação do cloro gás, ou hipoclorito de sódio, ou hipoclorito de cálcio, etc. com a água, tem capacidade de formar com a amônia substâncias conhecidas pelo termo genérico de cloraminas (inorgânicas) e que representam o chamado cloro residual combinado. A formação dessas cloraminas pode ser representada pelas equações químicas que seguem:



Apesar das cloraminas persistirem por um tempo maior, elas não são cogitadas para uso em piscinas por causa de sérios problemas que apresentam, ou sejam: demoram de 25 a 100 vezes mais para destruir ou inativar os microrganismos; produzem queimadura nos olhos; causam irritações na pele e conferem odor desagradável à água. As queimaduras nos olhos, as irritações na pele e o odor desagradável são frequentemente relacionados com o cloro (cloro residual livre), mas na realidade acabam por serem causados pelas cloraminas (cloro residual combinado).

Contudo indesejáveis, as cloraminas formam-se normalmente nas piscinas pela reação do ácido hipocloroso com compostos de nitrogênio provenientes do suor e urina. É por este motivo que modernamente as águas de piscinas passam por uma supercloração periódica, geralmente semanal, que se constitui num tratamento extra, tratando-se na prática de uma cloração ao "break point", que oxida a amônia e compostos orgânicos nitrogenados formadores das cloraminas e as próprias cloraminas, além de destruir ou inativar bactérias, algas e outros microrganismos que eventualmente estejam presentes.

Atualmente, existem restrições dos órgãos de saúde aos estabilizadores de cloro baseados nas cloraminas inorgânicas.

ÁCIDO SULFÂMICO

O ácido sulfâmico apareceu como estabilizador de cloro em 1956, sendo o primeiro a pretender operar a base do cloro residual livre. Foi usado amplamente numa certa época nos

USA porque também servia para corrigir o pH e remover incrustações, tornando-se muito popular entre os proprietários de pequenas piscinas.

O ácido sulfâmico é um sólido granulado, comercializado então em tabletes, tendo como fórmula HSO_3NH_2 que reage como o ácido hipocloroso formando o ácido clorossulfâmico e o ácido diclorossulfâmico, segundo as equações que seguem:



As experiências operacionais com o ácido sulfâmico como estabilizador estiveram longe de ser satisfatórias provavelmente devido a instabilidade na presença da luz solar do ácido diclorossulfâmico e da débil ação desinfetante e algicida do ácido clorossulfâmico.

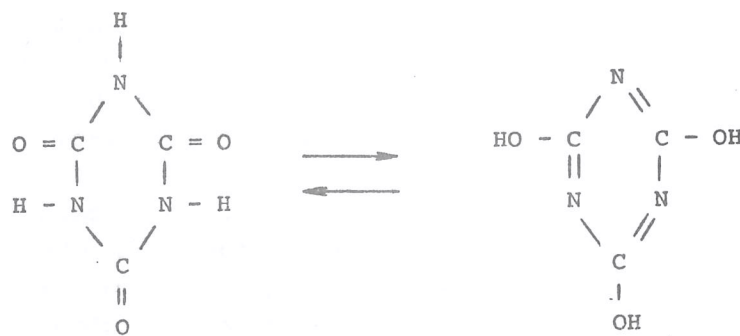
Nos USA, o uso do ácido sulfâmico em piscinas não chegou a ser proibido, mas muitos departamentos de saúde desaconselharam seu uso.

ÁCIDO CIANÚRICO

O ácido cianúrico também chamado de ácido isocianúrico ou trihidroxi-s-triazina (como é denominado no Brasil) é atualmente o mais efetivo estabilizador de cloro disponível no comércio.

É um ácido orgânico trivalente fraco, atuando muito pouco sobre o pH, com solubilidade limitada na água (1,5 g/l a 25°C), apresentando cor branca no estado sólido em que é comercializado sob a forma granulada.

