

# DISSIPAÇÃO DE CLORO EM PISCINAS

Celso Eufrásio Monteiro<sup>1</sup>  
Sétimo Humberto Marangon<sup>2</sup>

**RESUMO** — O presente trabalho discute o emprego de substâncias atualmente denominadas genericamente de "estabilizadores de cloro", que visam minimizar o problema da dissipação do cloro em piscinas devido à incidência de raios ultravioleta da luz solar, dissipação esta que em termos práticos torna muito complexa a dosagem de cloro. Especial atenção é dispensada ao uso do ácido cianúrico, que chega a reduzir em 75 % o consumo de cloro, diminuindo também o trabalho de manutenção e o uso de cianuretos (cloraminas orgânicas) como agentes de desinfecção.

**Palavras-chave:** piscinas, dissipação de cloro, cloração, estabilizador de cloro, ácido cianúrico, cianuratos.

**ABSTRACT** — This study discusses the use of substances which are at present generically called "chlorine stabilizers" which aims at minimizing the problem of chlorine dissipation in swimming pools due to ultraviolet rays from sunlight. In practical terms, this dissipation makes chlorine dosage very complex. Special attention is given to the use of cyanuric acid which reduces as much as 75 % of chlorine consumption, besides reducing maintenance work and the use of cyanurate (organic chloramines) as disinfection agent.

**Key words:** swimming pool, chlorine dissipation, chlorination, chlorine stabilizer, cyanuric acid, cyanurates.

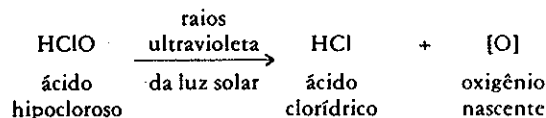
## INTRODUÇÃO

A cloração das águas de piscinas tem sido um daqueles problemas que sob o aspecto teórico não apresentam maiores dificuldades de solução, mas que na prática se mostram complexos, 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 ele será utilizado na oxidação de substâncias inorgânicas e orgânicas e destruirá ou inativará microrganismos que venham a ser introduzidos nas 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 manterem 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 na operação de cloração que na prática não se consegue atender.



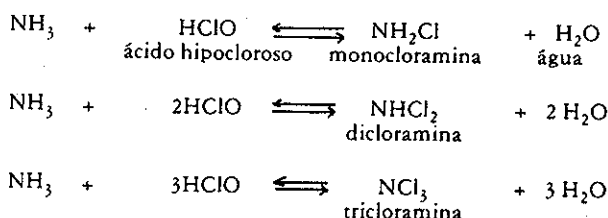
Desde muito vem-se estudando uma maneira de minimizar a dissipação do cloro pela luz solar, existindo hoje os chamados estabilizadores de cloro residual, com tal objetivo.

<sup>1</sup>Engenheiro Químico e Sanitarista da CETESB, Mestre em Saúde Pública.

<sup>2</sup>Tecnólogo em Saneamento, da CETESB.

## 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 1930. Verificou-se que o cloro residual persiste por um tempo muito maior se for adicionada amônia 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:



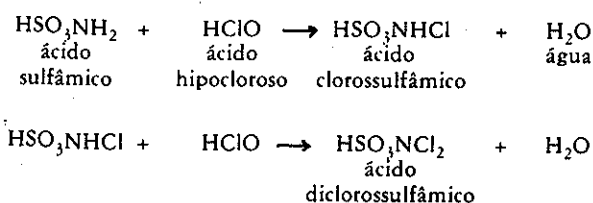
Apesar de as cloraminas persistirem por um tempo maior, elas não são cogitadas para uso em piscinas, por causa dos sérios problemas que apresentam: demoram de 25 a 100 vezes mais para destruir ou inativar os microrganismos; produzem queimadura nos olhos; causam irritações na pele e conferem odor desagradável 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 ser causados pelas cloraminas (cloro residual combinado).

Apesar de indesejáveis, as cloraminas formam-se normalmente nas piscinas pela reação do ácido hipocloroso com compostos de nitrogênio provenientes do suor e da 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 os 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 Estados Unidos, 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  $\text{HSO}_3\text{NH}_2$ , que reage como o ácido hipocloroso, formando o ácido clorossulfâmico e o ácido diclorossulfâmico, segundo as equações que seguem:

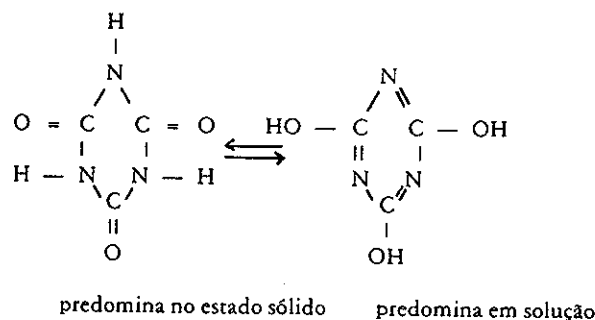


As experiências operacionais com o ácido sulfâmico como estabilizador estiveram longe de ser satisfatórias, provavelmente devido à instabilidade na presença da luz solar do ácido diclorossulfâmico e da débil ação desinfetante e algicida do ácido clorossulfâmico.

