

REVIEW:  
AR DO AMBIENTE x ESTRUTURAS AQUÁTICAS COBERTAS  
X  
RISCOS PARA OS USUÁRIOS

JORGE MACEDO, D.Sc.

Bacharel em Química Tecnológica

www.jorgemacedo.pro.br // aguaseguas@terra.com.br // contato@aguaseguas.com

www.jorgemacedo.pro.br

PISCINA – ÁGUA & TRATAMENTO & QUÍMICA - 2019

JORGE MACEDO, D.Sc.

## 1- Introdução

Não existem dúvidas que no ar ambiente **de todas as estruturas aquáticas cobertas** (Indoor Swimming Pools - ISP) existem DBP's (Disinfection By-Products), a maior ou menor quantidade depende alguns fatores, como a dosagem de produtos químicos em excesso, processo de desinfecção, da quantidade de usuários concomitantemente na água (carga de banhistas) e da eficiência do sistema de troca do ar ambiente. É a mesma situação da água tratada (potável), não existe manancial sem NOM (**Matéria orgânica natural**) e quando fizer a desinfecção química haverá a formação dos DBP's, existem limites de concentração considerados seguros para a ingestão da água. Não existe água tratada (potável) que não tenha DPB's.

Afirma Audrey Eldridge: *“qualquer pessoa que vai a uma piscina ficará exposta a esses DBPs - na água da piscina ou no ar ao redor dela”* (ARNAUD, 2016).

Esses sistemas de trocar do ar ambiente podem ser por:

- **“Exaustão”** quando se retira continuamente um determinado volume de ar, enquanto o ar novo entra livremente.
- **“Insuflamento”**, quando se injeta ar novo no ambiente, de forma contínua, enquanto o mesmo volume sai livremente. Neste caso é possível determinar a qualidade do ar utilizando filtro.
- **“Exaustão e insuflamento forçados”**, permite determinar a qualidade do ar com utilização de filtro e o controlar o volume de renovação. Estas instalações quando projetadas de forma a garantir o arraste do ar por todo ambiente, são mais eficientes e conseqüentemente mais econômicas. Havendo equipamentos que geram calor no interior do ambiente, convém instalar exaustão localizada a fim de impedir sua difusão.

É importante ressaltar que **somente renovação de água da piscina**, não é suficiente para solucionar o problema de contaminação da água e do ambiente. Outra afirmação que se ouve constantemente é *“a água da piscina é cristalina, é transparente”*, essa característica de baixa turbidez e alta transparência, **não se relaciona em nada** com presença ou ausência de DBP's na água e/ou no ambiente. A turbidez é uma característica física vinculada a sólidos em suspensão que impedem a passagem da luz e DBP's não ficam em suspensão na água e não tem interferência na penetração da luz no meio aquoso. Outra informação, a água cristalina ou transparente não indica que ela não se apresenta contaminada com organismos patogênicos, em resumo, apenas a avaliação da água de forma organoléptica (com a visão) nada indica sobre a sua qualidade físico-química ou microbiológica.

Inicialmente a preocupação de formação de DBP's era somente com a NOM (**Matéria orgânica natural**) em SPWs (Swimming Pool Waters) cuja origem principal é a

fonte ou água de reposição (normalmente DWs - Drinking Waters). As substâncias húmicas (ou seja, ácidos húmicos e fúlvicos) são responsáveis pela maior fração de NOM (52–70%). Outras substâncias hidrofílicas (por exemplo, ácidos transfílicos - TPHA, proteínas, aminoácidos e carboidratos) representam 20–40% (YANG, CHEN, SHE, CAO, et al., 2018). Está comprovado que a NOM possui um alto potencial para a formação de DBPs (por exemplo, THMs, HAAs, HANs e HNMs) durante a cloração (KANAN, KARANFIL, 2011; WHO, 2011, 2017; YANG, SCHMALZ, ZHOU, ZWIENER, et al., 2016; MACEDO, 1997).

Mas, nos últimos 17 anos a quantidade de produtos de beleza e farmacêuticos que surgiram é imensa, estão sendo transferidos para as águas das piscinas. 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, estão contribuindo de forma definitiva para a formação dos DBP's.

Os **BFA's (Body Fluid Analogs; Organic loading/bather load)** são liberados pelos nadadores durante as atividades na piscina, por exemplo, urina, suor, escarro, resíduos de menstruação, fluido corporal ou fluido biológico, excreções nasais, microrganismos e material fecal, também contribuem para a formação dos DBP's (KANAN, KARANFIL, 2011; ZWIENER, RICHARDSON, DE MARINI, et al., 2007; TEO, COLEMAN, KHAN, 2015; LAMONT BRADFORD, 2014).

Os fluidos corporais humanos são liberados pelos nadadores durante as atividades na piscina, onde urina e suor são duas fontes principais de contaminantes (LAMONT BRADFORD, 2014), contribuindo de forma decisiva na formação dos DBP's nitrogenados.

