

**REVIEW: THE PHYSICO-CHEMICAL STABILITY OR NO CHANGES IN THE PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SWIMMING POOL WATER, pH, ALKALINITY AND HARDNESS, THE IMPORTANCE OF THEIR MONITORING IN THE GUARANTEE OF THE HEALTH OF THE FREQUENTS OF AQUATIC FACILITIES.**

**REVIEW: A ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA OU NÃO ALTERAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DAS PISCINAS, pH, ALCALINIDADE E DUREZA, A IMPORTÂNCIA DO SEU MONITORAMENTO NA GARANTIA DA SAÚDE DOS FREQUENTADORES DE INSTALAÇÕES AQUÁTICAS.**

## **1- Introduction**

### **1- Introdução**

#### **1.1- pH**

#### **1.2- The importance of monitoring the pH value in swimming pool water**

#### **1.2- A importância do monitoramento do valor do pH em águas de piscinas**

**1.3- CRL (Free Residual Chlorine) levels indicated depending on the disinfection process to ensure the microbiological quality of the pool water and aerosols on the aqueous surface**

**1.3- Níveis de CRL (Cloro Residual Livre) indicados em função do processo de desinfecção garantir a qualidade microbiológica da água da piscina e dos aerossóis na superfície aquosa**

**2- WHY DO SOME SWIMMING POOL OWNERS UNABLE THE ORP REACH VALUES GREATER THAN 650 mV?**

**2- PORQUE ALGUNS PISCINEIROS NÃO CONSEGUEM QUE O ORP ALCANCE VALORES MAIORES QUE 650 mV?**

**3- WHY DOES THE CRL ALTER AS THE TEMPERATURE INCREASES?**

**3- PORQUE ALTERA O CRL COM O AUMENTO DA TEMPERATURA?**

4- WHY, UNDER THE SAME CONDITIONS AND SAME TREATMENT, DOES THE pH OF THE WATER IN THE HEATED SWIMMING POOL RISE IF COMPARED TO A SWIMMING POOL WITH WATER AT ROOM TEMPERATURE?

4- PORQUE, NAS MESMAS CONDIÇÕES E TRATAMENTO IGUAL, O pH DA ÁGUA DA PISCINA AQUECIDA SOBE SE COMPARADA COM UMA PISCINA COM ÁGUA A TEMPERATURA AMBIENTE?

5- HOW DOES UV LIGHT ACT ON THE CRL, REDUCING THE PRESENCE OF HClO?

5- COMO A LUZ UV ATUA SOBRE O CRL REDUZINDO A PRESENÇA DE HClO?

6- Alkalinity

6- Alcalinidade

7- Calcium hardness

7- Dureza cálcica

7.1- Some information about *Acanthamoeba*

7.1- Algumas informações sobre *Acanthamoeba*

7.2- Information on calcium hardness

7.2- Informações sobre dureza cálcica

8- How to evaluate the balance between physical and chemical characteristics pH, alkalinity, hardness in swimming pool water

8- Como avaliar o equilíbrio entre as características físico-químicas pH, alcalinidade, dureza em águas de piscinas

8.1- Examples of calculations

8.1- Exemplos de cálculos

9- Bibliographic references

9- Referências bibliográficas

## **REVIEW: A ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA OU NÃO ALTERAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DAS PISCINAS, pH, ALCALINIDADE E DUREZA, A IMPORTÂNCIA DO SEU MONITORAMENTO NA GARANTIA DA SAÚDE DOS FREQUENTADORES DE INSTALAÇÕES AQUÁTICAS.**

### **1- Introdução**

O controle somente de “pH e cloro” como dizem no jargão popular é uma falsa sensação de segurança do controle de qualidade de uma água de piscina, em função, de que, qualquer fator introduzido no meio aquoso, por exemplo, aumentar o número de banhistas concomitantemente dentro das águas das piscinas, vai levar alterações no pH e no CRL (Cloro Residual Livre).

Nesse review vai ser tratado somente os parâmetros físico-químicos pH, alcalinidade, dureza, a importância do seu monitoramento, do seu equilíbrio, **para a garantia e segurança dos usuários da águas e do entorno das piscinas.**

Indica-se ao leitor que faça inicialmente a leitura do Review “*ÁCIDO CIANÚRICO– Características físico-químicas, dispersão no meio ambiente, toxicidade, formação de DBP’s (Disinfection by products), interferência na alcalinidade e no processo de desinfecção*”, ele será a referência para muitas informações aqui apresentadas. Para acessá-lo basta visitar o site [www.aguaseaguas.com](http://www.aguaseaguas.com), clicar no link “downloads”, clicar no link “águas de piscinas” e clicar no referido review, será aberto um arquivo .pdf, que poderá ser salvo pelo leitor.

### **1.1- pH**

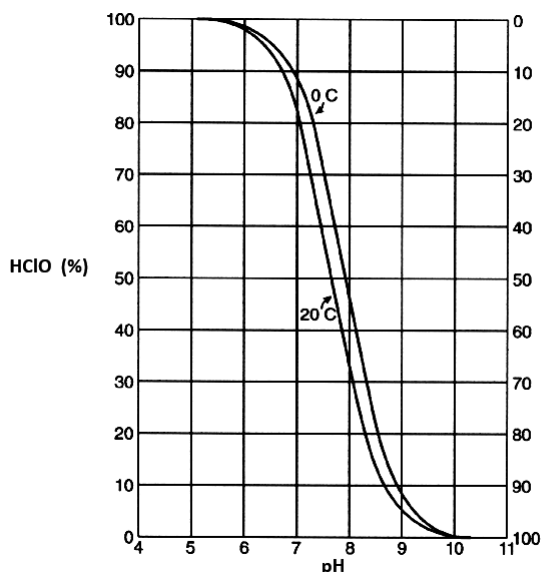
A estabilidade do pH nas águas da piscinas, e o seu monitoramento, sua não alteração e a sua importância estão vinculadas **a garantia e segurança da saúde dos usuários das águas e dos frequentadores do entorno do tanque das piscinas**, ou seja, a saúde dos frequentadores dessa estrutura física.

As afirmações anteriores são em função da sua interferência na:

- i) **presença do CRL (Cloro Residual Livre) na forma de HCLO** (ácido hipocloroso) responsável pelo processo de desinfecção química das águas das piscinas;
- ii) **genotoxicidade da água;**
- iii) **a interferência na formação dos principais DBP’s (Disinfection By-Products ou Disinfection Byproducts) em águas de piscinas.**

E reconhecida desde 1951 a interferência do pH na presença de ácido hipocloroso (HCLO) no meio aquoso, a capacidade de desinfecção aumenta quando o pH reduz e a capacidade de desinfecção diminui quando o pH aumenta (Figura 1).

Mas, o pH não pode reduzir muito, pois nesse caso, o ataque ácido pode ocorrer nas estruturas físicas levando a corrosão. É uma preocupação quando o pH fica abaixo de 7,0-7,1. Indica-se como valor de referência adequado, para um valor de pH mínimo e máximo, a faixa de 7,2-7,8 (WHO, 2006 apud MACEDO, 2019).

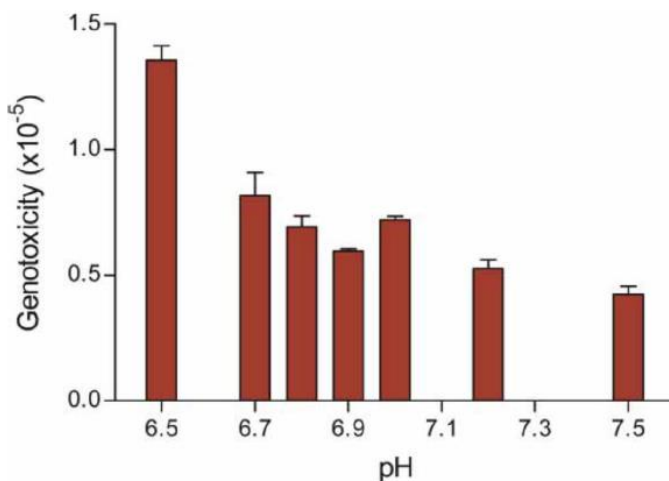


Fonte: MORRIS (1951) apud WHO, 2000;  
 MORRIS, 1966; MCPHERSON, 1993;  
 MACEDO, 1997.

FIGURA 1– Percentagem de ácido hipocloroso e hipoclorito em água, em temperatura de 0°C e 20°C, em diferentes valores de pH.

O Gráfico 1 mostra de modo inequívoco que a faixa de pH água da piscina/spa não deve ser por exemplo, menor que 7, pois aumenta o fator de genotoxicidade dos DPB's e mostra a importância de se manter o pH o mais estabilizado possível.

Mais, informações serão apresentadas quando, a seguir, tratarmos sobre a interferência na formação dos DBP's (*Disinfection Byproducts*).



Fonte: HANSEN, ALBRECHTSEN, ANDERSEN, 2013.

Gráfico 1- Genotoxicidade estimada da solução de BFA clorada em  $6,5 \geq \text{pH} \leq 7,5$ .

# REVIEWS – SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS & SISTEMAS & TRATAMENTO DE ÁGUA

JORGE MACEDO, D.Sc.

www.jorgemacedo.pro.br

Os DBP's são indesejáveis do ponto de vista da saúde, porque alguns são irritantes, enquanto outros podem ser cancerígenos.

A importância de se controlar a formação de DBP's é função da sua toxicidade, os níveis de DBP's não são expressos em **mg/L (ppm – parte por milhão)** a unidade de expressão dos DPB's é **µg/L (ppb – parte por bilhão)**. A unidade **µg/L (ppb)** é **1.000 vezes menor** que o **mg/L (ppm)** (Quadro 1).

A redução de poluentes antropogênicos levará a uma redução nos DBP's.

QUADRO 1- Concentrações Máximas Permitidas (MAC - **Maximum Allowed Concentrations**) de THMs na água da piscina em vários países europeus.

País	MAC (µg/L)	Comentários	Referências
Alemanha	20	THM's expresso em clorofórmio (CHCl <sub>3</sub> )	DIN, 2012
Suíça	30	THM's – piscinas fechadas	SIMARD, TARDIF, RODRIGUEZ, 2013
Dinamarca	25 ou 50	THM's – depende do tipo de piscina	SIMARD, TARDIF, RODRIGUEZ, 2013
Bélgica	100	Clorofórmio	SIMARD, TARDIF, RODRIGUEZ, 2013
França	100 ou 20	THM's	ANSES, 2012
Reino Unido	100	THM's	SIMARD, TARDIF, RODRIGUEZ, 2013
Filândia	100	THM's	SIMARD, TARDIF, RODRIGUEZ, 2013

Fonte: YANG, CHEN, SHE, et al., 2018; LINYAN, CHENE, SHEF, et al., 2018; DAIBER, DEMARINI, RAVURI, LIBERATORE, CUTHBERTSON, et al., 2016; LARA, RAMÍREZ, CASTRILLÓN, 2020

Os fluidos corporais humanos (**BFA's - Body Fluid Analogs; Organic loading/bather load**) são liberados dos nadadores durante as atividades na piscina, onde urina e suor são as duas fontes principais de contaminantes (LAMONT BRADFORD, 2014). A pesquisa de JUDD, BLACK (2000) revelou que a condição real da piscina é aproximadamente de **200 mL de suor e 50 mL de urina por cada m<sup>3</sup> de água**. A **liberação de urina e o suor** nas piscinas foi estimado em um intervalo de **25-77,5 e 200-1000 mL/banhista**, respectivamente (DE LAAT, FENG, FREYFER, DOSSIER-BERNE, 2011; WHO, 2006).

Além da **NOM (Matéria orgânica natural)** e **BFA's**, é muito importante ressaltar os **PPCP's (Produtos farmacêuticos e de cuidado pessoal - PPCP's - Produtos Farmacêuticos e produtos de Higiene Pessoal - (Pharmaceuticals and Personal Care Products))**, como loções, cosméticos, protetores solares, perfumes, sabonete, detergentes para roupas, shampoos, gel de cabelo, fármacos (KANAN, KARANFIL, 2011; ZWIENER, RICHARDSON, DE MARINI, et al., 2007; TEO, COLEMAN, KHAN, 2015), os resíduos lançados por nadadores podem ser os precursores potenciais de clorados e DBP's oxidados ou nitrogenados (BALMER, BUSER, MULLER, POIGER, 2005; YANG, CHEN, SHE, et al., 2018).

A pesquisa de SUPPES, HUANG, LEE, BROCKMAN (2017) avaliou as águas de piscinas e as amostras de águas de reposição (enchimento), foram coletadas amostras em 31 piscinas no leste de Minnesota e oeste de Wisconsin, de março a julho de 2015 e analisado 24 PPCP's. Identificou a presença do **antidepressivo fluoxetina em 26% das piscinas** e 0% na água de enchimento, o que indica que os nadadores são os responsáveis pela introdução de produtos farmacêuticos nas águas das piscinas. O **retardador de chama tris(2-**

**carboxietil) fosfina (TCEP)** estava presente 65% das amostras, sugerindo que o TCEP é introduzido pelas superfícies corporais ou roupas de banho, veja Figura 2.

O repelente de insetos altamente eficaz, desenvolvido pelo exército dos EUA em 1946, o **DEET** (N,N-Dietil-m-toluamida) foi encontrado em 100% das amostras, o **ibuprofeno (para gripes e resfriados) em 71%, cafeína em 71%** das águas das piscinas avaliadas.

O protetor solar é amplamente utilizado no verão, quando as atividades na piscina são maiores e visa prevenir danos à pele sob radiação solar via alguns ingredientes ativos comumente usados, por exemplo, 4-metilbenzilidina cânfora (YANG, CHEN, SHE, et al., 2018).

O mecanismo de formação de subprodutos da cloração (DBP's) tem como um dos requisitos a presença de **OH<sup>-</sup> no meio aquoso**, logo os derivados clorados que liberam o grupo OH<sup>-</sup> no meio aquoso irão formar mais subprodutos da cloração, em função da reação clássica halofórmica.

Também foi relatado que **a genotoxicidade da água da piscina aumentou para pH inferior a 6,7**, possivelmente devido aos níveis mais elevados de HAN's em pH mais baixo (HANSEN, ALBRECHTSEN, ANDERSEN, 2013). Na pesquisa HANSEN, WILLACH, MOSBAEK, et al. (2011) indicou-se que **os HAN's contribuíram exclusivamente para a genotoxicidade da água da piscina**. Descobertas semelhantes foram relatadas onde água de piscina sintética foi usada estudar os efeitos de diferentes parâmetros operacionais na natação piscinas (KANAN, 2010). A formação de THM's, HAA's e HNM's (halonitrometanos), testados em níveis de pH de 6,0, 7,0 e 8,0, cresceram com o aumento do pH. O THM e formações de HAA foram reduzidas para cerca de 40-60% quando o pH foi reduzido para 6,0 em comparação com o pH a 8,0. Um aumento de 30% na formação de HNM foi relatado em pH 8,0 em comparação com pH 6,0 (TEO, COLEMAN, KHAN, 2015).

Uma faixa de pH ideal para a formação de subprodutos em piscinas foi identificada em pH 7,0-7,2 (HANSEN, ALBRECHTSEN, ANDERSEN, 2013). Na faixa mais ampla de pH (pH 6,8-7,5), o efeito na formação do subproduto foi insignificante. As piscinas nunca devem ser mantidas em pH inferior a 7 (6,8-6,9) pois a formação de haloacetoneitrilos e tricloramina aumenta significativamente abaixo deste valor. Na presença da ureia SCHMALZ, FRIMMEL, ZWIENER (2011) encontraram **aumento de tricloraminas formação em pH 7,1 (76%)** em comparação com pH 7,7 (24%).

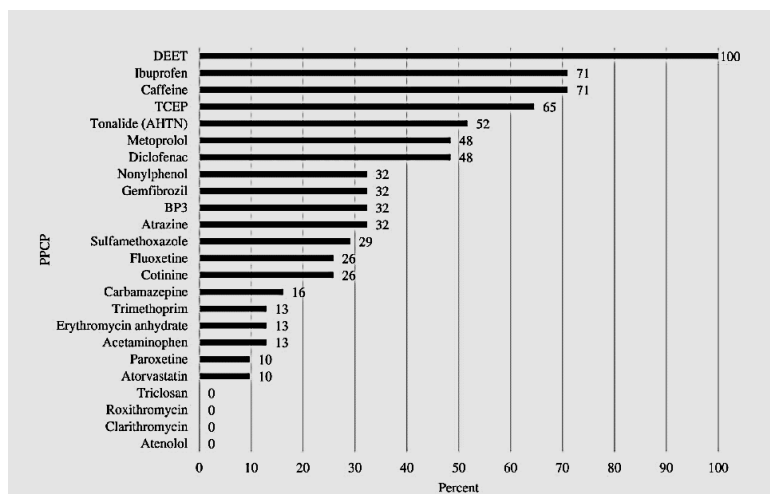


FIGURA 2- Gráfico com a percentual de frequência de PPCP's detectados em 31 amostras de águas de piscina.

Fonte: SUPPES, HUANG, LEE, BROCKMAN, 2017.

## 1.2- A importância do monitoramento do valor do pH em águas de piscinas.

O valor de pH recomendado é na faixa de 7,2-7,8 sendo ideal de 7,4-7,6 (WHO, 2006). Estudos relatam que o **valor de pH<6,5 o nível de HAA's é muito alto** (TEO, COLEMAN, KHAN, 2015; PARINET, TABARIES, COULOMB, et al., 2012; SIMARD, TARDIF, RODRIGUEZ, 2013; WANG, LEAL, ZHANG, YANG, XIE, 2014; ILYAS, MASI, VAN DER HOEK, 2018). **A formação de THM's aumenta com o aumento pH** (TEO, COLEMAN, KHAN, 2015).

O pH se tornou uma referência de controle no processo de formação dos DBP's, ou seja, a sua **não estabilidade/constante alteração** indica que, possivelmente iniciou as reações de formação dessas substâncias químicas e o seu ajuste na faixa ideal age como um bloqueio a continuidade dessas reações.

Além dessa função o pH ainda controla o processo de desinfecção química e garante a saúde dos frequentadores.

O pH **deve ser monitorado concomitantemente** com o CRL (Cloro Residual Livre) que é a garantia da saúde dos frequentadores e reduzir irritações nos olhos, a lágrima tem pH médio de 7,2. A outra opção de monitoramento é o pH e o ORP (Potencial de OxiRedução), se o **ORP está igual ou acima de 700 mV** significa que o teor de CRL está correto, para as condições da água, se alcançou o break-point.

Deve-se controlar durante o período de funcionamento das atividades nas águas das piscinas o máximo de vezes possível o **nível de CRL ou ORP**, a redução do valor preconizado de CRL, em consequência redução do ORP, **indica** o aumento de matéria orgânica no meio aquoso, aumento da **NOM (Matéria orgânica natural)** e/ou **BFA's** (Body Fluid Analogs; Organic loading/bather load) e/ou os **PPCP's** (Produtos farmacêuticos e de cuidado pessoal - PPCP's - Produtos Farmacêuticos e produtos de Higiene Pessoal - (Pharmaceuticals and Personal Care Products). A redução do nível de CRL indica uma possível reação com a matéria orgânica no meio aquoso, com probabilidade de formação de DBP's. O ideal é instalar um sistema para controlar o POR (Potencial de oxirredução), de forma automática, qualquer redução do nível de CRL implica em reduzir o ORP, sendo emitido um aviso para o responsável (MACEDO, 2020).

O tempo de contato para a reação para formação dos DBP's em condições normais **não é instantânea**. Esses compostos podem aparecer na água em menos de uma hora, mas às vezes surgem após dias, logo que o nível de CRL reduzir na piscina o operador inicia o processo de filtração da água, por um sistema de filtros independente com leitos filtrantes diferenciados da areia (como carvão ativado, zeólitas, etc...), pelo processo de adsorção é retirado da água os precursores e produtos intermediários da formação de DBP's.

O tempo mínimo de monitoramento **do CRL para controlar a formação de DBP's é de 2 em 2 horas** e nesse momento **também se monitora o valor do pH**. Veja algumas referências bibliográficas que fazem a indicação de monitoramento do nível de CRL em águas de piscinas, em países e continentes diferentes, todos são unânimes em indicar o tempo de 2 horas para monitoramento.

O tempo mínimo de monitoramento **do CRL para controlar a formação de DBP's é de 2 em 2 horas**.