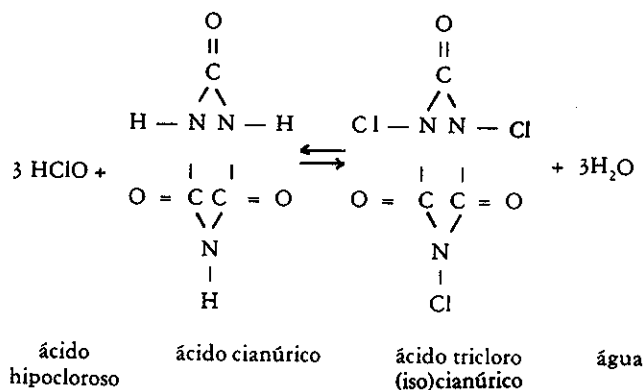
Nos Estados Unidos o uso do ácido sulfâmico em piscinas não chegou a ser proibido, mas muitos departamentos de saúde desaconselharam seu uso.

## 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:



Hidrolisa na água e dissocia liberando cátions hidrogênio que podem ser substituídos por íons metálicos e átomos de cloro com número de oxidação + 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 número de oxidação + 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, dietriclorado 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 número de oxidação + 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 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 à 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 de o 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%.

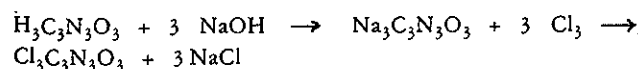
O ácido cianúrico não é consumido na operação normal das piscinas. Há perdas no caso de transbordamento por chuvas, na lavagem dos filtros, borrifo etc. A evaporação da água não acarreta perdas do produto. Assim, em piscinas sem renovação de água, há necessidade de considerável tempo para se observar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

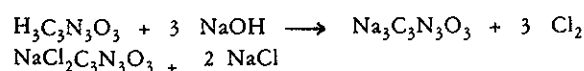
Uma vantagem do emprego do ácido cianúrico é não inviabilizar o emprego do teste da ortotolidina para determinação do cloro residual livre.

## 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:

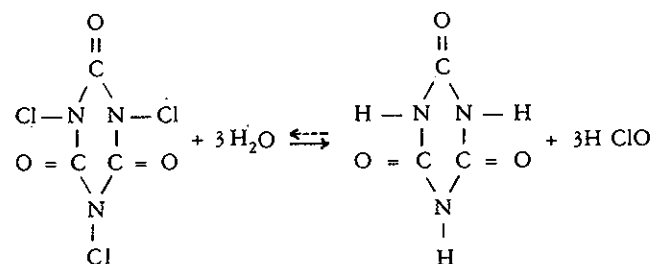


ácido tricloro  
(iso)cianúrico



sódio dicloro-  
(iso)cianurato

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:



ácido tricloro  
(iso)cianúrico

água

ácido  
hipocloroso    ácido cianúrico

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 hidrolisar. É por este motivo que se deve ter em conta que cada quilograma do ácido tricloro(iso)cianúrico deixa como resíduo aproximadamente 550 g de ácido cianúrico.

Os cianuratos são comprovadamente bons agentes de desinfecção e cada um de seus átomos de cloro com números de oxidação + 1 equivale em termos de cloro disponível a uma molécula de gás cloro, entretanto, em nosso país são muito mais caros que o cloro gás e o hipoclorito de sódio. Estima-se que 1 (um) quilo de ácido hipocloroso produzido a partir do ácido tricloro(iso)cianúrico custe dez e 50 vezes mais que igual quantidade obtida a partir do hipoclorito de sódio e gás cloro, respectivamente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em termos práticos, o ácido cianúrico surge talvez como a mais importante opção para minimizar a dissipação do cloro nas piscinas pelos raios ultravioleta da luz solar. O ácido cianúrico que não é consumido pela operação normal das piscinas, ficando suas perdas por conta de transbordamentos por chuvas, da água descartada na lavagem dos filtros, perdas por borrifos etc., chega a reduzir em até 75% o consumo de cloro, acarretando também apreciáveis reduções nas quantidades de produtos químicos usados no ajuste do pH e do trabalho de manutenção. No entanto, sua maior importância está no campo da saúde pública, pois a experiência tem demonstrado que, ainda com esforço, apenas nas piscinas estabilizadas (contendo o ácido cianúrico) consegue-se manter por todo tempo os teores de cloro dentro dos níveis recomendados.

O uso de cianuratos, que deixam como resíduo o ácido cianúrico, caso seja contínuo acaba por elevar a concentração do ácido acima de 150 mg/l nas piscinas sem renovação de água, podendo causar o chamado "bloqueio do cloro". Isto significa a perda das propriedades de desinfecção do cloro. Nestas condições, enquanto não for popularizado no país o teste para avaliação da concentração do ácido cianúrico (baseado no emprego de melamina) o emprego dos cianuratos deve ser prudente.

## REFERÊNCIAS

- 1 — FAUST, J. Phillip & WALDVOGEL, Robert. *Water book para profissionais em piscinas*. Connecticut Olin Chemicals, s.d.
- 2 — LINDA, F. & HOLLENBACH, R.C. The bactericidal efficacy of cyanurates arreview. *Journal of Environmental Health*, Denver, 40(6): 325-329, May/Jun — 1978
- 3 — MARICOPA COUNTY HEALTH DEPARTMENT, Phoenix. *Swimming pool operator's handbook*. 2 ed. Phoenix, Maricopa County Dept. 1972, 76 p.
- 4 — MONTEIRO, Celso Eufrásio. *Piscinas — Manutenção e Tratamento da Água*. São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1984, 80 p.
- 5 — SUNSET: *Swimming Pools*. Menlo Park California, Lane Books, 1972, 66-83 p.
- 6 — WHITE, Clifford. *Handbook of Chlorination*. New York. Van Nostrand Reinhold Co.; 1972, 466-526 p.