Sua fórmula química molecular é $\text{H}_3\text{C}_3\text{N}_3\text{O}_3$ e pode ser representada por duas formas estruturais, a saber:

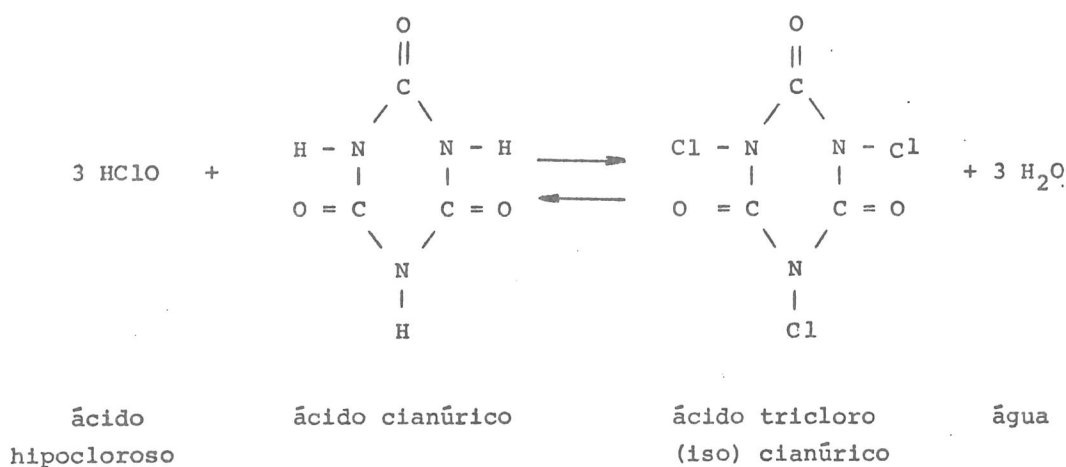


predomina no estado sólido

predomina em solução

Hidroliza na água e dissocia liberando cátions hidrogênio que podem ser substituídos por íons metálicos e átomos de cloro no estado de valência + 1. Para alguns é a ligação formada entre o ácido cianúrico e o cloro que promove a estabilização do cloro na presença da luz solar. Dependendo do pH e da concentração, os átomos de cloro com valência + 1 permanecem ligados ao anel do ácido cianúrico, mas com o tempo ionizam, desligando-se do anel,

formando o ácido hipocloroso. O mecanismo não é totalmente conhecido, mas pode ser descrito da seguinte maneira:



Dependendo das condições há formação de derivado mono, di-e-tri-clorado do ácido cianúrico, ou uma mistura, valendo da mesma maneira as explicações a seguir. O produto da reação do ácido cianúrico com o ácido hipocloroso é um composto genericamente classificado como uma cloramina orgânica. Em comum esses compostos têm átomo ou átomos de cloro com valência + 1 que representam o cloro residual disponível, o mesmo átomo de cloro do ácido hipocloroso.

A última equação química representa uma reação reversível que no equilíbrio deve apresentar quantidades constantes do ácido hipocloroso, ácido cianúrico e do ácido tricloro (iso) cianúrico. No entanto, o ácido hipocloroso é consumido na oxidação de substâncias inorgânicas, substâncias orgânicas, na inativação ou destruição de microrganismos e pela dissipação pelos raios ultravioleta da luz solar. Pelo Princípio de Le Chatelier o consumo do ácido hipocloroso faz com que a reação se desloque no sentido de sua regeneração para obtenção de um novo equilíbrio. Vale dizer, que à medida em que há consumo de ácido hipocloroso, o ácido tricloro (iso) cianúrico reage com água, regenerando o ácido hipocloroso. Vale dizer também que em uma piscina contendo ácido cianúrico, com a cloração haverá a produção de derivados clorados do ácido os quais funcionam como verdadeiros "depósitos" de cloro, liberando o ácido hipocloroso a medida que há consumo. Note-se que com tais "depósitos" de cloro o problema de operação e manutenção de piscinas, principalmente a desinfecção fica muito simplificado.

Algumas publicações dão maior ênfase ao fato do ácido cianúrico, mesmo em solução diluída nas piscinas, funcionar como um filtro para os raios ultravioleta da luz solar, visto admitirem ser esta propriedade que impede a dissipação do ácido hipocloroso pelos raios ultravioleta e acaba por possibilitar uma redução do consumo de cloro nas piscinas externas em cerca de 75%.