Pág.80

**We test the water chemically every 2 hours and the target levels** for pH and disinfection are pH 7.0 to 7.4 Free chlorine 0.5 mg/l to 1.0 mg/l. (grifo nosso) (PWTAG, 2019)

Pág.33

Parameter	Pool Frequency of testing during periods of use	Spa Frequency of testing during periods of use
Sanitizer	Every 2 hours	Every hour

Fonte: ANSI/APSP/ICC, 2019.

**Pág.159 - 5.7.5 Water Quality Chemical Testing Frequency**  
**Table 5.7.5: Water Testing Frequency Reference Chart**

Chemical	Start-up	Manual Testing	Automated Controllers	Closing
Free Chlorine	Yes	2 hrs.	4 hrs.	Yes

Fonte: CDC, 2018.

**Pág. 34 - NSW Health Public Swimming Pool and Spa Pool Advisory Document**

Table 5.6: Swimming pool and spa pool testing frequency

Test	Recommended Minimum Manual Testing Frequency (Mandatory Testing Frequency = *)
<b>Non-automatic continuous dosing /metering high risk(1) pools:</b>	
☐ Free chlorine / bromine ☐ Total / combined chlorine	☐ Prior to opening* and thence every <b>two hours</b> (or every <b>one hour</b> when bather loads exceed design capacity)

Fonte: NSW, 2013.

No Estado de São Paulo, existe o **Decreto n.13.166, de 23 de janeiro de 1979**, que aprova a Norma Técnica Especial (NTE) Relativa a Piscinas (SP, 1979), no seu Capítulo XXI, no que tange a “Registro de Dados”, indica:

**Artigo 55** - As piscinas deverão possuir livro próprio ou outro sistema adequado do registro dedados, onde sejam lançados:

I - com periodicidade mínima de 24 horas e referindo-se ao período:

- a) número de banhistas presentes; b) número máximo de banhistas no tanque;
- c) volume de água renovado ou recirculado; d) quantidade de cada produto químico aplicado;

II - com periodicidade mínima de 2 horas.

- a) pH da água do tanque; b) taxa de cloro residual disponível, na água do tanque;
- c) taxa de cloro residual disponível no lava-pés.

**Parágrafo único** - Durante os períodos em que a piscina não estiver sendo usada, será lançada apenas a informação: «ausência de banhistas».

Na cidade de São Paulo a Portaria nº 1101/2015-SMS.G, publicada no Diário Oficial da Cidade de São Paulo, nº 113 - DOM de 20/06/15 - p.26, no seu **ANEXO**, indica que no item 6.20.1, que, os dados sobre pH e cloro residual livre devem ser medidos, pelo menos, antes do início das atividades em cada um dos períodos de funcionamento – manhã, tarde e noite. **As medições devem ser intensificadas nos casos da presença elevada de banhistas no tanque** ou de piscinas instaladas em locais com incidência direta da luz solar. No caso de piscinas **com a presença elevada de banhistas** (alta carga de banhistas) no tanque, a



referência é o **Manual de Rotinas e Práticas sobre Piscinas Práticas Sanitárias nas Piscinas dos Centros Educacionais Unificados** – CEUS, publicado pela Coordenação de Vigilância em Saúde/ Secretaria Municipal da Saúde de São Paulo (NAKAMURA, PINTO, DIAS, MARTINS JÚNIOR, LAGOA, 2009), indica para o monitoramento, em pág.22, de 2 em 2 horas.

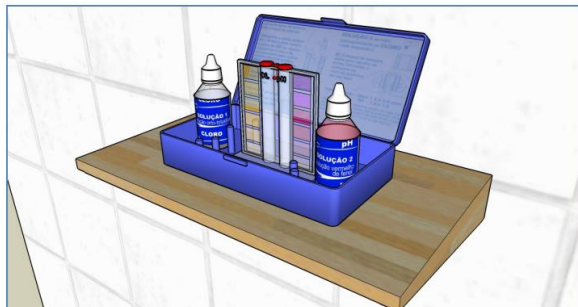


FIGURA 3- Imagem de pág.22 referente a medição de cloro e pH do tanque e do lava-pés, para avaliação da qualidade da água de 2 em 2 horas.

Realizar medição de cloro e pH do tanque e do lavapés, para avaliação da qualidade da água de 2 em 2 horas. Possuir dispositivos de medição.

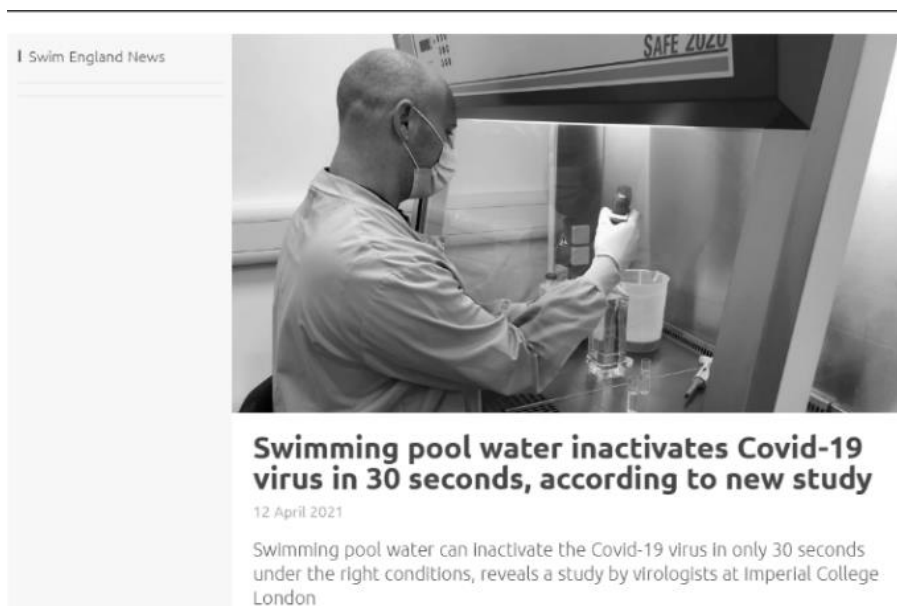
Logo, o pH e CRL e/ou ORP devem ser monitorados CONCOMITANTEMENTE, a cada 2 horas.

### 1.3- Níveis de CRL (Cloro Residual Livre) indicados em função do processo de desinfecção garantir a qualidade microbiológica da água da piscina e dos aerossóis na superfície aquosa

Para o piscineiro é fundamental, entender que, atualmente qualquer processo de desinfecção **DEVE TER A FINALIDADE DE INATIVAR VIRUS!!**

O único e último estudo disponível foi dos virologistas do “Imperial College London”. Em função da pandemia de COVID-19 **em PAÍSES EUROPEUS** o menor nível indicado é para águas de piscinas (swimming pool water) **1,5 mg CRL/L (1,5 ppm), em pH 7,0-7.2 para inativação/eliminação do vírus em 30 s** (SWIM ENGLAND, 2021).


A professora Wendy Barclay, ressalta que, a pesquisa estabeleceu que **1,5 mg por litro de cloro livre com um pH entre 7-7,2 reduziu a infectividade do vírus em mais de 1000 vezes em 30 segundos**. Testes adicionais de diferentes faixas de cloro livre e pH confirmaram que o cloro na água da piscina foi mais eficaz com um pH mais baixo - o que está de acordo com as orientações atuais para a operação da piscina (SWIM ENGLAND, 2021).



Fonte: SWIM ENGLAND, 2021.

<https://www.swimming.org/swimengland/swimming-pool-water-inactivates-covid19-virus/>

No Brasil, a **Academia L'equipe**, no Brasil, também publicou a referida pesquisa em seu Facebook



Academia L'equipe - Estabelecimento Credenciado  
Metodologia Gustavo Borges está em Academia L'equipe -  
Estabelecimento Credenciado Metodologia Gustavo Borges.

13 de abril · Ibitinga, São Paulo · 🌐

Água da piscina inativa vírus Covid-19 em 30 segundos, segundo novo estudo  
12 de abril de 2021

Água da piscina pode inativar o vírus Covid-19 em apenas 30 segundos nas condições certas, revela estudo de virologistas do Imperial College London.

Os resultados, que não foram publicados em uma revista revisada por pares, sugerem que o risco de transmissão da Covid-19 na água da piscina é incrivelmente baixo.

A Swim England trabalhou em colaboração com a empresa de natação para bebês Water Babies e a Royal Life Saving Society UK (RLSS UK) para encomendar o estudo e fornecer contexto e materiais para a pesquisa.

À medida que as piscinas cobertas em todo o país reabriram na segunda-feira, 12 de abril, como parte do roteiro do governo para aliviar as restrições de bloqueio, a diretora executiva da Swim England, Jane Nickerson, saudou os resultados como "notícias fantásticas".

O estudo sobre a água da piscina foi realizado pela principal virologista e especialista em vírus respiratórios, Professora Wendy Barclay, juntamente com o pesquisador associado Dr. Jonathan Brown e a técnica de pesquisa Maya Moshe, do Imperial College London, e projeto gerenciado por Alex Blackwell, chefe de piscinas e instalações da Water Babies.

Ele analisou os efeitos da água da piscina no vírus que causa a Covid-19, chamado SARS-CoV-2, para avaliar a quantidade de tempo e contato necessários para desativar o vírus em diferentes níveis de cloro e pH.

'O vírus não sobrevive'

A pesquisa estabeleceu que 1,5 mg por litro de cloro livre com um pH entre 7-7,2 reduziu a infectividade do vírus em mais de 1000 vezes em 30 segundos. Testes adicionais de diferentes faixas de cloro livre e pH confirmaram que o cloro na água da piscina foi mais eficaz com um pH mais baixo - o que está de acordo com as orientações atuais para a operação da piscina.

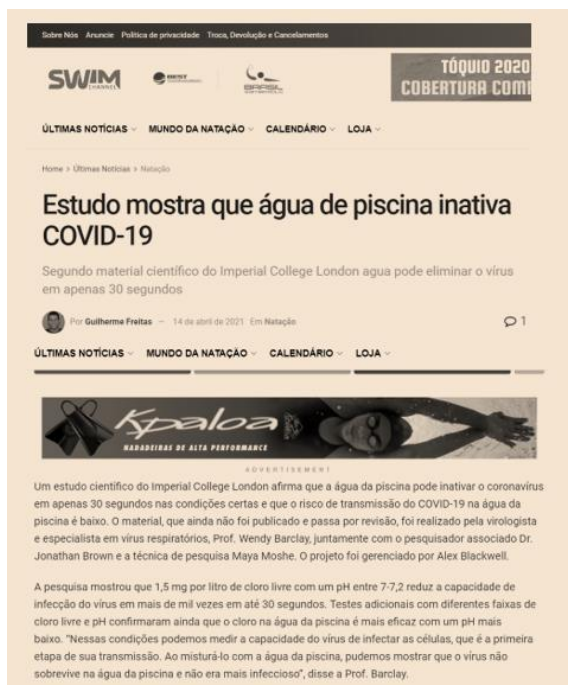
A professora Wendy Barclay, do Imperial College, disse: "Nós realizamos esses experimentos em nossos laboratórios de alta contenção em Londres".

"Nessas condições seguras, somos capazes de medir a capacidade do vírus de infectar células, que é o primeiro passo em sua transmissão".

Fonte: L'EQUIPE, 2021.

<https://www.facebook.com/lequipeacademia/posts/3825342544187059/>

Outra publicação nacional sobre o estudo foi do “*Swim Channel*”, atualmente o maior e principal HUB de conteúdo e serviços da natação do Brasil.

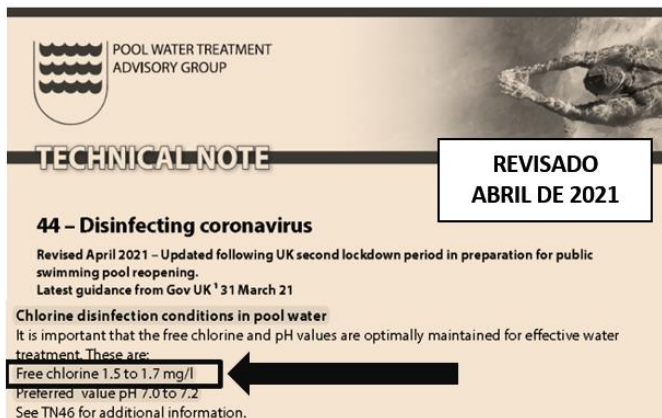


Fonte: FREITAS, 2021.

<https://swimchannel.net/br/estudo-mostra-que-agua-de-piscina-inativa-covid-19/>

A “*NSF International Standard /American National Standard /National Standard of Canada*” lançou a **NSF/ANSI/CAN 50 – 2019** (NSF, 2019) que trata de “*Equipment and Chemicals for Swimming Pools, Spas, Hot Tubs, and Other Recreational Water Facilities*”, trazendo novas informações sobre a desinfecção química indica o nível mínimo de 2,0 ppm CRL em spas (pág.259). Na norma **NÃO** se encontra a indicação do **Cloro Residual Livre (CRL) (Free Available Chlorine – FAC)** para **Swimming Pool** (piscinas) pois a **NSF** fez a revisão em 12/2019 (Revised December 2019), também, em dezembro de 2019, a OMS foi alertada sobre vários casos de pneumonia na cidade de Wuhan. Como ainda **não existem pesquisas com os níveis indicados de CRL para inativação do vírus** com relação a águas de piscinas, optou-se por não fazer nenhuma indicação. Somente em **16 de maio de 2021** foi apresentada os resultados da única pesquisa para publicação sobre o Ct para corona vírus por BROWN, MOSHE, BLACKWELL, BARCLAY (2021), relacionada a sobrevivência do SARS-CoV-2 **ESPECIFICAMENTE EM ÁGUAS DE PISCINAS**.

Nos **PAÍSES EUROPEUS** o menor nível indicado para águas de piscinas (swimming pool water) **1,5 mg CRL/L (1,5 ppm), em pH 7,0-7.2 para inativação/eliminação do vírus em 30 s** (SWIM ENGLAND, 2021). No Reino Unido a **PWTAG aumentou o valor para 1,7 mg CRL/L**, para uma maior segurança e garantia do processo de desinfecção.



POOL WATER TREATMENT ADVISORY GROUP

**TECHNICAL NOTE**

**REVISADO ABRIL DE 2021**

**44 – Disinfecting coronavirus**

Revised April 2021 – Updated following UK second lockdown period in preparation for public swimming pool reopening.  
Latest guidance from Gov UK 13 March 21

**Chlorine disinfection conditions in pool water**

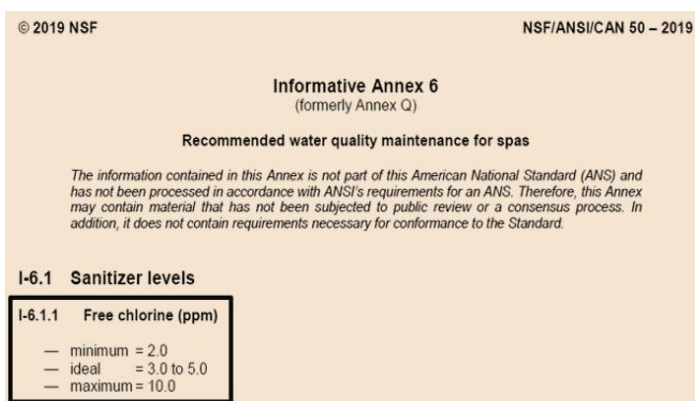
It is important that the free chlorine and pH values are optimally maintained for effective water treatment. These are:

Free chlorine 1.5 to 1.7 mg/l
Preferred value pH 7.0 to 7.2

See TN46 for additional information.

<https://www.pwtag.org/download/disinfecting-coronavirus-tn44/?wpdmdl=2370&refresh=61388d53aece91631096147>

Fonte: PWTAG, 2021.



© 2019 NSF NSF/ANSI/CAN 50 – 2019

**Informative Annex 6**  
(formerly Annex Q)

**Recommended water quality maintenance for spas**

*The information contained in this Annex is not part of this American National Standard (ANS) and has not been processed in accordance with ANSI's requirements for an ANS. Therefore, this Annex may contain material that has not been subjected to public review or a consensus process. In addition, it does not contain requirements necessary for conformance to the Standard.*

**I-6.1 Sanitizer levels**

<b>I-6.1.1 Free chlorine (ppm)</b>
— minimum = 2.0
— ideal = 3.0 to 5.0
— maximum = 10.0

**OBS.:** Como já citado, na norma **NÃO** se encontra a indicação do **Cloro Residual Livre (CRL) (Free Available Chlorine – FAC)** para **Swimming Pool (piscinas)**. A Norma foi revisada em 12/2019 (Revised December 2019), também, em dezembro de 2019, a OMS foi alertada sobre vários casos de pneumonia na cidade de Wuhan. Como ainda não existiam pesquisas com os níveis indicados de CRL para inativação do vírus, optou-se por não fazer nenhuma indicação.

Como já citado, **a única pesquisa voltada para águas de piscinas** é a referência BROWN, MOSHE, BLACKWELL, BARCLAY (2021), na qual se apresenta importantes informações. Até essa publicação, **apresentada em 16 de maio de 2021**, a sobrevivência do SARS-CoV-2 **ESPECIFICAMENTE EM ÁGUAS DE PISCINAS** ainda não havia sido investigada.



Water Research 205 (2021) 117718

Contents lists available at ScienceDirect

**Water Research**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)

Inactivation of SARS-CoV-2 in chlorinated swimming pool water

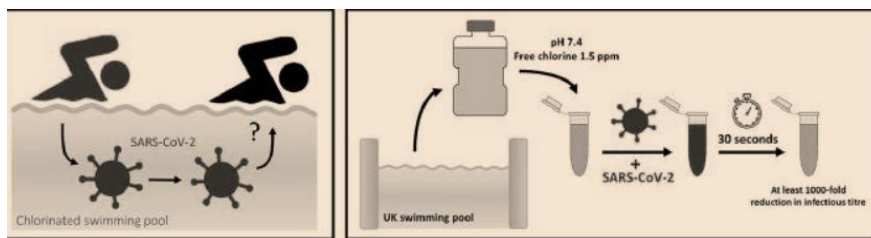
Jonathan C Brown<sup>a,\*</sup>, Maya Moshe<sup>a</sup>, Alex Blackwell<sup>b</sup>, Wendy S Barclay<sup>a</sup>

**(Shutler et al., 2021), the survival of SARS-CoV-2 specifically in chlorinated swimming pools has not yet been investigated.**

**...a sobrevivência do SARS-CoV-2 ESPECIFICAMENTE EM PISCINAS AINDA NÃO FOI INVESTIGADA.**

inactivation at higher free chlorine and lower pH. We show that 30 s contact time at room temperature with water of a pH of no more than 7.4 and free chlorine above 1.5 mg l<sup>-1</sup> (ppm) resulted in at least a 3-log<sub>10</sub> reduction in viral titre within 30 s (Fig. 1). These levels are within the

*Mostramos que **30 segundos tempo de contato** à temperatura ambiente com água de **pH não superior a 7,4** e cloro livre acima de 1,5 mg.L<sup>-1</sup> (ppm) resultou em pelo menos 3-log<sub>10</sub> redução do título viral em 30 s.*



<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8480993/>

reduction in viral titre within 30 s (Fig. 1). These levels are within the recommendations for swimming pools from June 2021 to July 2021 of the pandemic in the UK of at least 1.5 ppm free chlorine at pH 7.0, 2.0 ppm at pH 7.4 and 2.7 ppm at pH 7.6 (2020). The newly revised UK guidelines that swimming pools at pH 7.2 – 7.4 should have a minimum free chlorine level of 2.0 ppm is also supported by our observation that 1.5 ppm is adequate at pH 7.4 (2021). We found here that some residual virus was detected after treatment with water above pH 7.4 even when at least 1.5 ppm free chlorine was present.

Fonte: BROWN, MOSHE, BLACKWELL, BARCLAY, 2021.

*Esses níveis estão dentro do recomendações para piscinas de junho de 2021 a julho de 2021 de a pandemia no Reino Unido **DE PELO MENOS 1,5 ppm DE CLORO LIVRE EM pH 7,0, 2,0 ppm a pH 7,4 e 2,7 ppm a pH 7,6** (2020). O Reino Unido recentemente reviu orientações que piscinas com pH 7,2 – 7,4 **DEVEM TER UM MÍNIMO NÍVEL DE CLORO LIVRE DE 2,0 ppm TAMBÉM É APOIADO POR NOSSA OBSERVAÇÃO DE QUE 1,5 ppm é adequado em pH 7,4** (2021). Encontramos aqui que alguns resíduos vírus foi detectado após tratamento **com água acima de pH 7,4 mesmo quando estava presente pelo menos 1,5 ppm de cloro livre.***

Fonte: BROWN, MOSHE, BLACKWELL, BARCLAY, 2021.

Se confirma a indicação anterior com base no documento da PWTAG (2020b), quanto mais baixo o pH, mais facilmente o “cloro” mata os microrganismos. Para lidar com o vírus COVID-19, um residual de cloro de 3 mg/L é considerado eficaz em um pH de 7,0. Mas, à medida que o pH aumenta, também deve aumentar o cloro livre. A maioria dos spas e banheiras de hidromassagem operam rotineiramente com uma reserva de cloro livre de 3-5mg/L. Se operadores não podem atingir um pH abaixo de 7,4, o cloro livre terá que estar no topo deste enquanto durar a pandemia.

O Quadro 3 a seguir fornece detalhes para a operação segura da piscina, de spa durante essa pandemia, para uma variedade de desinfetantes PWTAG (2020b).

**QUADRO 3- Níveis indicados para operação segura de piscina, spa em função do COVID-19.**

<b>Desinfetante</b>	<b>Mínimo de CRL (mg/L)</b>	<b>pH</b>
Hipoclorito de sódio ou cálcio/gás cloro	3,0	7,0-7,4
Ácido tricloroisocianúrico ou dicloroisocianurato de sódio dihidratado	5,0	7,0-7,2
BCDMH	4,0	7,0-7,4

BCDMH - Bromochlorodimethylhydantoin

Fonte: PWTAG, 2020b.

Após pandemia de COVID-19 os processos de desinfecção química tem como referência a contaminação e propagação de vírus e os níveis de CRL no tratamento de águas de piscinas foram aumentados, para garantir a desinfecção da água e impedir que os aerossóis (gotículas) de água que se encontram acima da superfície aquosa se propaguem trazendo junto o vírus.

A referência MELLOU, MPLOUGOURA, MANDILARA, PAPADAKIS, et al. (2022) mostra a relação entre o nível de CRL antes e pós-pandemia em águas de piscinas na Grécia. Em resumo, a pandemia do COVID-19 instou muitos países a emitir novos regulamentos para garantir segurança em ambientes de piscina. A Grécia impôs requisitos mais rigorosos em 2020 e 2021 para piscinas de hotéis, lembrando que, **o clima da Grécia é mediterrâneo, com muito sol, temperaturas amenas.**

Water 2022, 14, 796 3 of 10

**Table 1.** The regulations for hotel pools in Greece and key changes during the COVID-19 pandemic.

Category of Requirements	Greek Sanitary Degree	New COVID-19 Regulation
Types of pools allowed	All types of pools	Outdoor pools only
Chlorine measurement	Level of free chlorine in the pool water: 0.4–0.7 ppm, measurements: 2/day	Level of free chlorine in the pool water: Pools: 1–3 ppm, measurement every 4 h Spa: <5 ppm, measurement every 1 h

Fonte: MELLOU, MPLOUGOURA, MANDILARA, PAPADAKIS, 2022.

A referência bibliográfica HPSC (2009) indica valores que variam de 3 a 5 mg CRL/L, antes da pandemia.

The residual disinfectant and pH levels that should be maintained are set out in Table 14 below:

Table 14. Desired disinfectant and pH levels

Disinfectant used	Desired level
Chlorine	Free chlorine residual of 3-5mg/l
Bromine	Total active bromine of 4-6mg/l
pH	7.0-7.6

Fonte: HPSC, 2009.

A pesquisa de ALCALÁ, ALBARADO (2013) com o título “*Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela*”, afirma:

*As análises físico-químicas permitem afirmar que nas piscinas avaliadas existem condições inseguras com risco potencial para o saúde dos usuários, tendo em vista os baixos níveis cloro residual livre (0,3 - 0,5 mg/L), níveis valores de pH insatisfatórios em alguns casos, não garantem desinfecção eficaz, que se reflete em altas contagens de indicadores bacterianos. (grifo nosso)*

A pesquisa de BROWN, MOSHE, BLACKWELL, BARCLAY (2021), GREENHALGH, JIMENEZ, PRATHER, et al. (2021), LEDNICKY, LAUZARD, FAN, JUTLA, et al. (2020), VAN DOREMALEN, BUSHMAKER, TAMIN, et al. (2020), DBOUKA, DRIKAKISB (2020) afirmam que a principal rota de transmissão de COVID-19 é a via aérea via o aerossol (gotículas) de água.

normal. Airborne transmission is accepted as the primary route of spread of SARS-CoV-2 (Greenhalgh et al., 2021; Lednicky et al., 2020; van Doremalen et al., 2020) but many have proposed waterborne transmission particularly through wastewater as a secondary route.

Fonte: BROWN, MOSHE, BLACKWELL, BARCLAY, 2021.

**A TRANSMISSÃO AÉREA É ACEITA COMO A PRINCIPAL ROTA DE PROPAGAÇÃO** do SARS-CoV-2 (Greenhalgh et al., 2021; Lednicky et al., 2020; van Doremalen et al., 2020), mas muitos propuseram a transmissão pela água particularmente através de águas residuais como uma via secundária.

As publicações do CDC (2014, 2016, 2018, 2023) (Centers for Disease Control and Prevention / Department of Health and Human Services / U.S. Department of Housing and Urban Development), **indicam que níveis de CRL (FAC) superiores a 2,0 mg HClO/L são necessários para garantia da balneabilidade das águas de piscinas.**



2016 MAHC	5.0 Facility Operation & Maintenance	ANNEX
222		
However, another paper suggests that FREE CHLORINE levels significantly higher than 1.0 ppm (mg/L) may be required. Based on data collected from seven chlorinated POOLS, Ibarluzea et al. predicted that 2.6 ppm (mg/L) is needed “in order to guarantee, with a probability of 90%, the acceptability of bathing water at indoor chlorinated swimming pools.” <sup>339</sup>		

Fonte: IBARLUZEA, MORENO, ZIGORRAGA, et al. (1998) apud CDC, 2014, 2016, 2018, 2023.  
<https://www.cdc.gov/mahc/pdf/2016-mahc-annex-final.pdf>

No entanto, outro artigo sugere que níveis de CLORO LIVRE **SIGNIFICATIVAMENTE SUPERIORES A 1,0 ppm (mg/L) PODEM SER NECESSÁRIOS**. Com base em dados coletados de **SETE PISCINAS CLORADAS**, Ibarluzea et al. previu que **SÃO NECESSÁRIOS 2,6 ppm (mg/L) “PARA GARANTIR, COM UMA PROBABILIDADE DE 90%, A ACEITABILIDADE DA ÁGUA DE BANHO NAS PISCINAS INTERIORES CLORADAS.**

2018 MAHC ANNEX	5.0 Facility Operation & Maintenance	137
quality <sup>426</sup> . However, another paper suggests that FREE CHLORINE levels significantly higher than 1.0 ppm (mg/L) may be required. Based on data collected from seven chlorinated POOLS, Ibarluzea et al. predicted that 2.6 ppm (mg/L) is needed “in order to guarantee, with a probability of 90%, the acceptability of bathing water at indoor chlorinated swimming pools.” <sup>427</sup> A minimum FAC level (3.0 ppm (mg/L)) for SPAs addresses the relatively higher THEORETICAL PEAK OCCUPANCY, higher temperatures, and/or at-risk populations served by these venues. The THEORETICAL PEAK OCCUPANCY and temperatures of these venues favor microbial growth and can lead to rapid depletion of CHLORINE. This minimum requirement is consistent with CDC recommendations to minimize transmission of <i>Legionella</i> via whirlpool SPAs on cruise ships, published in 1997, which recommends maintaining free residual CHLORINE levels in SPA water at 3 to 10 ppm (mg/L). It is further supported by a study reviewing		

Fonte: IBARLUZEA, MORENO, ZIGORRAGA, et al. (1998) apud CDC, 2014, 2016, 2018, 2023.  
<https://www.cdc.gov/mahc/pdf/2018-MAHC-Annex-Clean-508.pdf>

No entanto, outro artigo sugere que níveis de CLORO LIVRE **SIGNIFICATIVAMENTE SUPERIORES A 1,0 ppm (mg/L) PODEM SER NECESSÁRIOS**. Com base em dados coletados de **SETE PISCINAS CLORADAS**, Ibarluzea et al. **PREVIU QUE 2,6 ppm (mg/L) SÃO NECESSÁRIOS “PARA GARANTIR, COM UMA PROBABILIDADE DE 90%, A ACEITABILIDADE DA ÁGUA DE BANHO EM PISCINAS CLORADAS INTERNAS”**. para SPAs aborda a OCUPAÇÃO DE PICO TEÓRICO relativamente mais alta, temperaturas mais altas e/ou populações em risco atendidas por esses locais. A OCUPAÇÃO DO PICO TEÓRICO e **AS TEMPERATURAS DESSES LOCAIS FAVORECEM O CRESCIMENTO MICROBIANO E PODEM LEVAR AO RÁPIDO ESGOTAMENTO DO CLORO**. Este requisito mínimo é consistente com as recomendações do CDC para minimizar a transmissão de *Legionella* via SPAs de hidromassagem em navios de cruzeiro, publicadas em 1997, **QUE RECOMENDA MANTER OS NÍVEIS DE CLORO RESIDUAL LIVRE NA ÁGUA DO SPA EM 3 A 10 ppm (mg/L)**.

quality<sup>232</sup>. However, another paper suggests that free CHLORINE concentrations significantly higher than 1.0 ppm (mg/L) might be required. Based on data collected from seven chlorinated POOLS, Ibarluzea et al. predicted that 2.6 ppm (mg/L) is needed “to guarantee, with a probability of 90%, the acceptability of bathing water at indoor chlorinated swimming POOLS.”<sup>233</sup> A minimum DPD-FC concentration (3.0 ppm [mg/L]) for SPAS addresses the relatively higher THEORETICAL PEAK OCCUPANCY, higher temperatures, or at-risk populations served by these venues. The THEORETICAL PEAK OCCUPANCY and temperatures of these venues

2023 MAHC ANNEX	5.0 Aquatic Facility Operation and Maintenance	151
-----------------	--	-----

favor microbial growth and can lead to rapid depletion of CHLORINE. This minimum requirement is consistent with CDC recommendations to minimize transmission of *Legionella* via whirlpool SPAS on cruise ships, published in 1997, which recommends maintaining free residual CHLORINE concentrations in SPA water at 3–10 ppm (mg/L). It is further supported by a study reviewing both bromine and CHLORINE, which states,

Fonte: IBARLUZEA, MORENO, ZIGORRAGA, et al. (1998) apud CDC, 2014, 2016, 2018, 2023.

No entanto, outro artigo sugere que concentrações de **CORO LIVRE SIGNIFICATIVAMENTE MAIORES QUE 1,0 ppm (mg/L) PODEM SER NECESSÁRIAS**. Com base em dados coletados de **SETE PISCINAS CLORADAS**, Ibarluzea et al. **PREVIU QUE 2,6 ppm (mg/L) SÃO NECESSÁRIOS “PARA GARANTIR, COM UMA PROBABILIDADE DE 90%, A ACEITABILIDADE DA ÁGUA DE BANHO EM PISCINAS INTERIORES CLORADAS.”**(233) Uma concentração mínima de DPD-CR (3,0 ppm [mg/L]) para SPAS aborda a OCUPAÇÃO DE PICO TEÓRICO relativamente mais alta, temperaturas mais altas ou populações em risco atendidas por esses locais. **A OCUPAÇÃO DO PICO TEÓRICO E AS TEMPERATURAS DESSES LOCAIS FAVORECEM O CRESCIMENTO MICROBIANO E PODEM LEVAR AO RÁPIDO ESGOTAMENTO DO CLORO**. Este requisito mínimo é consistente com as recomendações do CDC para minimizar a transmissão de *Legionella* via hidromassagem SPAS em navios de cruzeiro, publicadas em 1997, que recomenda manter as concentrações de CLORO residual livre na água do SPA em 3–10 ppm (mg/L).

As publicações do CDC (2014, 2016, 2018, 2023) indicam níveis de CRL de 2 a 4 mg HClO/L para garantir uma margem de segurança para os banhistas.

2016 MAHC	5.0 Facility Operation & Maintenance	ANNEX
223		
were rapidly reestablished in SPAS ( <i>greater than 103 cells per mL</i> ) when disinfectant concentrations decreased below recommended levels [ <i>CHLORINE, 3.0 ppm (mg/L), bromine 6.0 ppm (mg/L)</i> ]. <sup>340</sup>		
<u>In general, a range of 2-4 ppm (mg/L) FAC for POOLS (3-5 ppm (mg/L) for spas) is recommended to help ensure the minimum FAC is maintained and to provide a margin of SAFETY for BATHERS.</u>		

Fonte: CDC, 2014, 2016, 2018, 2023.

2018 MAHC ANNEX	5.0 Facility Operation & Maintenance	138
ppm (mg/L), bromine 6.0 ppm (mg/L)]. <sup>428</sup> <u>In general, a range of 2-4 ppm (mg/L) FAC for POOLS (3-5 ppm (mg/L) for SPAS) is recommended to help ensure the minimum FAC is maintained and to provide a margin of SAFETY for BATHERS.</u>		

Fonte: CDC, 2014, 2016, 2018, 2023.

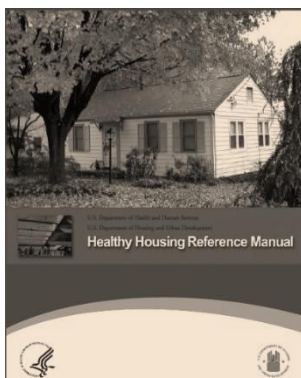
Em geral, **RECOMENDA-SE UMA FAIXA DE 2-4 ppm (mg/L) CRL para PISCINAS (3-5 ppm (mg/L) para spas) para ajudar a garantir que o CRL mínimo seja mantido e para fornecer uma margem de SEGURANÇA para BANHISTAS**.

*bromine 6.0 ppm [mg/L]).<sup>(187)</sup> In general, a range of 2–4 ppm (mg/L) DPD-FC for POOLS (3–5 ppm (mg/L) for SPAS) is recommended to help ensure the minimum DPD-FC concentration is maintained and to provide a margin of SAFETY for BATHERS.*

Fonte: CDC, 2014, 2016, 2018, 2023.

**Em geral, UMA FAIXA DE 2–4 ppm (mg/L) DPD-CRL PARA PISCINAS (3–5 ppm (mg/L) PARA SPAS) É RECOMENDADA PARA AJUDAR A GARANTIR QUE A CONCENTRAÇÃO MÍNIMA DE DPD-CRL SEJA MANTIDA E PARA FORNECER UMA MARGEM DE SEGURANÇA PARA BANHISTAS.**

Para o CDC - Centers for Disease Control and Prevention / Department of Health and Human Services os valores de residual de cloro (CRL), desde 2006, para segurança dos banhistas, **EM PISCINAS RESIDENCIAIS**, foi definido no documento “*Healthy housing reference manual*” (Manual de referência de habitação saudável) (CDC, 2006).



Fonte: CDC, 2006.

### Swimming Pools

Chapter 14: Residential Swimming Pools and Spas Healthy Housing Reference Manual

	Minimum	Ideal	Maximum	Comments
<b>Water Clarity</b>				
Crystal-clear water at all times is the goal	Main drain visible	Crystal clear, object the size of a dime easily seen from pool deck at main drain, water sparkles	None	Lack of clarity is often due to malfunctioning or undersized filters. Other problems may be improperly sized pump, air collecting in the filter shell, or operator not running filter 24 hours per day.
<b>Disinfectant Levels</b>				
Free chlorine				Continuous levels at 1 to 1.5 ppm minimum. Super-chlorinate indicators: high chlorine level, eye irritation, or algae growth. Super-chlorinate indicators: High chlorine levels, eye irritation or algae growth. Continuous levels.
Standard pool	4	4	4	
Wading or shallow pool for children	3	3	3	
Combined chlorine	None	None	0.5	

Fonte: CDC, 2006.

## Spas and Hot Tubs

	Minimum (ppm)	Ideal (ppm)	Maximum (ppm)	Comments
<b>Disinfectant Levels</b>				
Free chlorine	3	4	10	Continuous levels. Super-chlorinate when combined level exceeds 0.2.
Combined chlorine	None	None	0.5	Super-chlorinate indicators: High chlorine levels, eye irritation or algae growth.
Bromine	4	5	10	Continuous levels.

Fonte: CDC, 2006.

Apesar de toda a informação disponível sobre os níveis corretos de CRL para inativação do COVID-19, que a transferência do COVID é via aerossóis de água, empresas de modo irresponsável e sem nenhuma preocupação com a saúde pública, defendem a **indicação de valores de 0,4 a 0,7 ppm de CRL** para **“águas de piscinas”**, apesar das consequências:

- a- **Não consegue atingir um ORP** maior que 650 mV.
- b- **Não inativa os prováveis vírus** existentes na água da piscina.
- c- **Aumenta a probabilidade da transmissão de vírus pelos aerossóis existentes sobre a superfície da água.**
- d- **Não consegue alcançar o break-point**, no processo de desinfecção química, em função da grande quantidade de matéria orgânica (carbonácea e nitrogenada) trazida para a água da piscina pelos banhistas, **a presença de cloraminas é inevitável.**
- e- **Como não alcança o break-point não consegue a redução de microrganismos em ciclos log**, o que não garante a qualidade microbiológica da água da piscina e do ambiente no seu entorno.
- f- **Favorece a presença de precursores para formação da NDMA (N-nitrosamina), subproduto da desinfecção que é 1.000 vezes mais tóxico que os THM's.** A toxicidade da NDMA se comprova pelo nível regulatório proposto pela OMS (World Health Organization) (WHO, 2017) e pela Portaria GM/MS nº 888/2021), o VMP (Valor Máximo Permitido) é de 0,0001 mg/L (0,1 µg/L = 100 ng/L) (BRASIL, 2021). Pelo VMP apresentado não se tem dúvidas que a toxicidade da NDMA **é muito alta, com o agravante que a NDMA pode ser absorvida pela pele.** (Leia review sobre ozônio)
- g- Sem nenhuma dúvida **para reduzir o risco a saúde dos frequentadores das estruturas aquáticas e redução da capacidade de infecção de vírus é necessário no mínimo 1,5 ppm CRL em pH de 7,0 – 7,2 em países com clima temperado, como já citado, no Brasil, um país tropical (temperaturas ambientes maiores), a faixa de pH referência é mais alta (7,2-7,8), o nível indicado de CRL para águas de piscinas é de 2 a 4 mg CRL/L (2-4 ppm).**

A poluição equivalente a 1 banhista conduz ao consumo de **7 g de cloro após uma hora** e de **10,5 g de cloro ao fim de 24 horas** [SEUX (1988) apud DE LAAT, BERNE, BRUNET, HUE, 2009].

O número de produtos (fármacos, cosméticos, etc...) utilizados pelo banhista **cresce de forma muito rápida e tudo é transportado para dentro da água da piscina**, também cresce a massa consumida pelos contaminantes trazidos pelo banhista do chamado **“cloro dentro da água”** (HClO/CIO<sup>-</sup>), exigindo uma dosagem maior do “cloro fora da água” (derivado clorado).

Na Espanha, a referência “Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas” ASOFAP (2020), no “Guía Técnica ASOFAP: Piscinas de Uso Público y Parques Acuáticos” define o “**cloro que deve sobrar**” e o “**cloro que deve consumir**”, para se **definir qual a dosagem final (a massa) do “cloro fora da água”** que será utilizada por m<sup>3</sup> de água da piscina.

A massa de “cloro que deve sobrar” sempre na água da piscina, a ser adicionada de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) é definida para **piscinas climatizadas com um mínimo de 2,5 g/m<sup>3</sup> de água da piscina (2,5 ppm)**, em **piscinas não climatizadas a indicação é 2,0 g/m<sup>3</sup> de água da piscina (2,0 ppm)** (ASOFAP, 2020).

A massa de **cloro que se deve consumir** é definida pelo número de banhistas, sendo que, é indicado a massa de **14 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) por banhista**, sem indicar uma referência bibliográfica para a relação (ASOFAP, 2020).