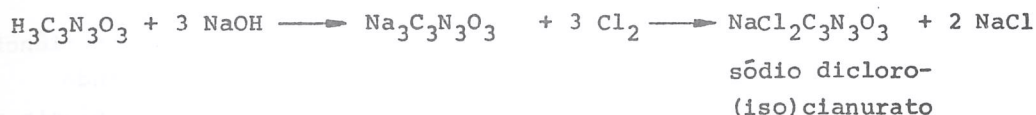
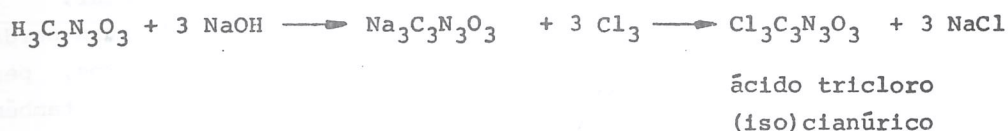
O ácido cianúrico não é consumido na operação normal das piscinas. Há perdas no caso de transbordamento por chuvas, na lavagem dos filtros, borrifo, etc. A evaporação da água não acarreta perdas do produto. Assim em piscinas sem renovação de água, há necessidade de considerável tempo para se observar apreciável redução em sua concentração.

Para estabilizar uma piscina, recomenda-se a concentração mínima do ácido de 25 mg/l e máxima de 100 mg/l. O serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos, estabelece em 100 mg/l a máxima concentração permissível. Em piscinas com concentração de ácido cianúrico de 25 a 60 mg/l recomenda-se operar com 1,0 mg/l de cloro livre. Se a concentração do ácido estiver de 60-100 mg/l recomenda-se operar com 1,5 mg/l de cloro livre.

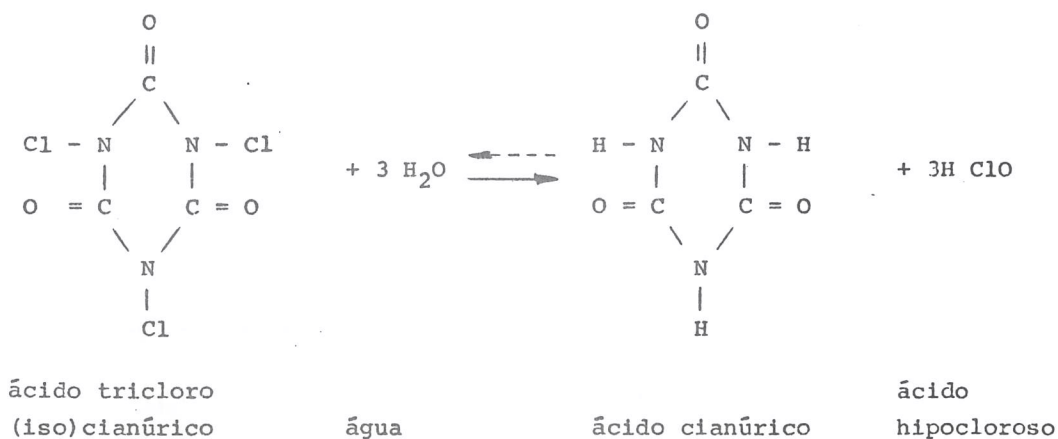
Uma vantagem do emprego do ácido cianúrico é não inviabilizar o emprego do teste da ortotolidina para determinação do cloro residual livre.

CIANURATOS

Os derivados clorados do ácido cianúrico são compostos complexos, brancos, cristalinos, que apresentam um leve odor característico de cloro e quando dissolvidos na água vão liberando ácido hipocloroso e deixam como resíduo o ácido cianúrico. Pelo menos dois desses produtos são fabricados através de uma cloração controlada de sais alcalinos do ácido cianúrico, como mostram as seguintes equações:



Dos derivados clorados, o ácido tricloro (iso) cianúrico é comercializado no Brasil com o nome de tricloro-s-triazina triona servindo como um agente de cloração e como estabilizador de cloro, visto deixar como resíduo o ácido cianúrico, conforme a equação que segue:



O consumo constante do ácido hipocloroso faz com que tal reação seja na prática uma reação de um só sentido, ou seja, da formação do ácido cianúrico e ácido hipocloroso que acaba por ser totalmente consumido. Assim o uso continuado deste cianurato, e de outros, em piscinas sem renovação de água, leva a um acúmulo de ácido cianúrico que pode chegar a concentrações superiores a 100 mg/l. Concentrações superiores a 150 mg/l de ácido cianúrico causam o chamado "bloqueio do cloro" que significa a perda das propriedades de desinfecção do cloro. Há no caso uma tendência do derivado clorado não se hidrolizar. É por este motivo que se deve ter em conta que cada kg do ácido tricloro (iso) cianúrico deixa como resíduo