**ATENÇÃO: A ASOFAP - “Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas” NÃO APRESENTOU QUALQUER CÁLCULO E/OU REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA PARA REFERENCIAR A INDICAÇÃO DOS VALORES.**

A ASOFAP deveria propor **fórmula de cálculo diferente** para o **hipoclorito de sódio** (derivado clorado) líquido e **para os clorados sólidos** como **Hipoclorito de cálcio, dicloroisocianurato de sódio e ácido tricloroisocianúrico, EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE TEOR DE PRINCÍPIO ATIVO.**

**Exemplo 1: Cálculos com relação proposta por ASOFAP (2020) (Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas).**

Volume (m<sup>3</sup>) – piscina não climatizada = 500

Número de banhistas/dia = 200

**Quantidade de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) por dia ?**

$$\text{ASOFAP} \rightarrow (2 \text{ g} \times 500) + (14 \times 200) = \\ 1.000 \text{ g} + 2800 \text{ g} = 3.800 \text{ g} = \mathbf{3,8 \text{ Kg de derivado clorado/dia}}$$

**3,8 Kg cloro fora da água (Derivado Clorado)/ dia**

Vamos avaliar qual seria o nível de CRL que sobraria na água, **APÓS A DEMANDA SER SATISFEITA**, se utilizarmos o derivado clorado, **com menor teor de princípio ativo**, que é o **NaClO líquido, com 10% de matéria ativa**.

**NaClO – 10% → 100.000 mg CRL/L** Densidade NaClO:  $d = 1,15 \text{ g/cm}^3$   
 $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL} = 0,001 \text{ L}$   
 $d = m / v \rightarrow d(\text{média}) = 1,15 \text{ g/cm}^3 = 1,15 \text{ g} (0,001 \text{ Kg}) / \text{cm}^3 (0,001 \text{ L}) \rightarrow d = 1,15 \text{ Kg/L}$

**Qual o volume de NaClO que seria correspondente a 3,8 Kg de NaClO (10%)??**

$$1,15 \text{ Kg/L} = 3,8 \text{ (Kg/dia)} / v \text{ (L)} \rightarrow v \text{ (L)} = \mathbf{3,30 \text{ L de NaClO/dia} = 3300 \text{ mL de NaClO/dia}}$$

**Calculando o teor de cloro ativo (CRL) correspondente aos 3300 mL de NaClO (10%)**

$$100.000 \text{ mg CRL} - 1.000 \text{ mL (1 L)} \\ X \text{ mg CRL} - 3.300 \text{ mL/dia} \quad \rightarrow \mathbf{3.300 \text{ mL de NaClO} \Leftrightarrow 330.000 \text{ mg CRL/dia}}$$

Calculando o valor de CRL que existirá na água da piscina para **SATISFAZER DEMANDA + DESINFECÇÃO QUÍMICA**, foi adicionado **1.000 g + 2.800 g** de **“cloro fora da água” (Derivado Clorado) por dia**.

$$\text{mg CRL/L na água} = 330.000 \text{ mg CRL} / 500.000 \text{ L} = \mathbf{6,6 \text{ mg CRL / L} = 6,6 \text{ ppm}}$$

O valor total do CRL será de **6,6 mg CRL / L = 6,6 ppm**.

Não vai existir o **residual de 6,6 mg CRL/L** na água da piscina!! **Não se sabe quanto de CRL sobra para fazer a desinfecção química**, após toda a demanda satisfeita e se não haverá mais consumo do CRL por matéria orgânica (carbonácea e/ou nitrogenada)!

Na publicação da **ASOFAP - “Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas”**, **não existe especificação do residual de CRL após satisfazer a demanda, nenhuma explicação ou referência dos valores indicados** e se **vai existir diferença entre o uso dos diversos derivados clorados (“cloro fora da água”) que possuem concentração de princípios ativos diferentes**.

Vamos SUPOR que o CRL que sobra do “cloro dentro da água” corresponde a dosagem de 2g de “cloro fora da água)/m<sup>3</sup>.

$$2 \text{ g “cloro fora da água” NaClO } 10\% \times 500 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ g NaClO } 10\%/500 \text{ m}^3.\text{dia}$$

Qual o volume de NaClO que seria correspondente a 1.000 g de NaClO (10%)??

$$1,15 \text{ g/mL} = 1.000 \text{ g} / v \text{ (mL)} \rightarrow v \text{ (L)} = 869,56 \text{ mL de NaClO} = \underline{870 \text{ mL de NaClO/dia}}$$

Calculando o teor de cloro ativo (CRL) correspondente aos 870 mL de NaClO (10%) NaClO – 10%

$$100.000 \text{ mg CRL} \text{ --- } 1.000 \text{ mL (1 L)}$$

$$X \text{ mg CRL} \text{ --- } \underline{870 \text{ mL}} \quad \Leftrightarrow \underline{87.000 \text{ mg CRL}} \rightarrow \underline{500 \text{ m}^3 \text{ de água}}$$

Para passar para mg CRL/L basta dividir 500.000 L da piscina

$$87.000 \text{ mg} / 500.000 \text{ L} = \underline{0,174 \text{ mg CRL/L}}$$

Podemos inferir que o valor total do CRL 6,6 mg CRL / L = 6,6 ppm menos o que resta com CRL para o processo de desinfecção indica o que será consumido no processo de oxidação de matéria orgânica (Carbonácea e nitrogenada).

$$\text{CRL utilizado no processo de oxidação} = 6,6 - 0,17 = \underline{6,43 \text{ mg CRL/L}}$$

Entende o autor do review que o valor de CRL de 6,43 mg CRL/L é coerente para a oxidação de matéria orgânica referente a “200 banhistas”, MAS, o valor de 0,17 mg CRL/L é um valor muito baixo, não garante a desinfecção da água para a segurança de banhistas.

A publicação da ASOFAP - “Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas” **SUBESTIMA** a dosagem do cloro fora da água para a desinfecção química!!

**OBS.:** Atualmente a principal massa de “cloro fora da água” que deve consumir é definida pelo número de banhistas, ENTENDE O AUTOR do review, que o valor indicado atualmente, para o Brasil, em função da característica do banhista e das condições climáticas, deveria ser a massa de 20 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) por banhista no caso da utilização do hipoclorito de sódio 10%, com fator 15 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) a ser multiplicado pelo número de banhistas.

**RELAÇÃO PROPOSTA POR MACEDO, 2023.**

Quantidade de cloro fora da água (Derivado Clorado) por dia  
NaClO 10%

$$[20 \text{ g “cloro fora da água”} \times V_{\text{água da piscina}} \text{ (m}^3)]$$

+

$$[15 \text{ g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado)} \times \text{número de banhistas}]$$

**Exemplo 2: Cálculos com valores propostos por ASOFAP (2020) (Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas).**  
Volume (m<sup>3</sup>) – piscina não climatizada = 50  
Número de banhistas/dia = 40

Quantidade de cloro fora da água (Derivado Clorado) por dia =  
(2 g x 50) + (14 x 40) = 100 g + 560 g = 660 g = 0,66 Kg  
**0,56 Kg cloro fora da água (Derivado Clorado)/ dia**

Vamos avaliar qual seria o nível de CRL que sobraria na água, **APÓS A DEMANDA SER SATISFEITA**, se utilizarmos o derivado clorado, **com menor teor de princípio ativo**, que é o **NaClO líquido, com 10% de matéria ativa**.

**NaClO – 10% → 100.000 mg CRL/L** Densidade NaClO: 1,15 g/cm<sup>3</sup>  
1 cm<sup>3</sup> = 1 mL = 0,001 L  
d = m / v → **d(média) = 1,15 g/cm<sup>3</sup> = 1,15 g (0,001 Kg) / cm<sup>3</sup> (0,001 L) → d = 1,15 Kg/L**

**Qual o volume de NaClO que seria correspondente a 0,66 Kg de NaClO??**

d = 1,15 Kg/L = 0,66 Kg / v (L) → **v(L) = 0,57 L de NaClO = 570 mL de NaClO**

**Calculando o teor de cloro ativo (CRL) correspondente aos 570 mL de NaClO**

100.000 mg CRL - 1.000 mL (1 L)  
X mg CRL - 570 mL → **570 mL de NaClO <==> 57.000 mg CRL**

Calculando o valor de CRL que existirá na água da piscina para **SATISFAZER DEMANDA + DESINFECÇÃO QUÍMICA**, foi adicionado **100 g + 560 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) por dia**.

**mg CRL/L na água = 57.000 mg CRL / 50.000 L = 1,14 mg CRL / L = 1,14 ppm**

O valor total do CRL será de **1,14 mg CRL / L**.

Não vai existir o **residual de 1,14 mg CRL/L** na água da piscina!! **Não se sabe quanto de CRL sobra para fazer a desinfecção química**, após toda a demanda satisfeita e se não haverá mais consumo do CRL por matéria orgânica (carbonácea e/ou nitrogenada)!

Vamos **SUPOR** que o CRL que sobra de **“cloro dentro da água”** corresponde a 2g de **“cloro fora da água”/m<sup>3</sup>** que foram adicionadas.

2 g “cloro fora da água” NaClO 10% x 50 m<sup>3</sup> = **100 g NaClO 10%/50 m<sup>3</sup>.dia**



Qual o volume de NaClO que seria correspondente a 100 g de NaClO (10%)??

$$1,15 \text{ g/mL} = 100 \text{ g} / v \text{ (mL)} \rightarrow v \text{ (L)} = 86,95 \text{ mL de NaClO} = \underline{87 \text{ mL de NaClO/dia}}$$

Calculando o teor de cloro ativo (CRL) correspondente aos 87 mL de NaClO (10%)

NaClO – 10%

100.000 mg CRL --- 1.000 mL (1 L)

X mg CRL --- **87 mL** <==> **8.700 mg CRL** → **50 m<sup>3</sup> de água**

Para passar para mg CRL/L basta dividir 50.000 L da piscina

$$87.000 \text{ mg} / 500.000 \text{ L} = \underline{0,174 \text{ mg CRL/L}}$$

Podemos inferir que o valor total do CRL 1,14 mg CRL / L menos o que resta como CRL para o processo de desinfecção indica o que será consumido no processo de oxidação de matéria orgânica (Carbonácea e nitrogenada).

**CRL utilizado no processo de oxidação = 1,14 – 0,17 = 0,97 mg CRL/L**

Entende o autor do review que o valor de CRL de 0,97 mg CRL/L é muito baixo para a oxidação de matéria orgânica e 0,17 mg CRL/L é também um valor muito baixo, não garante a desinfecção da água para a segurança de banhistas.

**Fica claro** que relação de dosagem proposta pela **ASOFAP (2020)** (*Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas*) **É INSUFICIENTE (subestimada)** para garantir a qualidade microbiológica da água de uma piscina de 50 m<sup>3</sup> com a frequência de 40 banhistas quando da utilização de NaClO 10%.

**Exemplo 3: Cálculos com valores propostos por ASOFAP (2020) (Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas).**

Volume (m<sup>3</sup>) – piscina não climatizada = 50

Número de banhistas/dia = 40

Quantidade de cloro fora da água (Derivado Clorado) por dia =

$$(2 \text{ g} \times 50) + (14 \times 40) = 100 \text{ g} + 560 \text{ g} = 560 \text{ g} = 0,56 \text{ Kg}$$

**0,56 Kg cloro fora da água (Derivado Clorado)/ dia**

Vamos avaliar qual seria o nível de CRL que sobraria na água, **APÓS A DEMANDA SER SATISFEITA**, se utilizarmos o derivado clorado, **com menor teor de princípio ativo**, que é o **DCIS (Dicloroisocianurato de sódio)**, **com 56% de matéria ativa**.

**DCIS – 56% → 560.000 mg CRL/Kg**

$$\begin{array}{l} 560.000 \text{ mg CRL} \text{ -----} \quad 1 \text{ Kg} \\ X \text{ mg CRL} \text{ -----} \quad 0,56 \text{ Kg} \end{array} \quad X = 313.600 \text{ mg CRL}$$

**CRL após satisfazer a demanda** = 313.600 mg CRL / 50.000 L = **6,3 mg CRL / L = 6,3 ppm**

**NÃO CONFUNDA**, que é somente adicionar **6,3 mg CRL/L na piscina** (50 m<sup>3</sup>/40 banhistas), que vai sobrar o referido residual. É preciso **ELIMINAR PREVIAMENTE A DEMANDA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE BANHISTAS**.

O residual de **6,3 mg CRL/L**, não será o valor após ter alcançado o break-point, onde toda a demanda foi satisfeita e não haverá consumo do CRL por matéria orgânica (carbonácea e/ou nitrogenada), **o valor de CRL será exclusivamente direcionado ao processo de desinfecção**.

Não vai existir o **residual de 6,3 mg CRL/L** na água da piscina!! **Não se sabe quanto de CRL sobra para fazer a desinfecção química**, após toda a demanda satisfeita e se não haverá mais consumo do CRL por matéria orgânica (carbonácea e/ou nitrogenada)!

Vamos **SUPOR** que o CRL que sobra de “**cloro dentro da água**” corresponde a 2g de “**cloro fora da água**)/m<sup>3</sup> que foram adicionadas.

$$2 \text{ g “cloro fora da água” DCIS } 56\% \times 50 \text{ m}^3 = 100 \text{ g DCIS } 56\%/50 \text{ m}^3.\text{dia}$$

**DCIS – 56% → 560.000 mg CRL/Kg**

$$\begin{array}{l} 560.000 \text{ mg CRL} \text{ -----} \quad 1 \text{ Kg} \\ X \text{ mg CRL} \text{ -----} \quad 0,1 \text{ Kg} \end{array} \quad X = 56.000 \text{ mg CRL}$$

**Para passar para mg CRL/L basta dividir 50.000 L da piscina**

$$56.000 \text{ mg} / 50.000 \text{ L} = 1,12 \text{ mg CRL/L}$$

Podemos inferir que o valor total do CRL **6,3 mg CRL / L** menos o que resta como CRL para o processo de desinfecção indica o que será consumido no processo de oxidação de matéria orgânica (Carbonácea e nitrogenada).

**CRL utilizado no processo de oxidação = 6,3 – 1,12 = 5,18 mg CRL/L**

Entende o autor do review que **o valor de CRL de 5,18 mg CRL/L é ESTÁ COERENTE para a oxidação de matéria orgânica e 1,12 mg CRL/L é também um valor COERENTE, vinculado somente para a desinfecção da água** para a segurança de banhistas.

**Fica claro** que relação de dosagem proposta pela **ASOFAP (2020)** (*Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas*), para **“cloro fora da água (derivados clorados)”** com maior concentração de ativos, os resultados são mais coerentes, a massa indicada é **suficiente para garantir a qualidade microbiológica da água de uma piscina de 50 m<sup>3</sup> com a frequência de 40 banhistas quando da utilização de DCIS 56%.**

**Não existem dúvidas** que a relação proposta por **ASOFAP (2020)** somente tem coerência nos valores utilizados se for utilizado o cloro granulado (sólido), com concentrações acima de 40%.

**PROPOSTA POR ASOFAP (2020)** (*Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas*).

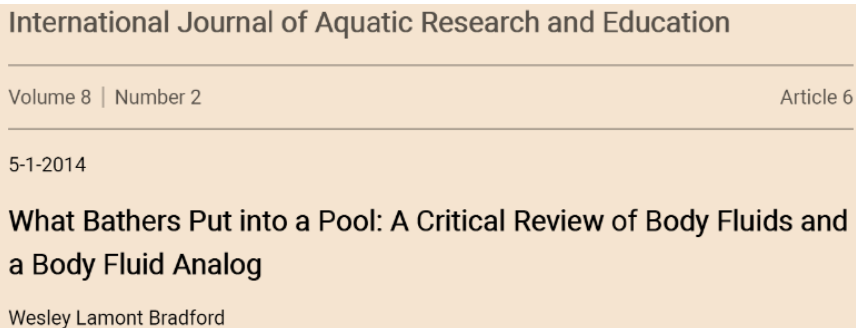
**Quantidade de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) (SÓLIDO)**

**[2 g “cloro fora da água” x V<sub>água da piscina</sub> (m<sup>3</sup>)]**

**+**

**[14 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) x número de banhistas]**

A referência de BRADFORD (2014) considera que o banhista consome **5,5 g de CRL/h, entende-se, já incluído o residual que deve ser mantido na água da piscina.**



### Conclusions

One recipe to mimic the composition of human body fluids (a BFA) and the masses of TOC and reduced nitrogen added by one bather is consistent with both the theoretical and observed median oxidant (chlorine) demand as a function of numbers of bathers—5.5 g FAC per bather (one bather doing normal activities for one hour).

**Vamos considerar os mesmos valores de referência já aplicados no Exemplo 1:**

Volume (m<sup>3</sup>) – piscina não climatizada = 500

Número de banhistas/dia = 200

**Quantidade de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) por dia?**

A indicação de BRADFORD (2014), considera que o banhista consome **5,5 g de CRL/h (5.500 mg de CRL/h)**, que, **já esteja incluído todas as demandas de CRL.**

Será considerado no cálculo que **banhista fica dentro da água 1h por dia** e o máximo de **banhistas no dia são 200.**

**5.500 mg de CRL x 200 banhistas = 1.100.000 mg de CRL consumido/dia**

Logo, por dia serão consumidos 1.100.000 mg de CRL/dia para satisfazer o consumo de 5.500 mg CRL/banhista, o que corresponde a 2,2 mg de CRL/L de água da piscina.

1.100.000 mg CRL / L : 500.000 L (volume da piscina) = 2,2 mg CRL/litro de água da piscina

**NaClO 10%**

100.000 mg CRL ----- 1.000 mL de NaClO

2,2 mg CRL/L ----- X

**X = 0,022 mL de NaClO/L**

**O volume de 0,022 mL de NaClO corresponde a qual massa (m)?**

$$d_{\text{NaClO}} = 1,15 \text{ g/mL} \rightarrow d = m/v \rightarrow m = d \times v \rightarrow m = 1,15 \text{ (g/mL)} \times 0,022 \text{ mL/L}$$

$$\text{Massa (m) de NaClO g (10\%) / dia} = 0,0253 \text{ NaClO (10\%) g/L.dia}$$

$$\text{Massa (m) de NaClO 10\% } 0,0253 \text{ g/L.dia} \times 500.000 \text{ L} = 12.650 \text{ g de NaClO 10\%/dia}$$

Logo, em um dia de atividades na estrutura aquática com 200 banhistas (nos 500 m<sup>3</sup> de água), para satisfazer a “demanda + consumo por banhista”, considerando o consumo de 5,5 mg de CRL/dia (BRADFORD, 2014) do “cloro fora da água” será necessário 12,7 Kg de NaClO (10%) ou 11.000 mL (11 L) por dia.

A ASOFAP (2020) - “*Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas*” no “*Guía Técnica ASOFAP: Piscinas de Uso Público y Parques Acuáticos*” indica um total 3,8 Kg de NaClO (10%) por dia (3,3 L de NaClO 10%/dia) nas mesmas condições (volume da piscina 500 m<sup>3</sup>, 200 banhistas por dia, piscina não climatizada), já a publicação BRADFORD (2014) indica 12,7 Kg de NaClO (10%) por dia (11 L de NaClO 10%/dia).

Veja a semelhança de valores se comparada **com a relação proposta pelo autor do Review.**

**RELAÇÃO PROPOSTA POR MACEDO, 2023.**

**Quantidade de cloro fora da água (Derivado Clorado) por dia  
NaClO 10%**

**[20 g “cloro fora da água” x V<sub>água</sub> da piscina (m<sup>3</sup>)]**

**+**

**[15 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) x número de banhistas]**

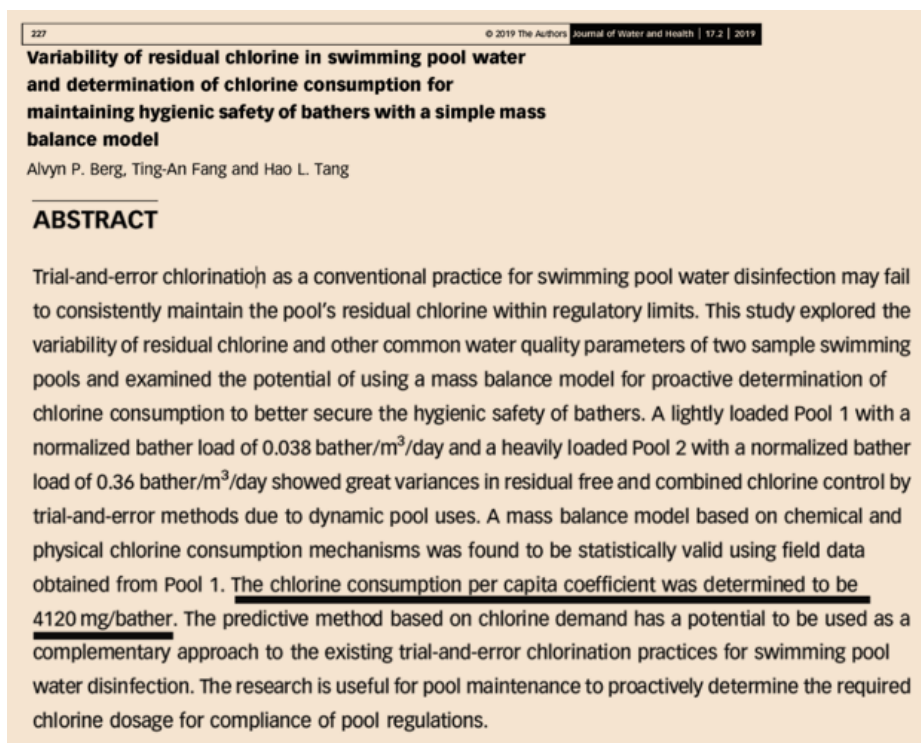
$$20 \text{ g/m}^3 \times 500 \text{ m}^3 = 10.000 \text{ g}$$

**+**

$$15 \text{ g/banhista} \times 200 \text{ banhistas} = 3.000 \text{ g}$$

$$= 13.000 \text{ g} = 13 \text{ Kg de NaClO 10\% (11,30 L)}$$

A referência de BERG, FANG, TANG (2019) considera que o banhista consome **4.120 mg de CRL/banhista (4,12 g/banhista), entende-se, já incluído o residual que deve ser mantido na água da piscina.**



Fonte: BERG, FANG, TANG, 2019.

**Vamos considerar os mesmos valores de referência já aplicados no Exemplo 1:**

Volume (m<sup>3</sup>) – piscina não climatizada = 500

Número de banhistas/dia = 200

**Quantidade de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) por dia?**

A indicação de BERG, FANG, TANG (2019), considera que o banhista consome **4,12 g de CRL/h (4.120 mg de CRL/h)**, que, **já esteja incluído todas as demandas de CRL.**

Será considerado no cálculo que **banhista fica dentro da água 1h por dia** e o máximo de **banhistas no dia são 200.**

**4.120 mg de CRL x 200 banhistas = 824.000 mg de CRL consumido/dia**

Logo, **por dia serão consumidos 824.000 mg de CRL/dia para satisfazer o consumo de 4.120 mg CRL/banhista**, o que corresponde a **1,65 mg de CRL/L de água da piscina.**

824.000 mg CRL / L : 500.000 L (volume da piscina) = 1,65 mg CRL/litro de água da piscina

### NaClO 10%

$$\begin{array}{l} 100.000 \text{ mg CRL} \quad \text{-----} \quad 1.000 \text{ mL de NaClO} \\ 1,65 \text{ mg CRL/L} \quad \text{-----} \quad X \qquad \qquad \qquad X = 0,0165 \text{ mL de NaClO/L} \end{array}$$

O volume de 0,0165 mL de NaClO corresponde a qual massa (m)?

$$d_{\text{NaClO}} = 1,15 \text{ g/mL} \rightarrow d = m/v \rightarrow m = d \times v \rightarrow m = 1,15 \text{ (g/mL)} \times 0,0165 \text{ mL/L}$$

$$\text{Massa (m) de NaClO g (10\%) / dia} = 0,0165 \text{ NaClO (10\%) g/L.dia}$$

$$\text{Massa (m) de NaClO 10\% } 0,0165 \text{ g/L.dia} \times 500.000 \text{ L} = 8.250 \text{ g de NaClO 10\%/dia}$$

Logo, em um dia de atividades na estrutura aquática com **200 banhistas** (nos **500 m<sup>3</sup> de água**), para satisfazer a “**demanda + consumo por banhista**”, considerando o consumo de **4.120 mg de CRL/dia** (BERG, FANG, TANG, 2019) do “**cloro fora da água**” será necessário **8,25 Kg de NaClO (10%) ou 7.173 mL (7,2 L) por dia**.

**OBS.:** Atualmente a principal massa de “cloro fora da água” que se deve consumir é definida pelo número de banhistas, ENTENDE O AUTOR do review, que o valor indicado atualmente, para o Brasil, em função da característica dos banhistas e das condições climáticas, deveria ser a massa de 20 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) por banhista no caso da utilização do hipoclorito de sódio 10%, com fator 15 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) a ser multiplicado pelo número de banhistas.

**RELAÇÃO PROPOSTA POR MACEDO, 2023.**

Quantidade de cloro fora da água (Derivado Clorado) por dia =

**[20 g “cloro fora da água” x V<sub>água da piscina</sub> (m<sup>3</sup>)]**

**+**

**[15 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) x número de banhistas]**

## REVIEWS – SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS & SISTEMAS & TRATAMENTO DE ÁGUA

JORGE MACEDO, D.Sc.

www.jorgemacedo.pro.br

O próximo exemplo será calculado com a relação proposta por MACEDO (2023), AUTOR DO REVIEW, para “cloro fora da água” (derivado clorado) SÓLIDO, com concentração de teor de ativos maior que 40%.

Quantidade de cloro fora da água (Derivado Clorado) por dia =

$$\begin{aligned} & [10 \text{ g “cloro fora da água”} \times V_{\text{água da piscina}} \text{ (m}^3\text{)}] \\ & + \\ & [15 \text{ g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado)} \times \text{número de banhistas}] \end{aligned}$$

Vamos considerar os mesmos valores de referência já aplicados no Exemplo 1:

Volume (m<sup>3</sup>) – piscina não climatizada = 500

Número de banhistas/dia = 200

Quantidade de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) por dia?

10 g “cloro fora da água” x 500 (m<sup>3</sup>) = 5.000 g

15 g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado) x 200 = 3.000 g

TOTAL A SER ADICIONADO DE “CLORO FORA DA ÁGUA” = 8.000 g

Vamos avaliar qual seria o nível de CRL que sobraria na água, APÓS A DEMANDA SER SATISFEITA, se utilizarmos o derivado clorado, com menor teor de princípio ativo, que é o DCIS (Dicloroisocianurato de sódio), com 56% de matéria ativa.

DCIS – 40% → 400.000 mg CRL/Kg

400.000 mg CRL -----

1 Kg

X mg CRL -----

8 Kg

X = 3.200.000 mg CRL

CRL após satisfazer a demanda = 3.200.000 mg CRL / 500.000 L = 6,4 mg CRL / L = 6,4 ppm

**NÃO CONFUNDA**, que é somente adicionar 6,4 mg CRL/L na piscina (500 m<sup>3</sup>/200 banhistas), que vai sobrar o referido residual na água. É preciso **ELIMINAR PREVIAMENTE A DEMANDA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE BANHISTAS**.

O residual de 6,4 mg CRL/L, não irá sobrar na água após alcançar o break-point, onde toda a demanda foi satisfeita e não haverá consumo do CRL por matéria orgânica (carbonácea e/ou nitrogenada). O valor de CRL, que sobrar depois de satisfazer a demanda, será exclusivamente direcionado ao processo de desinfecção.

Não vai existir o residual de 6,4 mg CRL/L na água da piscina!! Não se sabe quanto de CRL sobra para fazer a desinfecção química, após toda a demanda satisfeita e se não haverá mais consumo do CRL por matéria orgânica (carbonácea e/ou nitrogenada)!



Vamos SUPOR que o CRL que sobra de “cloro dentro da água” corresponde a 10 g de “cloro fora da água)/m<sup>3</sup> que foram adicionados.

10 g “cloro fora da água” DCIS 40% x 500 m<sup>3</sup> = 5.000 g DCIS 40%/500 m<sup>3</sup>.dia

DCIS – 40% → 400.000 mg CRL/Kg

400.000 mg CRL ----- 1 Kg  
X mg CRL ----- 5 Kg      X = 2.000.000 mg CRL

Para passar para mg CRL/L basta dividir 500.000 L da piscina  
2.000.000 mg / 500.000 L = 4 mg CRL/L

Podemos inferir que o valor total do CRL 6,4 mg CRL / L menos o que resta como CRL para o processo de desinfecção indica o que será consumido no processo de oxidação de matéria orgânica (Carbonácea e nitrogenada).

CRL utilizado no processo de oxidação = 6,4 – 4 = 2,4 mg CRL/L

Entende o autor do review que o valor de CRL de 2,4 mg CRL/L ESTÁ COERENTE para a oxidação de matéria orgânica e 4 mg CRL/L é também um valor COERENTE, vinculado somente para a desinfecção da água para a segurança de banhistas.

### RELAÇÕES PROPOSTAS POR MACEDO, 2023.

UTILIZAÇÃO DO “CLORO FORA DA ÁGUA” o NaClO – Hipoclorito de sódio com concentração mínima de 10% de princípio ativo

Quantidade de cloro fora da água (Derivado Clorado) por dia =

$$\begin{aligned} & [20 \text{ g “cloro fora da água”} \times V_{\text{água da piscina}} (\text{m}^3)] \\ & + \\ & [15 \text{ g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado)} \times \text{número de banhistas}] \end{aligned}$$

UTILIZAÇÃO DO “CLORO FORA DA ÁGUA” GRANULADO (SÓLIDO) – (Hipoclorito de cálcio ou Dicloroisocianurato de sódio ou Ácido tricloroisocianúrico) com concentração mínima de 40% de princípio ativo.

Quantidade de cloro fora da água (Derivado Clorado) por dia =

$$\begin{aligned} & [10 \text{ g “cloro fora da água”} \times V_{\text{água da piscina}} (\text{m}^3)] \\ & + \\ & [15 \text{ g de “cloro fora da água” (Derivado Clorado)} \times \text{número de banhistas}] \end{aligned}$$

## 2- PORQUE ALGUNS PISCINEIROS NÃO CONSEGUEM QUE O ORP ALCANCE VALORES MAIORES QUE 650 mV?

Considerando que a água da piscina está com uma turbidez menor que 0,5 UNT, em resumo, está sem matéria orgânica interferindo na qualidade da água.

O piscineiro adiciona uma determinada massa de derivado clorado (cloro) para alcançar um residual de cloro livre, inicialmente esse CRL vai reagir com qualquer matéria orgânica que ainda exista na água de piscina e somente após essa reação o piscineiro conseguirá medir qual o CRL que sobrou na água da piscina **em função da concentração de HClO vinculada ao pH**. É importante ressaltar que, o responsável pelo aumento do ORP é a concentração de HClO (ácido hipocloroso).

QUADRO 38- A percentagem de HClO (ácido hipocloroso) e ClO<sup>-</sup> (hipoclorito) em função do pH da solução.

pH	HClO (%)	ClO <sup>-</sup> (%)
3,54	99,990	0,010
5,54	99	1
6,26	95	5
6,58	90	10
6,78	85	15
6,94	80	20
7,06	75	25
7,17	70	30
7,27	65	35
7,36	60	40
7,45	55	45
7,54	50	50
7,62	45	55
7,71	40	60
7,81	35	65
7,91	30	70
8,01	25	75
8,14	20	80
8,29	15	85
8,49	10	90
8,66	7	93
8,82	5	95
9,05	3	97
9,53	1	99
10,06	0,3	99,7
10,24	0,2	99,8
11,54	0,01	99,99

OBS.: Cálculos considerando a constante de dissociação (Ka) do HClO de  $2,9 \times 10^{-8}$  a 25°C  
 Fonte: MACEDO, 2000, 2002, 2003, 2003a; 2003b, 2003c, 2004a, 2016, 2017.

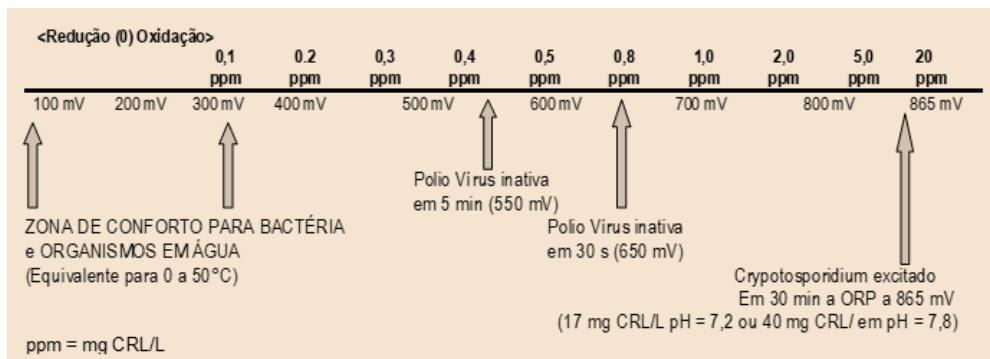
Fonte: MACEDO, 2019.



EXEMPLOS DA RELAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CRL VERSUS CONCENTRAÇÃO DE HClO, EM FUNÇÃO DO pH.

pH	mg CRL/L (ppm HClO/ClO <sup>-</sup> )	mg HClO/L
7,17 ≈ 7,2	2 ppm	1,3 ppm HClO
7,36 ≈ 7,4	2 ppm	1,2 ppm HClO
7,62 ≈ 7,6	2 ppm	0,9 ppm HClO
7,81 ≈ 7,8	2 ppm	0,7 ppm HClO

**Em resumo, com 2 ppm de CRL, não significa que exista na água 2 mg HClO**, o máximo que se consegue em pH 7,2 é 1,3 ppm HClO, esse valor é menor que 1,5 mg HClO/L, não é eficiente contra o COVID-19.



Fonte: BATT, 2012.

### 3- PORQUE ALTERA O CRL COM O AUMENTO DA TEMPERATURA?

#### O HClO (ÁCIDO HIPOCLOROSO NÃO É GÁS!!!)

**3.1-** O aumento da temperatura leva a um aumento na liberação de matéria orgânica pelos banhistas. por exemplo, vai suar mais, alguns irão urinar mais e mais compostos orgânicos são retirados com mais facilidade da pele dos banhistas. logo, o consumo de CRL será maior.

**3.2-** O aumento de temperatura aumenta o valor da velocidade cinética das moléculas presentes no meio aquoso, logo aumenta a possibilidade de choque, ou de encontro, com o HClO.

**3.3-** O aumento de temperatura aumenta a constante de ionização das substâncias e altera o seu pKa. Veja por exemplo a constante de ionização do ACY (ácido cianúrico) em função da temperatura.

Temperatura (°C)	pKa ± 95% (Intervalo de confiança)	Ka
5	7,39 ± 0,019	4,0738027 x 10 <sup>-8</sup>
10	7,28 ± 0,014	5,2480746 x 10 <sup>-8</sup>
15	7,17 ± 0,011	6,7608297 x 10 <sup>-8</sup>
20	7,07 ± 0,010	8,5113803 x 10 <sup>-8</sup>
25	6,97 ± 0,012	1,0715193 x 10 <sup>-7</sup>
25 <sup>a</sup>	6,94 ± 0,013 <sup>a</sup>	1,1481536 x 10 <sup>-7</sup>
30	6,87 ± 0,015	1,3489628 x 10 <sup>-7</sup>
35	6,78 ± 0,019	1,6596869 x 10 <sup>-7</sup>

<sup>a</sup> - O'BRIEN; MORRIS; BUTLER, 1974. pKa = -log Ka

Fonte: Adaptado WAHMAN, 2018.

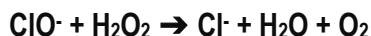
**3.4-** Em função do aumento de temperatura mais aerossóis de gotículas de água serão formados. O ÍON HIPOCLORITO (ClO<sup>-</sup>) em função da carga pode ser carregado pelo aerossóis de gotículas de água (molécula polar) e desequilibra a equação a seguir.



Como o mesmo carregamento que ocorre com o ion cloreto (Cl<sup>-</sup>) que é levado pelos aerossóis de água para o entorno dos mares, causando muita corrosão.

A reação do íon ClO<sup>-</sup> também ocorre com a luz UV, o que reduz o CRL em consequência reduz o HClO.

Como ocorre quando o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrogênio) quando é adicionado em água de piscina que utiliza um derivado clorado para o processo de desinfecção.



#### 4- PORQUE, NAS MESMAS CONDIÇÕES E TRATAMENTO IGUAL, O pH DA ÁGUA DA PISCINA AQUECIDA SOBE SE COMPARADA COM UMA PISCINA COM ÁGUA A TEMPERATURA AMBIENTE?

Equilíbrio químico da água de uma piscina com pH de 7,2-7,8.



Quando a água aquece as primeiras substâncias químicas a sair do meio aquoso são os gases.

Logo, passa para a atmosfera o gás carbônico, que é o responsável pela característica “acidez” na água da piscina, perdeu gás carbônico, aumentou o pH.

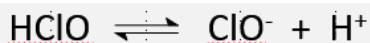
Exemplo, no caso de algas na sua 3ª. etapa do fisiologismo de crescimento consome gás carbônico e o pH da água da piscina sobe.

#### 5- COMO A LUZ UV ATUA SOBRE O CRL REDUZINDO A PRESENÇA DE HClO

A luz ultravioleta do sol é parcialmente absorvida pela camada de ozônio na atmosfera superior (a estratosfera), isto é, todos os comprimentos de onda abaixo de 290 nm são absorvidos.

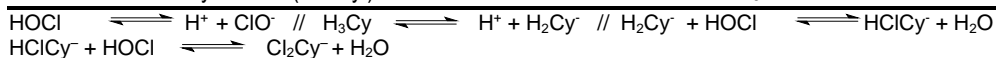
Em contraste, o ÍON DE HIPOCLORITO (ClO<sup>-</sup>), cuja absorção máxima ocorre a 290 nm, absorve luz UV a cerca de 350 nm e, portanto, será decomposta pela luz solar.

O HClO e os clorisocianuratos absorvem principalmente abaixo de 290 nm, sendo relativamente estáveis para a decomposição. Logo, o consumo do íon ClO<sup>-</sup> desequilibra a reação a seguir, na tentativa de equilibrar os constituintes ocorre a redução do HClO.



QUADRO 41- Comprimentos de onda (λ) onde existe o máximo de absorção pelas substâncias geradas na hidrólise de derivados clorados.

Substância química	Comprimentos de onda (λ) de máxima absorção (nm)
Ácido hipocloroso (HClO)	235
Íon hipoclorito (ClO <sup>-</sup> )	290
Íon Dicloroisocianurato (Cl <sub>2</sub> Cy)	215
Íon Monochlorisocyanurato (HCICy)	220



Fonte: WOJTOWICZ (2004), WAHMAN (2018) apud MACEDO, 2019.

## 6- Alcalinidade

A alcalinidade é a responsável pelo chamado “sistema tampão” nas águas das piscinas, para manter o pH estável. O tampão ácido carbônico (gás carbônico)/bicarbonato é um sistema tamponante presente nas águas das piscinas que consiste na mistura das substâncias  $\text{HCO}_3^-$  (íon bicarbonato) e  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (ácido carbônico) (MACEDO, 2019).

A alcalinidade é uma medida da capacidade da água neutralizar um ácido forte a um determinado pH (POHLING, 2009).

A alcalinidade da água é representada pela presença dos **íons hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )**. Logo, existem cinco possibilidades da alcalinidade se apresentar (POHLING, 2009): **i)** alcalinidade devido apenas à ocorrência de hidróxidos; **ii)** alcalinidade devido ao hidróxido e ao carbonato; **iii)** alcalinidade devido apenas a presença de carbonato; **iv)** alcalinidade devido ao carbonato e ao bicarbonato; **v)** alcalinidade devido apenas ao bicarbonato.

A relação entre pH e as diversas formas de alcalinidade é apresentada no Quadro 2.

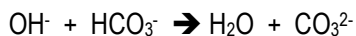
QUADRO 2- Relação entre pH e as diversas formas de alcalinidade.

Faixa de pH	Alcalinidade
> 9,4	Hidróxidos e carbonatos
8,3 - 9,4	Carbonatos e bicarbonatos
4,4 - 8,3	Bicarbonatos

Fonte: ANDRADE, MACÊDO, 1994, 1996; MACEDO, 1992, 2000, 2001, 2003, 2004, 2007, 2016, 2017, 2019; POHLING, 2009.

Em função da faixa de pH para a águas das piscinas variar de 7,2 a 7,8, **só existe a alcalinidade a bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ )** (MACÊDO, 2000, 2003, 2003c, 2004, 2007, 2009, 2019).

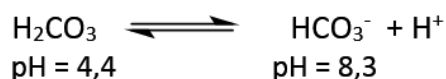
Não é possível a coexistência das três formas de alcalinidade numa mesma amostra, em função da reação química do íon bicarbonato com o íon hidróxido. O íon bicarbonato age como se fosse um ácido fraco na presença de uma base forte, ou seja, somente dois tipos podem estar presentes simultaneamente numa mesma amostra, pois haveria uma reação entre hidróxidos e bicarbonatos, que levaria a forma de carbonatos (ANDRADE, MACÊDO, 1994, 1996).



Deve-se ressaltar que a acidez, alcalinidade e pH **não são a mesma coisa**. Por exemplo, a acidez das soluções 0,1N de ácidos clorídrico, sulfúrico e acético são iguais, por definição. O pH dessas soluções são aproximadamente 1,08, 1,20 e 2,89, respectivamente. A acidez ou a alcalinidade de uma solução é expressa em mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . Os termos alcalinidade e acidez são significativos indicando a massa dos radicais químicos na solução, tendo essas substâncias alguma relação com as propriedades industrial, comercial e potável da água. Nenhuma delas indica as atividades químicas dos eletrólitos. Por outro lado, o pH de uma solução é uma medida direta da sua atividade química e pode também ter alguma relação com as qualidades sanitária e industrial. O pH igual a 4,0 é 10 vezes mais ácido do que um pH igual a 5,0 e 100 vezes mais ácido do que um pH igual a 6,0.

Para efeito de comparação, as chuvas podem ter alcalinidade variando entre 20 e 25 mg de CaCO<sub>3</sub>/L e a acidez variando entre 10 e 20 mg de CaCO<sub>3</sub>/L (BRANCO, 1991).

Para as águas de piscinas, quando a equação se desloca para a esquerda, pela redução do pH, se aumenta a concentração de CO<sub>2</sub>, quando se aumenta o pH aumenta a concentração do íon bicarbonato (MACÊDO, 2000, 2003, 2003c, 2004, 2007, 2009, 2019).

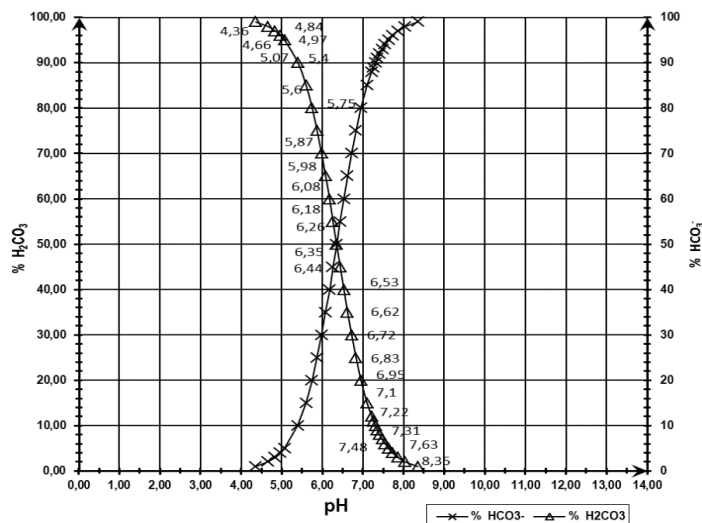


O Quadro 3 mostra a relação entre a porcentagem de ácido carbônico e de bicarbonato (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) presente na água, em função do pH. A Figura 3 apresenta o gráfico representativo da relação entre a porcentagem de ácido carbônico e de bicarbonato (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) presente na água, em função do pH.

QUADRO 3- Relação entre a porcentagem de ácido carbônico e de bicarbonato (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) presente na água, com relação ao pH.

%H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	%H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
99	1	4,36	30	70	6,72
98	2	4,66	25	75	6,83
97	3	4,84	20	80	6,95
96	4	4,97	15	85	7,10
95	5	5,07	12	88	7,22
90	10	5,40	11	89	7,26
85	15	5,60	10	90	7,31
80	20	5,75	9	91	7,36
75	25	5,87	8	92	7,41
70	30	5,98	7	93	7,48
65	35	6,08	6	94	7,55
60	40	6,18	5	95	7,63
55	45	6,26	4	96	7,73
50	50	6,35	3	97	7,86
45	55	6,44	2	98	8,04
40	60	6,53	1	99	8,35
35	65	6,62			

Fonte: MACÊDO, 2003, 2003a, 2004, 2005, 2007, 2009, 2016, 2017, 2019.



Fonte: MACÊDO, 2003, 2003a, 2004, 2005, 2007, 2009, 2016, 2017, 2019.

FIGURA 3- Gráfico representativo da relação entre a porcentagem de ácido carbônico e de bicarbonato (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) presente na água, em função do pH.

A alcalinidade deve monitorada **1 vez ao dia** (NSW, 2013).

A **alcalinidade** das águas das piscinas deve estar entre **80 e 150 mg CaCO<sub>3</sub>/L** (ppm).

## 7- Dureza cálcica

A presença dos íons de “Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>” na água, inicialmente, não tem grande significância sanitária, mas pode ser prejudicial aos usos doméstico, como na águas de piscinas e na utilização industrial. Esses sais dão origem na água da chamada “dureza” (MACEDO, 2003, 2019).

Mas, após a pesquisa que envolve a ceratite por *Acanthamoeba* e sua correlação com a presença de cálcio para usuários que utilizam lentes de contato, a presença do cálcio passa a ter uma nova importância do ponto de vista sanitário (MACEDO, 2017)

O cálcio e magnésio, são íons responsáveis pela chamada dureza, podem levar à formação de incrustações em tubulações e filtros provocando o entupimento; por exemplo, em caldeiras, reduzem a transferência de calor, aceleram a corrosão e em função das incrustações provocam entupimentos, o que pode ocasionar uma explosão (MACEDO, 2017).

A pesquisa realizada na Inglaterra mostra que a presença de sais de cálcio na água facilita o crescimento da *Acanthamoeba*, que é uma ameba que causa a ceratite infecciosa, podendo provocar a cegueira (PACHECO, MARTINS, 2008).

## 7.1- Algumas informações sobre *Acanthamoeba*

As amebas de vida livre (AVLs) são protozoários amplamente dispersos na natureza. A *Acanthamoeba sp* possui duas formas biológicas: a cística e a trofozoítica. A sobrevivência do microrganismo em condições de alta temperatura, dessecação e na presença de alguns desinfetantes químicos é observada pelo encistamento do microrganismo que o torna mais resistente (ALVARENGA, FREITAS, HOFLING-LIMA, 2000).

As *Acanthamoeba spp.*, são **normalmente encontradas** em lagos, **piscinas** e **água de torneira**, diversas espécies de *Acanthamoeba* têm sido associadas com lesões crônicas granulomatosas da pele, do olho e da córnea, com ou sem invasão do sistema nervoso central (*Acanthamoeba culbertsoni*, *A. polyphaga*, *A. castellani* e *A. astronyxis* e *Balamuthia mandrillaris*) (INFORME-NET-DTA, 2002). A acanthamoebíase pode causar dor de cabeça, náusea, vômito, cansaço, perda de atenção, epilepsia e alucinações. Os sinais e sintomas perduram por semanas; a morte pode ocorrer. As águas de **parques aquáticos, spas, piscinas e similares**, lagos e em recursos hídricos são correlacionados nessas infecções. Não foi observada transmissão indivíduo a indivíduo (INFORME-NET-DTA, 2002).

O gênero *Acanthamoeba* tem as espécies entre os protozoários mais encontrados no ambiente. Estão distribuídas por todo mundo sendo isoladas no solo, poeira, água natural e tratada, água do mar, **piscinas**, lamas, sedimentos, aparelhos de ar-condicionado, águas domésticas, águas engarrafadas [MARCIANO-CABRAL, CABRAL (2003) apud TEIXEIRA, 2008].

A pesquisa realizada nos anos de 1978 e 1979 isolou amebas dos gêneros *Naegleria* e *Acanthamoeba* a partir de diversas coleções de água da cidade do Rio de Janeiro, foi publicada por SALAZAR, MOURA, RAMOS (1982) apud PACHECO, MARTINS (2008). A pesquisa de MOURA (1980) apud PACHECO, MARTINS (2008) a partir de águas de piscinas de clubes da cidade Rio de Janeiro isolou diversos gêneros de amebas de vida livre, sendo que, algumas amostras apresentaram moderada ação patogênica para camundongos.

Em seu artigo ALVARENGA, FREITAS (2004) ressaltam um aumento importante no número de casos de ceratite infecciosa causada por *Acanthamoeba* no ambulatório de Doenças Externas e Córnea da Universidade Federal de São Paulo. Até o início da década passada esse protozoário era uma causa incomum de ceratite. Entretanto, através da análise dos registros do laboratório, observou-se que houve um aumento importante do número de pacientes acometidos por essa infecção. Devido às dificuldades no manejo clínico desses pacientes e ao frequente comprometimento da visão (FREITAS, 2000), considerou que as medidas preventivas são a melhor abordagem para limitar o avanço dessa doença na nossa sociedade. Os usuários de lentes de contato devem ser bem orientados, quanto aos cuidados com as suas lentes, abolir o uso de soro fisiológico como solução única na manutenção das lentes e até mesmo o uso deve ser desestimulado, quando detectarem falhas na higiene das lentes.

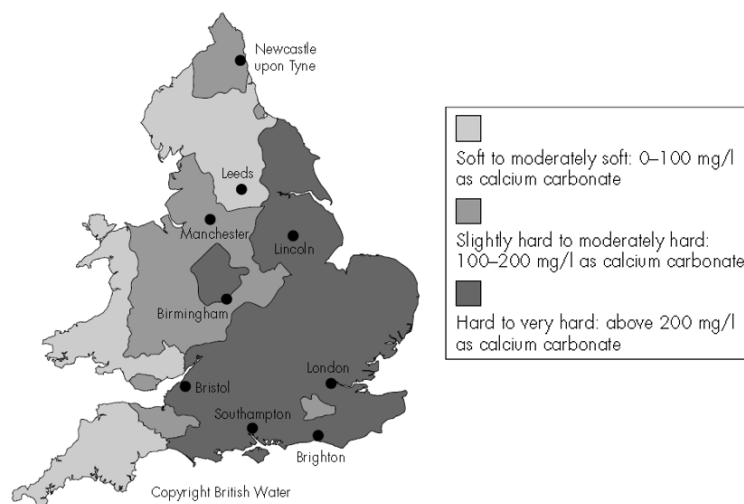
As pessoas que usam lentes de contato na região que apresenta águas com níveis maiores de cálcio **são nove vezes** mais sujeitas a sofrer de uma infecção grave, e a causa disso pode ser a água da região - disseram médicos britânicos. Apesar da infecção por *Acanthamoeba* ser rara, pode causar cegueira. A enfermidade é mais comum entre os usuários de lentes de contato particularmente, entre os que usam lentes maleáveis durante uma semana ou mais [LERPARAVER (2007) apud PACHECO, MARTINS, 2008].

Quando os pesquisadores do Hospital Oftalmológico Moorfields analisaram, em Londres, os novos casos de infecção na Inglaterra e no País de Galles descobriram grandes



discrepâncias entre as regiões, com um número mais alto de pacientes em áreas com “água dura”, água com sais de cálcio e magnésio dissolvidos, principalmente no sudoeste do país. "A *variação geográfica na incidência poderia estar parcialmente relacionada ao aumento do risco associado à água*", afirmou RADFORD, MINASSIAN, DART (2002) em um relatório publicado na British Journal of Ophthalmology. Nota-se na Figura 4, que Londres está em área com os maiores níveis de dureza acima de 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Os pesquisadores RADFORD, MINASSIAN, DART (2002) acreditam que as pessoas que usam lentes de contato, podem estar nadando, tomando banho ou lavando-se com água de torneira que possui sais de cálcio/magnésio em excesso [LERPARAVER (2007) apud PACHECO, MARTINS, 2008; TERRA-SAÚDE, 2004; NEWSIDENTIST, 2004).

A dureza da água doméstica pode ser classificada em 80 de 106 pacientes (76%) como fator de risco. Indica-se haver uma tendência significativa de aumento incidência de AK (*Acanthamoeba keratitis*) com o aumento da dureza do abastecimento de água, com a água dura sendo significativamente associada a um triplo aumento no risco de AK quando comparado com água macia.



Fonte: RADFORD, MINASSIAN, DART, 2002.

FIGURA 4- Dureza do abastecimento de água distribuída na Inglaterra e País de Gales (com permissão da British Water, Londres).

A distribuição de AVIs dentro as piscinas, não é homogênea e a localização depende de muitos fatores: biologia do parasita, tipo de recirculação de água no piscina, material utilizado na sua construção, **tipos de desinfetantes**, **frequência de banhistas**, tempo uso da piscina, **acúmulo de substâncias orgânicas**, conceitos com os quais concorda totalmente MUÑOZ, REYES, TOCHE, CÁRCAMO, GOTTLIEB (2003), o estudo foi realizado em oito piscinas públicas de Santiago/Chile durante o período de verão, do total de 22 isolados a maior frequência foi *Naegleria* (22,7%) e *Acanthamoeba* (13,6%). No Brasil a pesquisa MOURA (1980) mostrou que a presença da *Acanthamoeba* é muito maior que a *Naegleria*,

os resultados são o inverso do que foi descrito MUÑOZ, REYES, TOCHE, CÁRCAMO, GOTTLIEB (2003).

Segundo MUÑOZ, REYES, TOCHE, CÁRCAMO, GOTTLIEB (2003), a partir da piscina II o AVL foi isolado saída do filtro, isso reafirma o conceito de que o sistema de filtragem de água tem muito a ver com a quantidade e variedade de seres microscópico em piscinas. Todas as piscinas estudadas, tem o sistema de areia para o filtração ou recirculação de água, que, em prática são verdadeiros criadouros para amebas, devido ao grande número de partículas retidas substâncias orgânicas, perpetuando assim os organismos nas águas da piscina. Com base nesses resultados, é recomendado para piscinas de academias, clubes, lugares públicos, realizem a troca do material filtrante com mais frequência. Em relação a agentes desinfetantes, como derivados clorados, bromados e antifúngicos utilizados e que, são muito eficazes na redução da flora bacteriana, mas, não há citações na literatura sobre sua eficácia na população amebiana, o que foi corroborado pela casuística da pesquisa, já que 7 piscinas usavam derivados clorados no processo de desinfecção segundo MUÑOZ, REYES, TOCHE, CÁRCAMO, GOTTLIEB (2003).

A resistência de cistos de *Acanthamoeba* a tratamento por ultravioleta é 15 vezes maior do que a *Escherichia coli* [MEISLER (1985) apud TEIXEIRA, 2008]. A resistência aos derivados clorados e a outros produtos de desinfecção de piscinas é característica e digna de registro, considerando-se que, somente altas doses de cloro ativo e tempo de contato maiores são capazes de eliminar amebas na forma trofozoítica, sendo que as císticas são extremamente resistentes [DE JONKEERE (1991), VISVESVARA, SHERGREEN (1990) apud TEIXEIRA, 2008].

A ceratite por *Acanthamoeba*, infecção em usuários de lente de contato pode causar cegueira e até perda do globo ocular. Os principais fatores de risco para o desenvolvimento da ceratite por *Acanthamoeba* é a exposição à água, seja de chuveiro, mar, banheira, **jacuzzi e piscina**, usando lente de contato, em especial a do tipo gelatinosa. Vale enfatizar que, como o parasita gosta de viver neste ambiente, qualquer pinga pode representar uma ameaça. O descuido com a higiene das mãos no manejo das lentes também ajuda na sua propensão. Apesar de rara, a doença tem preocupado cada vez mais os especialistas, e isso no mundo todo. O último alarme foi relatado recentemente no *British Journal Ophthalmology*, publicação científica inglesa. Analisando dados no intervalo de 1984 a 2017, os pesquisadores descobriram um surto no país entre 2011 e 2017 (CARNT, HOFFMAN, VERMA, SCOTT, et al., 2018). A literatura médica indica que os casos foram mais frequentes na década de 1980 nos Estados Unidos e na Inglaterra. No Brasil, os primeiros apareceram há cerca de 30 anos (TURBIANI, 2018).

Afirma a médica Denise de Freitas, membro do Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO) e professora do Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais da Escola Paulista de Medicina (EPM) da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp): "*Hoje, atendemos de dois a três pacientes por semana, o que é um número muito alto*". De acordo com a especialista, a infecção por *Acanthamoeba spp.* tem um potencial devastador, e é a pior que a pessoa pode pegar nos olhos. "*Ela é tão violenta que pode levar à perda do globo ocular*", afirma. Além de ter os piores prognósticos, os pacientes mais gravemente afetados (cerca de um quarto do total) acabam com menos de 25% de visão ou ficam cegos após um tratamento prolongado - pode durar até 10 meses. No geral, 25% dos casos requerem transplantes de córnea. Há ainda situações em que se faz necessário retirar o globo ocular e substituí-lo por prótese de acrílico e olho de vidro (TURBIANI, 2018).

Segundo CARA (2018) os pesquisadores CARNT, HOFFMAN, VERMA, SCOTT, et al. (2018) verificaram casos em um período de vinte anos, entre 1986 e 2016. De 2000 a 2003, havia menos de dez casos por ano. Mas, a partir de 2010, a incidência anual da doença passou a ser três vezes maior do que era entre 2004 e 2009 (CARA, 2018).

O problema se agrava em função de que, o uso de lentes de contato deixou de ser apenas para pessoas que desejam uma correção da visão e para ficar livre do uso de óculos, a lente de contato passou a ser um adorno estético, pois é utilizada para alterar a cor dos olhos e essa utilização incrementou o seu uso.

## 7.2- Informações sobre dureza cálcica

A dureza na água pode ser classificada em dois tipos: a dureza temporária e a dureza permanente.

A dureza temporária recebe também o nome de dureza de bicarbonatos é fonte da maioria dos problemas envolvendo os sais de cálcio e magnésio. Os bicarbonatos de cálcio e magnésio, pela ação do calor, pela alteração de pH, pela reação com substâncias alcalinas, provocam a formação de carbonatos, que são insolúveis e precipitam formando as incrustações (ANDRADE, MACÊDO, 1994, 1996; SHREVE, BRINK JR, 1977).

A dureza permanente deve-se à presença de sulfatos ou cloretos de cálcio e/ou magnésio em solução. O calor não tem ação sobre esse tipo de dureza, que é influenciada, somente, pelas substâncias alcalinas (ANDRADE, MACÊDO, 1994, 1996; SHREVE e BRINK JR, 1977).

A água pode ser classificada em função dos níveis de dureza, Quadro 3.

QUADRO 3- Classificação da água em função do grau de dureza com a concentração expressa em mg CaCO<sub>3</sub>/L.

	mg CaCO <sub>3</sub> /L	mg CaCO <sub>3</sub> /L (USGS, 2020)
Água mole	Até 75	0 a 60
Água moderadamente dura	75 a 150	61 a 120
Água dura	151 a 300	121 a 180
Água muito dura	Acima de 300	> 180

USGS - United States Geological Survey


\* 1 Grau Francês = 10,0 mg CaCO<sub>3</sub> / L // \* 1 Grau Alemão = 17,8 mg CaCO<sub>3</sub> / L

Fonte: PETERS, 1980; Adaptado de RICHTER, NETO, 1991; Adaptado MACEDO, 1994, 1997, 2003, 2007, 2017, 2019; USGS, 2020; Adaptado ANDRADE, MACÊDO, 1994, 1996.



FIGURA 4- Tubulações com incrustações de dureza.

O hipoclorito de cálcio contribui com o aumento da dureza cálcica. Quando o hipoclorito de cálcio é usado, 0,8 ppm de dureza de cálcio é adicionado à água para cada 1 ppm de cloro disponível adicionado (APSP, 2014).

 **APSP** *The Association of Pool & Spa Professionals®*  
REFLECT SUCCESS

**Calcium Hypochlorite**  
Revised – June 2010  
Brought to you by the APSP Recreational Water Quality Committee

Fact Sheet

When calcium hypochlorite is used 0.8 ppm of calcium hardness is added to the water for each ppm of available chlorine added. A certain amount of calcium hardness (usually

Fonte: APSP, 2014.

As imagens a seguir apresentam referências que já reduziram a faixa de dureza para níveis considerados normais, e diferentes de 200 a 400 ppm.

12 > TESTES QUÍMICOS

**TESTES QUÍMICOS**

A água de piscina tem muitos compostos químicos. Dependendo da quantidade desses compostos, a água pode ser facilmente ou dificilmente tratada.


Quais os principais parâmetros que devem ser avaliados e ajustados?



Conforme vimos nos capítulos anteriores, uma água balanceada precisa de:

- Alcalinidade total entre 80 e 120 ppm;
- pH entre 6,8 e 7,4;
- **Dureza de cálcio entre 100 e 200 ppm.**

Esses parâmetros equilibrados facilitam muito o tratamento, em todos os sentidos.

Mas não adianta uma água estar somente equilibrada. Ela precisa estar desinfetada e própria para uso, ou seja, com cloro. As leis obrigam o residual de cloro livre na água.



 CLUBE PARCEIRO PROFSSIONAL 

**Dureza de cálcio entre 100 e 200 ppm**

Fonte: FORLENZA, sd.

Guidelines on Infection Control of Commercial Spa Pools

HP 衛生防護中心  
Centre for Health Protection  
保障市民健康  
Protecting Hong Kong's health

**7.2.3 Calcium Hardness**

a Too low or too high calcium hardness in pool water will cause corrosion tendency or scaling formation.

b The ideal range should be 75 – 150 mg/l (measured as CaCO<sub>3</sub>).

Prepared by  
Infection Control Branch, Centre for Health Protection, Department of Health

衛生署  
Department of Health

Page 9 of 19

Fonte: HONG KONG, 2017.

**Dureza total**

Mide el contenido global de sales alcalinotérreas, principalmente calcio y magnesio. Se corresponde con la suma de la Dureza Temporal (sales alcalinotérreas bicarbonatadas que precipitan por ebullición) y Dureza Permanente (sales alcalinotérreas no carbonatadas y que no precipitan por ebullición, como los cloruros o sulfatos). Si la dureza es inferior a 60 mg/l de CaCO<sub>3</sub> el agua se considera "blanda", si es superior a 270 mg/l se considera agua dura.

La dureza ideal del agua de la piscina oscila entre 150 y 250 ppm. Una dureza muy baja

Fonte: ASOFAP, 2020.

A faixa ideal proposta para a dureza para o balanceamento de águas de piscinas varia de (MACEDO, 2019):

**35 mg Ca<sup>2+</sup>/L a 70 mg Ca<sup>2+</sup>/L → ≅ 90 mg CaCO<sub>3</sub>/L a 175 mg CaCO<sub>3</sub>/L**

Esses valores propostos por MACEDO (2019) se enquadram exatamente dentro da faixa ideal para que os níveis de dureza possam formar biofilmes de proteção às estruturas da piscina (metálicas e/ou alvenaria) sem que haja precipitação do CaCO<sub>3</sub>, desde que seja respeitada a faixa ideal de pH (7,2-7,8) e atuam de forma a não contribuir para o crescimento da *Acanthamoeba*.

A dureza cálcica deve monitorada **1 vez por semana**, no momento que for determinado o valor do ISL (Índice de Saturação de Langelier).

Logo, a dureza além da sua importância de proteger às estruturas da piscina (metálicas ou alvenarias), contribuir com a estabilização química das características da água, a faixa de valores indicados têm a função também de dificultar o crescimento da *Acanthamoeba spp.*

## 8- Como avaliar o equilíbrio entre as características físico-químicas pH, alcalinidade, dureza em águas de piscinas.

A forma de avaliar se as características químicas pH, alcalinidade e dureza estão em equilíbrio é através do chamado **Índice de Langelier (ISL – Índice de Saturação de Langelier)** (MACEDO, 2003, 2019).

A estabilização ou balanceamento ocorre quando a água que contém  $\text{CaCO}_3$  permite a formação de filmes de proteção nas paredes de tubulação, das estruturas de alvenarias e as protege da corrosão sem que ocorra precipitação de  $\text{CaCO}_3$ . Para prevenir a corrosão em estruturas de alvenarias e tubulações de metal, a água deve estar levemente saturada com  $\text{CaCO}_3$ . (MACEDO, 2003, 2019).

A água balanceada apresenta características físico-químicas que não são alteradas facilmente, o que implica em consumo menor de produtos químicos e menor desgaste da estrutura de alvenaria da área do tanque, o que leva a um menor custo de manutenção. Essas características químicas em equilíbrio e dentro das faixas indicadas não provocam irritação nos olhos, alergias na pele e mucosas dos usuários, não causa corrosão em equipamentos/tubulações, no cimento e/ou argamassas, não acarreta incrustações sobre as superfícies em contato com a água e dificilmente altera o pH, em função da propriedade tampão alcançada pelo equilíbrio entre as características químicas (MACEDO, 2019).

A pesquisa de PEREZ (2011) informa/recomenda a **alcalinidade superior a 50 mg  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$**  e também **concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  maior que 20 mg  $\cdot \text{L}^{-1}$  (50 mg  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ )**, como forma de garantir uma camada protetora de carbonato (MACEDO, 2019).

As Tabelas 1 e 2 apresentam propostas para valores do ISL para o equilíbrio físico-químico da água da piscina.

TABELA 1- Apresentação dos valores para LSI e correspondente consequência.

Valor LSI	Indicação
4	Incrustação severa
3	Incrustação moderada
2	Incrustação leve a moderada
1	Incrustação leve
0,5	Incrustação muito suave
0	Balanceada
-0,5	Nenhuma corrosão ou muito suave
-1	Corrosão suave
-2	Corrosão moderada
-3	Corrosão moderada
-4	Corrosão severa
-5	Corrosão severa

Fonte: ORAM, 2001.

TABELA 2- Classificação dos valores obtidos com a aplicação do LSI, adaptado de Grades (2004).

Valor LSI	Indicação
> 4	Incrustação severa
3 a 4	Incrustação moderada
1 a 3	Incrustação suave
0,5 a 1	Incrustação muito suave
-0,5 a 0,5	Balancedo
-0,5 a -2	Corrosão suave
-2 a -5	Corrosão moderada
< -5	Corrosão severa

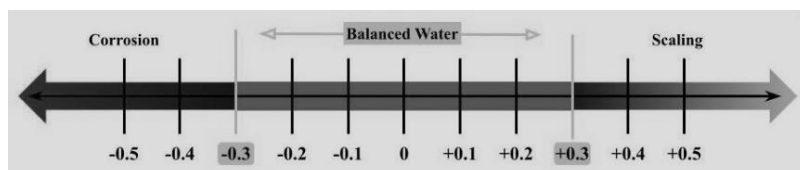
Fonte: GRADES (2004) apud CAVAZZANA, LASTORIA, GABAS, BEZERRA, 2012.

Alguns autores consideram que a água está balanceada **se o ISL para uma água de piscina é igual a zero**, mas, atualmente se aceita valores dentro da faixa -0,5 a +0,5 como uma água com estabilidade físico-química (balanceada).

Segundo “European Union of Swimming Pool and Spa Associations” (EUSA, 2010) os valores para o LSI ideal variam entre -0,1 a +0,1.

- 0,6 ou menor → Tende a corrosão
- 0,5 a -0,2 → Razoável que equilíbrio
- 0,1 a +0,1 → Equilíbrio ideal**
- +0,1 a +0,5 → Razoável equilíbrio
- +0,6 → Tende a precipitação

Segundo JERKINS (2021) a faixa ideal varia de -0,3 a +0,3.



Fonte: JERKINS, 2021.

Principalmente para a área de águas de piscinas a equação utilizada (Adaptado VAN WATERS, ROGERS, 1964; WOJTOWICZ, 2001) que tem finalidade facilitar os cálculos do índice de saturação, pois, todos os fatores são tabelados, é apresenta a seguir.

$$\text{ÍNDICE DE LANGELIER (ISL)} = \text{pH} + \text{A} + \text{D} + \text{T} - 12,29$$

A = fator da Alcalinidade ao carbonato (ppm CaCO<sub>3</sub>)

D = fator da dureza cálcica (ppm de Ca)

T = fator relativo a temperatura.

A Tabela 3 apresenta os valores para as variáveis D, A, T e Fator TDS para cálculo do ISL (Índice de Langelier).

TABELA 3- Valores para as variáveis D, A, T e Fator TDS para cálculo do Índice de Langelier.

DUREZA (D)		ALCALINIDADE A BICARBONATOS (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (A)		TEMPERATURA (T)		FATOR TDS (S)	
ppm (mg.L <sup>-1</sup> )	D	ppm (mg.L <sup>-1</sup> )	A	°C	T	ppm (mg.L <sup>-1</sup> )	Fator (S)
5	0,305	10	1,006	5	0,130	0	12
10	0,606	20	1,307	10	0,257	1000	12,1
15	0,782	30	1,484	15	0,376	2000	12,2
25	1,004	35	1,551	17	0,422	3000	12,25
50	1,306	40	1,609	19	0,466	4000	12,3
75	1,482	45	1,660	20	0,487	5000	12,35
100	1,607	50	1,706	21	0,509	6000	12,4
125	1,704	55	1,747	22	0,529	10000	12,45
150	1,784	60	1,785	23	0,550	25000	12,5
175	1,851	65	1,820	24	0,570		
200	1,909	70	1,852	25	0,590		
225	1,960	75	1,882	26	0,610		
250	2,006	80	1,910	27	0,629		
275	2,047	85	1,937	28	0,648		
300	2,085	90	1,961	29	0,667		
350	2,152	95	1,985	30	0,685		
400	2,210	100	2,007	31	0,703		
450	2,261	105	2,028	32	0,721		
500	2,307	110	2,049	33	0,738		
550	2,348	120	2,087	34	0,755		
600	2,386	130	2,121	35	0,772		
650	2,421	140	2,154	36	0,789		
700	2,453	150	2,184	37	0,805		
800	2,511	200	2,309	38	0,820		
900	2,563	250	2,406	39	0,836		
1000	2,608	300	2,485	40	0,851		

Fonte: Adaptado de HANNA, 2020; Adaptado de OSINSKI, 2003; Adaptado de CCHD, 2001; Adaptado FILTRAGUA, 2010; Adaptado COLOMBIA, 2010; Adaptado ANSI/APSP, 2009; Adaptado LOWRY, 2012; Adaptado NSW, 2013; Adaptado QUEENSLAND, 2019.



## 8.1- Exemplos de cálculos

$$\text{ÍNDICE DE LANGELIER (ISL)} = \text{pH} + \text{A} + \text{D} + \text{T} - 12,29$$

Determine o ISL da água de uma piscina, com as seguintes características:

1) pH = 7,6

Alcalinidade = 120 ppm → A = 2,087

Dureza cálcica = 175 ppm → D = 1,851

Temperatura = 25°C → T = 0,590

$$\text{ISL} = 7,6 + 2,087 + 1,851 + 0,590 - 12,29 \quad \text{ISL} = 12,128 - 12,29 = -0,162$$

-0,5 a 0,5 → Considerada água balanceada

**A água da piscina considerada estabilizada por ISL >-0,5.**

**Note, no exemplo 2, somente o pH será alterado para um valor dentro da faixa ideal, mantido os outros parâmetros da água da piscina.**

2) pH = 7,4

Alcalinidade = 120 ppm → A = 2,087

Dureza cálcica = 175 ppm → D = 1,851

Temperatura = 25°C → T = 0,590

$$\text{ISL} = 7,4 + 2,087 + 1,851 + 0,590 - 12,29$$

$$\text{ISL} = 11,928 - 12,29 = -0,362$$

**A água da piscina considerada estabilizada por ISL >-0,5.**

**OBS.: Se comparado os valores obtidos nos exemplos 1 e 2, o valor do ISL = -0,162 está mais próximo de zero que o valor de -0,362. Logo, o pH de 7,6 é o mais indicado para a água dessa piscina com essas características químicas.**

3) pH = 7,6

Dureza cálcica = 100 ppm → D = 1,607

Alcalinidade total = 90 ppm → A = 1,961

Temperatura = 30°C → T = 0,685

$$\text{ISL} = 7,6 + 1,961 + 1,607 + 0,685 - 12,29$$

$$\text{ISL} = 11,853 - 12,29 = -0,437$$

**A água da piscina considerada estabilizada por ISL >-0,5.**

**No exemplo 4, vamos ajustar a dureza e alcalinidade para que a água fique mais estabilizada, ou seja, que ISL fique mais próximo de zero.**

4) pH = 7,6 Dureza cálcica = 150 ppm → D = 1,784

Alcalinidade total = 120 ppm → A = 2,087

Temperatura = 30°C → T = 0,685

$$\text{ISL} = 7,6 + 2,087 + 1,784 + 0,685 - 12,29$$

$$\text{ISL} = 12,156 - 12,29 = -0,134$$

**A água da piscina considerada estabilizada por ISL >-0,5.**

## 9- Referências bibliográficas

ALCALÁ, R. M.; ALBARADO, Y. L. **Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela.** Boletín de Malariología y Salud Ambiental. v. LIII. n.1. pp.37-45. Enero-Julio 2013.

ALVARENGA, L. S.; FREITAS, D.; HOFLING-LIMA, A. L. **Ceratite por *Acanthamoeba*.** Arquivos Brasileiros de Oftalmologia. v.63. n.2. 155-159. Abril/2000.

ALVARENGA, L. S., FREITAS, D. **Ceratite dendritiforme em usuários de lentes de contato.** Arq. Bras. Oftalmol. vol.66. n.4. São Paulo, Jul/Aug. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-27492003000400027&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27492003000400027&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 2 de fevereiro de 2004.

ANDRADE, N. J.; MACÊDO, J. A. B. **Análises físico-químicas e microbiológicas de águas, detergentes e sanificantes.** Viçosa-MG: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 69p. 1994.

ANDRADE, N. J.; MACÊDO, J. A. B. **Higienização na Indústria de Alimentos.** São Paulo: Livraria Varela Ltda. 182p. 1996.

ANSES. **Health Risk Assessment in Swimming Pools; Part 1: Regulated Pools.** ANSES - French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety. Paris, France: Publisher ANSES. 2012.

ANSI/APSP. **ANSI/APSP-11 2009 – For Water Quality in Public Pools and Spas.** Washington, DC: ANSI - American National Standard for Water Quality in Public Pools and Spas/ APSP - Association of Pool & Spa Professionals. 62p. 15 June 2009.

ANSI/APSP/ICC. **ANSI/APSP/ICC-11 2019 Standard for Water Quality in Public Pools and Spas.** November 7, 2018. Alexandria: Pool & Hot Tub Alliance (PHTA) (Association of Pool & Spa Professionals / National Swimming Pool Foundation). 41p. 2019.

APSP. **Calcium Hypochlorite - Fact Sheet.** APSP – The Association of Pool & Spa Professionals / Recreational Water Quality Committee. 5p. 2014. Disponível em: <<https://www.thepoolpeople.eu/wp-content/uploads/2018/08/FACT-SHEET-Calcium-Hypochlorite.pdf>>. Acesso em 10 de abril de 2023.

ASOFAP. **Guía Técnica - Piscinas de Uso Público y Parques Acuáticos.** Madrid: ASOFAP -Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas. 207p. Marzo 2020.

BALMER, M. E.; BUSER, H.-R.; MULLER, M. D.; POIGER, T. Occurrence of some organic UV filters in wastewater, in surface waters, and in fish from Swiss lakes. **Environmental Science & Technology.** v.39. n.4. pp.953–962. 2005.

BATT, T. **ORP control in public pools/spas.** July 2012. Disponível em: <<https://www.ehansw.org.au/documents/item/700>>. Acesso em 12 de maio de 2021.

BERG, A. P.; FANG, T.-A.; TANG, H. L. Variability of residual chlorine in swimming pool water and determination of chlorine consumption for maintaining hygienic safety of bathers with a simple mass balance model. **Journal of Water and Health.** v.17. n.2. pp.227–236. 2019.

BRADFORD, W. L. What Bathers Put into a Pool: A Critical Review of Body Fluids and a Body Fluid Analog. **International Journal of Aquatic Research and Education.** v.8. n.2. Article 6. 2014.

## REVIEWS – SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS & SISTEMAS & TRATAMENTO DE ÁGUA

JORGE MACEDO, D.Sc.

www.jorgemacedo.pro.br

BRANCO, S. M. **A água e o homem**. In: Hidrologia Ambiental, v.3. São Paulo: Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, pp.3-25. 1991.

BRASIL. Portaria GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021, altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**. Brasília. 07 de maio de 2021. Seção 1.

BROWN, J. C.; MOSHE, M.; BLACKWELL, A.; BARCLAY, W. S. Inactivation of SARS-CoV-2 in chlorinated swimming pool water. **Water Research**. v.205. 117718. Oct 15, 2021.

CARA, E. **Lentes sujas e má higiene causam proliferação de ameba que pode levar à cegueira**. 23 de setembro de 2018. Disponível em: <<https://gizmodo.uol.com.br/ameba-lentes-de-contato/>>. Acesso em 16 de outubro de 2020.

CARNT, N.; HOFFMAN, J. J.; VERMA, S.; SCOTT, H.; RADFORD, C. F.; MINASSIAN, D. C.; DART, J. K. G. *Acanthamoeba* keratitis: confirmation of the UK outbreak and a prospective case-control study identifying contributing risk factors. **British Journal of Ophthalmology**. v.102. pp.1621–1628. 2018.

CAVAZZANA, G. H.; LASTORIA, G.; GABAS, S. G.; BEZERRA, C. M. P. Análise de agressividade e incrustação das águas subterrâneas na região urbana de Campo Grande – MS. **Revista Águas Subterrâneas**. v.26, n.1, p.83-97, 2012.

CCHD. **Swimming Pool Operators Manual**. April: Collier County Health Department (CCHD). 29p. 2001.

CDC. **Healthy housing reference manual**. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention / U.S. Department of Housing and Urban Development / US Department of Health and Human Services. 231p. 2006.

CDC. **Model Aquatic Health Code, 1<sup>st</sup> Edition**. 08/29/2014. Atlanta: DHHS - U.S. Department of Health and Human Services / CDC - Centers for Disease Control and Prevention. 362p. 2014.

CDC. **2016 Annex to the Model Aquatic Health Code - Scientific Rationale**. 2nd Edition. Atlanta: DHHS - U.S. Department of Health and Human Services / CDC - Centers for Disease Control and Prevention. 371p. July 2016.

CDC. **Annex to the 2018 Model Aquatic Health Code, 3RD Edition / Scientific and Best Practices Rationale**. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services // CDC - Centers for Disease Control and Prevention. 256p. 07/18/2018.

CDC. **Annex to the 2023 Model Aquatic Health Code, 4th Edition SCIENTIFIC AND BEST PRACTICES RATIONAL**. Atlanta: CDC - Centers for Disease Control and Prevention / Department of Health and Human Services / U.S. Department of Housing and Urban Development. 249p. February 2023.

COLOMBIA. Resolución n.00001618 de 07 de Mayo de 2010. Ministerio e La Protección Social. La presente resolución tiene por objeto establecer las características físicas, químicas y microbiológicas con los valores aceptables que debe cumplir el agua contenida en estanques de piscinas y estructuras similares de recirculación, la frecuencia de control y vigilancia de la calidad del agua que debe realizar el responsable y la autoridad sanitaria, así como el instrumento básico de la calidad de la misma. **Diario Oficial [de la República de Colombia]**. Bogotá, D.C., 07 de Mayo de 2010.

## REVIEWS – SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS & SISTEMAS & TRATAMENTO DE ÁGUA

JORGE MACEDO, D.Sc.

www.jorgemacedo.pro.br

DAIBER, E. J.; DEMARINI, D. M.; RAVURI, S. A.; LIBERATORE, H. K.; CUTHBERTSON, A. A.; et al. Progressive Increase in Disinfection Byproducts and Mutagenicity from Source to Tap to Swimming Pool and Spa Water: Impact of Human Inputs. **Environmental Science & Technology**. v.50. n.13. pp.6652–6662. 2016.

DBOUKA, T.; DRIKAKISB, D. Weather impact on airborne coronavirus survival. **Physics of Fluids**. v.32. pp.093312-1-093312-13. 22 September 2020.

DE LAAT, J.; BERNE, F.; BRUNET, R.; HUE, C. Sous-produits de chloration forme´s lors de la de´sinfestation des eaux de piscines. E´tude bibliographique. **European Journal of Water Quality**. n.40. pp.109–128. 2009.

DE LAAT, J.; FENG, W.; FREYFER, D. A.; DOSSIER-BERNE, F. Concentration levels of urea in swimming pool water and reactivity of chlorine with urea. **Water Research**. v.45. n.3. pp.1139–1146. 2011.

EUSA. **TECHNICAL PAPER – Water Treatment**. Bruxelles: European Union of Swimming Pool and Spa Associations (EUSA). 9p. 2010.

FILTRAGUA. **Balance del agua**. Disponível em: <[http://www.filtragua.com/html/balance\\_del\\_agua.htm](http://www.filtragua.com/html/balance_del_agua.htm)>. Acesso em 12 de janeiro de 2010.

FORLENZA, F. CPP – Clube Parceiro Profissional. São Paulo: TotalTargets. 321p. sd.

FREITAS D. **Infecções emergentes em oftalmologia ceratite por *Acanthamoeba*** [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2000.

FREITAS, G. **Estudo mostra que água de piscina inativa COVID-19**. 14 de abril de 2021. Disponível em: <<https://swimchannel.net/br/estudo-mostra-que-agua-de-piscina-inativa-covid-19/>>. Acesso em 07 de maio de 2022.

GIZMODO. **Lentes sujas e má higiene causam proliferação de ameba que pode levar à cegueira**. 23 de setembro de 2018. Disponível em: <<https://gizmodo.uol.com.br/ameba-lentes-de-contato/>>. Acesso em 16 de outubro de 2020.

GRADES, E. A. **Modelling and simulation of CO<sub>2</sub> release in multiple-effect distillers for seawater desalination**. 108p. Jordaniem. Dissertation (Doktor-Ingenieur). MathematischNaturwissenschaftlich-Technische Fakultät der MartinLuther-Universität Halle-Wittenberg in Tafilah. pp.78-84, 2004.

GREENHALGH, T.; JIMENEZ, J. L.; PRATHER, K. A.; TUFEKCI, Z.; FISMAN, D.; SCHOOLEY, R. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. **Lancet** n.39. pp. 1603–1605. 2021.

HANNA. **Equilibrio del agua. Índice de Langelier**. Disponível em: <<https://www.hannainst.es/blog/790/equilibrio-del-agua-indice-de-langelier>>. Acesso em 13 de outubro de 2020.

HANSEN, K. M.; ALBRECHTSEN, H. J.; ANDERSEN, H. R. Optimal pH in chlorinated swimming pools—balancing formation of by-products. **Journal Water Health**. v.11. n.3. pp.465–472. 2013.

HANSEN, K. M. S.; WILLACH, S.; MOSBÆK, H.; ALBRECHTSEN, H. J.; ANDERSEN, H. R. Effect of selection of pH in swimming pools on formation of chlorination by-products. **IN: 4th Swimming Pool & Spa International Conference**. Porto, Portugal. March 2011.

HONG KONG. **Guidelines on Infection Control of Commercial Spa Pools**. Hong Kong: Infection Control Branch/ Centre for Health Protection/ Department of Health. 19p. 2017.

HPSC. **National Guidelines for the Control of Legionellosis in Ireland, 2009**. Dublin: Health Protection Surveillance Centre -HPSC. 122p. July 2009.

## REVIEWS – SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS & SISTEMAS & TRATAMENTO DE ÁGUA

JORGE MACEDO, D.Sc.

www.jorgemacedo.pro.br

IBARLUZEA, J.; MORENO, B.; ZIGORRAGA, C.; CASTILLA, T.; MARTINEZ, M.; SANTAMARIA, J. Determinants of the microbiological water quality of indoor swimming-pools in relation to disinfection. **Water Research**. v.32. n.3. pp.865-871. 1998.

ILYAS, H.; MASIH, I.; VAN DER HOEK, J. P. An exploration of disinfection by-products formation and governing factors in chlorinated swimming pool water. **Journal of Water and Health**. v.16. n.6. pp.861-892. 2018.

INFORME-NET-DTA. **Acanthamoeba e outras formas de vida livre/Acanthamebíase**. 2002. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo - Centro de Vigilância Epidemiológica–CVE. Disponível em: <<http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-transmitidas-por-agua-e-alimentos/doc/parasitas/acantha.pdf>>. Acesso em 1 fevereiro de 2004.

JUDD, S. J.; BLACK, S. H. Disinfection by-product formation in swimming pool waters: a simple mass balance. **Water Research**. 34 (5), 1611–1619. 2000.

KANAN, A., **Occurrence and Formation of Disinfection By-products in Indoor Swimming Pools Water**. 279p. Clemson/South Carolina. Dissertation [Doctor of Philosophy Environmental Engineering and Earth sciences] - Clemson University. May 2010.

KANAN, A.; KARANFIL, T. Formation of disinfection by-products in indoor swimming pool water: the contribution from filling water natural organic matter and swimmer body fluids. **Water Research**. v.45. n.2. pp. 926–932. January 2011.

LAMONT BRADFORD, W. What bathers put into a pool: a critical review of body fluids and a body fluid analog. **International Journal of Aquatic Research and Education**. v.8. n.2. pp.168–181. 2014.

LARA, P.; RAMÍREZ, V.; CASTRILLÓN, F.; PEÑUELA, G. A. Presence of Disinfection Byproducts in Public Swimming Pools in Medellín, Colombia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. v.17. 4659. 2020.

LEDNICKY, J. A.; LAUZARD, M.; FAN, Z. H.; JUTLA, A.; et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. **The Journal Of Infectious Diseases**. n.100. pp.476–482. 2020.

L'EQUIPE. **Água da piscina inativa vírus Covid-19 em 30 segundos, segundo novo estudo**. Ibitinga/SP: Academia L'equipe. 12 de abril de 2021

LERPARAVER. **Água dura poderia contribuir para infecções em usuários de lentes de contacto**. Disponível em: <[http://www.lerparaver.com/noticias/agua\\_dura.html](http://www.lerparaver.com/noticias/agua_dura.html)>. Acesso em 2 de setembro de 2007.

LINYAN, Y.; CHENE, X.; SHEF, Q.; CAO, G.; LIUA, Y.; CHANGC, V. W. C.; TANGH, C. Y. Regulation, formation, exposure, and treatment of disinfection by-products (DBPs) in swimming pool waters: A critical review. **Environment International**. v.121. Part 2. pp.1039-1057. December 2018.

LOWRY, R. W. **Cyanuric Acid: It Controls Your Pool**. Houston: Lowry Consulting Group, LLC. 12p. 2012.

MACEDO, J. A. B. **Apostila Química I (Tecnológica)**, UFJF-Depto. de Química, Juiz de Fora, 1992, 98p.

MACÊDO, J. A. B. **Sistema especialista para controle e tratamento de água na indústria de alimentos**. Viosa, MG. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa. 1994.

## REVIEWS – SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS & SISTEMAS & TRATAMENTO DE ÁGUA

JORGE MACEDO, D.Sc.

www.jorgemacedo.pro.br

MACEDO, J. A. B. **Determinação de Trihalometanos em Águas de Abastecimento Público e de Indústria de Alimentos**, MG. 90p. Tese [Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos]. Universidade Federal de Viçosa. 1997.

MACÊDO, J. A. B. **Subprodutos do processo de desinfecção de água pelos derivados clorados - Disinfection byproducts – DBP**. Juiz de Fora: Macedo, J. A. B. 67p. 2001.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 1ª. Edição. Belo Horizonte: ORTFOFARMA, 505p. 2000.

MACEDO, J. A. B. **Águas e Águas**. 1ª. Reimpressão. Belo Horizonte: Editora Varela. 505p. 2001.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 2ª Edição. Belo Horizonte: CRQ-MG, 997p. 2004.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3ª. Edição. Belo Horizonte: CRQ-MG. 1052p. 2007.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 4ª. Edição. Belo Horizonte: CRQ-MG. 944p. 2016.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 4ª. Edição. Reimpressão. Belo Horizonte: CRQ-MG. 960p. 2017.

MACEDO, J. A. B. **Piscina – Água & Tratamento & Química**. Belo Horizonte: CRQ-MG. 180p. 2003.

MACEDO, J. A. B. **Piscina – Água & Tratamento & Química**. 2ª. Edição. Belo Horizonte: CRQ-MG. 775p. 2019.

MACEDO, J. A. B. O estado da arte da relação ácido cianúrico e superestabilização. **Revista Controle da Contaminação**. v.6. n.55. p.32-38. Novembro de 2003a.

MACEDO, J. A. B. **Desinfecção & Esterilização Química**. Belo Horizonte: CRQ-MG. 737p. 2009.

MACEDO, J. A. B. **Ácido Cianúrico – Características físico-químicas, dispersão no meio ambiente, toxicidade, formação de DBP's (Disinfection by products), interferência na alcalinidade e no processo de desinfecção**. 02.09.2020. Disponível em: <[https://ccf8d7c7-eec0-417b-a584-b41575d61c17.filesusr.com/ugd/b3ec10\\_5738acf4d8244458a767d1dcd7768e06.pdf](https://ccf8d7c7-eec0-417b-a584-b41575d61c17.filesusr.com/ugd/b3ec10_5738acf4d8244458a767d1dcd7768e06.pdf)>. Acesso em 16 de outubro de 2020.

MELLOU, K.; MPLOUGOURA, A.; MANDILARA, G.; PAPADAKIS, et al. Swimming Pool Regulations in the COVID-19 Era: Assessing Acceptability and Compliance in Greek Hotels in Two Consecutive Summer Touristic Periods. **Water**. v.14. n.796. 10p. 2022.

MARCIANO-CABRAL, F.; CABRAL, G. Acanthamoeba ssp as agents of disease in humans. **Clinical Microbiology Reviews**. v.16. pp.273-307. 2003.

McPHERSON, L. L. Understanding ORP'S role in the disinfection process. **WATER/ Engineering & Management**. n.11. pp.29-31. Nov. 1993.

MORRIS, J. C. The acid ionization constant to HOCl from 5 to 30° C. **Journal Physical Chemistry**. v.70. n.12. pp-3798-3805. 1966.

MOURA, H. **Amebas de vida livre em piscinas: isolamento, identificação, potencial patogênico**. Rio de Janeiro. Dissertação [Mestrado em Saúde Pública] – Fundação Oswaldo Cruz. 1980.

MUÑOZ, V.; REYES, H.; TOCHE, P.; CÁRCAMO, C.; GOTTLIEB, B. Aislamiento de amebas de vida libre en piscinas públicas de Santiago de Chile. **Parasitología Latino-americana**. v. 8. pp.106-111. 2003.

## REVIEWS – SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS & SISTEMAS & TRATAMENTO DE ÁGUA

JORGE MACEDO, D.Sc.

www.jorgemacedo.pro.br

NAKAMURA, A. A.; PINTO, H. B. F.; DIAS, J. M. M.; MARTINS JÚNIOR, L.; LAGOA, S. M. **Práticas Sanitárias nas Piscinas dos Centros Educacionais Unificados – CEUs**. São Paulo: Secretaria Municipal de Saúde/Coordenação de Vigilância em Saúde. 118p. 2009. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/saude/vigilancia\\_em\\_saude/arquivos/Praticas\\_Sanitarias\\_nas\\_Piscinas\\_dos\\_CEU.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/saude/vigilancia_em_saude/arquivos/Praticas_Sanitarias_nas_Piscinas_dos_CEU.pdf)>. Acesso em 15 de outubro de 2020.

NEWSCIENTIST. **Amoeba warning to contact lens wearers**. 7 January 2004. Disponível em: <<https://www.newscientist.com/article/dn4537-amoeba-warning-to-contact-lens-wearers/>>. Acesso em 16 de outubro de 2020.

NSF/ANSI/CAN. **NSF/ANSI/CAN 50 – 2019 - Equipment and Chemicals for Swimming Pools, Spas, Hot Tubs, and Other Recreational Water Facilities**. Michigan: NSF International Standard / American National Standard / National Standard of Canada. 289p. December 2019.

NSW. **Public swimming pool and spa pool advisory document**. Sydney: Health Protection NSW (New South Wales) / NSW Government. 92p. 2013.

ORAM, B. **Corrosion, Saturation Index, Balanced Water in Drinking Water Systems- Corrosion Control Training for Professionals**. 2001. Disponível em: <<https://water-research.net/index.php/drinking-water-issues-corrosive-water-lead-copper-aluminum-zinc-and-more>>. Acesso em 16 de outubro 2020.

OSINSKI, A. **Pool Tip#43: Langelier Saturation Index**. San Diego: Aquatic Consulting Services. 2003.

PACHECO, L. G.; MARTINS, A. V. A importância do estudo das amebas de vida livre. **Saúde e Ambiente em Revista**. v.3. n.1. pp.57-65. Janeiro/Junho 2008.

PARINET, J.; TABARIES, S.; COULOMB, B.; VASSALO, L.; BOUDENNE, J. L. Exposure levels to brominated compounds in seawater swimming pools treated with chlorine. **Water Research**. v.46. n.3. pp.828–836. 2012.

PEREZ, J. L. **Investigação da qualidade e da estabilização química da água distribuída na cidade de Brodowski-SP**. Ribeirão Preto. 120p. Dissertação [Mestrado em Tecnologia Ambiental] - Universidade de Ribeirão Preto. 2011.

PETERS, R. W. **The simultaneous precipitation of calcium carbonate and magnesium hydroxide in the water softening process**. 451p. Iowa. Dissertation [Doctor of Philosophy Chemical and Biological Engineering]. Iowa State University. 1980.

POHLING, R. **Reações Químicas na Análise de Água**. Fortaleza: Gráfica Editora Arte Visual. 334p. 2009.

PWTAG. **Code of Practice / The Management and Treatment of Swimming Pool Water**. Tamworth/UK: PWTAG - Pool Water Treatment Advisory Group. 89p. August 2019.

PWTAG. **Technical Note - TN 46 - Swimming Pool Technical Operation after Covid-19 shutdown**. Pool Water Treatment Advisory Group. August 2020b. Disponível em: <https://www.pwtag.org/download/swimming-pool-technical-operation-after-covid-19-shutdown-tn46/?wpdmdl=2363&refresh=61388c5518a161631095893>>. Acesso em 22 de março de 2022.

PWTAG. **Technical Note - 44 – Disinfecting coronavirus**. Pool Water Treatment Advisory Group. Revised April 2021. Disponível em: <<https://www.pwtag.org/download/disinfecting-coronavirus-tn44/?wpdmdl=2370&refresh=61388d53aece91631096147>>. Acesso em 20 de junho de 2022.

QUEENSLAND. **Water quality guidelines for public aquatic facilities**. Queensland Australia Water Unit, Department of Health, Queensland Health. 70p. December 2019.

RADFORD, C. F.; MINASSIAN, D. C.; DART, J. K. G. Acanthamoeba keratitis in England and Wales: incidence, outcome, and risk factors. *British Journal of Ophthalmology*. v.86. pp.536–542. 2002.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blucher. 332p. 1991.

SALAZAR, H. C.; MOURA, H.; RAMOS, R. T. Isolamento de amebas de vida livre a partir de água mineral engarrafada. *Revista Saúde Pública*. v.16. pp.261-267. 1982.

SCHMALZ, C.; FRIMMEL, F. H.; ZWIENER, C. Trichloramine in swimming pools-Formation and mass transfer. *Water Research*. v.45. pp.2681–2690. 2011.

SEUX, R. Évolution de la pollution apportée par les baigneurs dans les eaux de piscines sous l'action du chlore. *Journal Français d'Hydrologie*. v.19. n.2. pp.151–168. 1988.

SHREVE, R. N., BRINK Jr., J. A. **Indústrias de processos químicos**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois. 717p. 1977.

SIMARD, S.; TARDIF, R.; RODRIGUEZ, M. J. Variability of chlorination by-product occurrence in water of indoor and outdoor swimming pools. *Water Research*. v.47. pp.1763–1772. 2013.

SP. **Decreto n. 13.166, de 23 de Janeiro de 1979 - Aprova Norma Técnica Especial (NTE) Relativa a Piscinas**. Diário Oficial do Estado de São Paulo. n.16. 24 de janeiro de 1979.

SUPPES, L. M.; HUANG, C.; LEE, W.; BROCKMAN, K. J. Sources of pharmaceuticals and personal care products in swimming pools. *Journal of Water and Health*. v.15. n.5. pp.829-833. 2017.

SWIM ENGLAND. **Swimming pool water inactivates Covid-19 virus in 30 seconds, according to new study**. 12 April 2021. Disponível em: <<https://www.swimming.org/swimengland/swimming-pool-water-inactivates-covid19-virus/>>. Acesso 19 de fevereiro de 2022.

TEIXEIRA, L. H. **Ocorrência de amebas de vida-livre dos gêneros Acanthamoeba e Naegleria, em piscos de ambientes internos, na Universidade Católica de Santos, SP, Brasil**. Santos. 79p. Dissertação [Mestrado em Saúde Coletiva] – Universidade Católica de Santos. 2008.

TEO, T. L.; COLEMAN, H. M.; KHAN, S. J. Chemical contaminants in swimming pools: Occurrence, implications and control. *Environment International*. v.76. pp.16–31. 2015.

TERRA. **Infecção em usuários de lente de contato pode causar cegueira e até perda do globo ocular**. 9 novembro de 2018. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/vida-e-estilo/saude/infeccao-em-usuarios-de-lente-de-contato-pode-causar-cegueira-e-ate-perda-do-globo-ocular,431836b741422cc1f25c0f1744758d9av2x5zjnj.html>>. Acesso em 16 de outubro de 2020.

JERKINS, D. **How to use LSI for my pool?** March 4, 2021. Disponível em: <<https://tmiaquatics.com/how-to-use-lsi-for-my-pool/>>. Acesso em 14 de setembro de 2022.

TURBIANI, R. **Infecção em usuários de lente de contato pode causar cegueira e até perda do globo ocular**. 9 novembro de 2018. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/vida-e-estilo/saude/infeccao-em-usuarios-de-lente-de-contato-pode-causar-cegueira-e-ate-perda-do-globo-ocular,431836b741422cc1f25c0f1744758d9av2x5zjnj.html>>. Acesso em 16 de outubro de 2020.

USGS. **Water Hardness and Alkalinity**. Disponível em: <[https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/hardness-water?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/hardness-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)>. Acesso em 03 julho de 2020.



VAN DOREMALEN, N.; BUSHMAKER, T.; MORRIS, D. H.; HOLBROOK, M. G.; GAMBLE, A.; WILLIAMSON, B. N.; TAMIN, A.; et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. **New England Journal of Medicine**. v.382. n.16. pp.1564–1567. 2020.

VAN WATERS & ROGERS. **Scale Formation and pH Control in Swimming Pools**. Technical Information Bulletin FK 41464. 1964.

WAHMAN, D. G. First Acid Ionization Constant of the Drinking Water Relevant Chemical Cyanuric Acid from 5 to 35 °C. **Environmental Science** (Cambridge). v.4. n.10. pp.1522–1530. 2018.

WANG, X.; LEAL, M. G.; ZHANG, X.; YANG, H.; XIE, Y. Haloacetic acids in swimming pool and spa water in the United States and China. **Environmental Science and Engineering**. v.8. n.6. pp.820–824. 2014.

WHO. **Guidelines For Drinking Water Quality Training Pack**. Geneva: WHO - World Health Organization. 391p. 2000.

WHO. **Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2, Swimming pools and similar environments**. Geneva: World Health Organization. 118p. 2006.

WHO. **Drinking-water Quality - Fourth Edition Incorporating the First Addendum**. Switzerland: WHO - World Health Organization. 541p. 2017.

WOJTOWICZ, J. A. A Revised and Updated Saturation Index Equation. **Journal of the Swimming Pool and Spa Industry**. v.3, n.1, p.28–34, 2001.

WOJTOWICZ, J. A. Effect of Cyanuric Acid on Swimming Pool Maintenance. **Journal of the Swimming Pool and Spa Industry**. v.5. n.1. pp.15-19. 2004.

YANG, L.; CHEN, X.; SHE, Q.; CAO, G.; LIU, Y.; CHANG, V.; TANG, C.H. Regulation, formation, exposure, and treatment of disinfection by-products (DBPs) in swimming pool waters: A critical review. **Environment International**. v.121. pp.1039–1057. 2018.

ZWIENER, C.; RICHARDSON, S. D.; DEMARINI, D. M.; GRUMMT, T.; GLAUNER, T.; FRIMMEL, F. H. Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. **Environmental Science and Technology**. v.41. pp.363-372. 2007.