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). Níveis semelhantes de urina e liberação de suor de nadadores foram relatados em outros estudos da literatura, ou seja, 54,7-117 e 823–1760 mL/banhista por WENG, BLATCHLEY III (2011) e 20–80 e 100–1000 mL/banhista por FLORENTIN, HAUTEMANIERE, HARTEMANN (2011). A liberação de suor é muito maior do que a liberação de urina, especialmente durante exercícios intensivos em piscinas operadas temperaturas mais altas (KEUTEN, PETERS, DAANEN, et al., 2014). A taxa média de liberação de suor é de 0,04-0,91 L/m<sup>2</sup>/h conforme resumido por Keuten em publicações anteriores e 0,1–0,8 L/m<sup>2</sup>/h conforme obtido de seu próprio laboratório e experimentos no local.

Os compostos nitrogenados em águas de piscinas têm várias origens, a principal é a degradação química da uréia, proteínas e aminoácidos introduzidos pelos banhistas na piscina (ASTRALPOOL, 2018).

O primeiro estudo a analisar DBP's no ar exalado, a incluir dados de exposição externa e a medir o nível de atividade física, fez parte da pesquisa denominada PISCINA II e realizada em Barcelona no âmbito do projeto **EXPOSOMICS** - foi investigar os efeitos de **curto prazo da exposição a DBPs no 'metaboloma'** (isto é, o conjunto de pequenas moléculas químicas ou metabólitos em sangue), com o objetivo de identificar possíveis vias metabólicas associadas aos efeitos adversos desses compostos na saúde. Os

resultados foram publicados por VELDHOVEN, KESKI-RAHKONEN, BARUPAL, VILLANUEVA, et al. (2018) com o título “*Effects of exposure to water disinfection by-products in a swimming pool: A metabolome-wide association study*” (Efeitos da exposição a subprodutos da desinfecção da água em uma piscina: um estudo de associação de todo o metaboloma) no periódico “*Environment International*” (ISGLOBAL, 2017)

O Quadro 1 apresenta a concentração dos compostos nitrogenados e valores da percentagem do nitrogênio no suor e na urina.

QUADRO 1- Concentração dos compostos nitrogenados e valores da percentagem de nitrogênio no suor e na urina.

Compostos de nitrogênio	SUOR		URINA	
	Valor Médio (mg/L)	Percentagem do Total de Nitrogênio (%)	Valor Médio (mg/L)	Percentagem do Total de Nitrogênio (%)
Uréia	680	68	10.240	84
Amônia	180	18	560	5
Aminoácidos	45	5	280	2
Creatinina	7	1	640	5
Outros compostos	80	8	500	4
<b>Total Nitrogênio</b>	<b>992</b>	<b>100</b>	<b>12.220</b>	<b>100</b>

Fonte: JANDIK (1977) apud WHO, 2000, 2006.

A pesquisa de SUPPES, HUANG, LEE, BROCKMAN (2017) apresentou frequência de existência de PPCP’s detectados em 31 amostras de água de piscina. O DEET, ibuprofeno, cafeína e TCEP foram detectados com mais frequência. Dos 24 PPCP’s neste estudo, 20 estavam presentes na água da piscina pelo menos uma vez. Os quatro PPCP’s não presentes em nenhuma amostra de água da piscina foram atenolol, claritromicina, roxitromicina e triclosan. Os PPCP’s também estavam presentes na água de reposição. O atenolol, claritromicina e roxitromicina não estavam presentes na água de enchimento. Com exceção do triclosan, que foi detectado com 4% de frequência na água de reposição, cada PPCP presente na água de enchimento também estava presente na água da piscina. Apenas um PPCP presente na piscina, não estava na água de enchimento, a fluoxetina. A **fluoxetina (tratamento da depressão) estava presente em 26% das piscinas** e 0% de água de enchimento. O **ibuprofeno (anti-inflamatório)** é encontrado em **71% das piscinas**. A frequência de **TCEP (retardador de chama)** na água em 65% das piscinas era aproximadamente quatro vezes mais que em água de enchimento. O **DEET (em repelente de insetos)** em 100% das águas de piscinas (SUPPES, HUANG, LEE, BROCKMAN, 2017).

É importante ressaltar que os indivíduos, durante as atividades, ingerem a água da piscina. As estimativas de exposições orais (ingestão e absorção) são baseadas em valores assumidos para ingerir águas de piscina no curso de natação, bem como uma suposição de 50-100% de absorção do produto químico após ingestão. Segundo BEECH (1980) com base em uma estimativa não publicada por Datta (1979), assumiu que um criança mais velha colocava na boca e esguichava 5 mL de água a cada respiração enquanto nadava e 1% seria engolido. Foi assumido que ocorreria 1000 respirações por hora ao nadar e até 0,5 litro de água seria ingerido como um extremo por crianças enquanto brincar e mergulhar. Um valor de ingestão de ponto médio de 225 mL por

sessão de natação de 1 hora é assumido nestas diretrizes para nadadores competitivos (WHO, 2000).

Uma pesquisa com a participação de cerca de 570 indivíduos, que nadaram pelo menos uma hora e posteriormente coletaram a urina durante um período de 24 horas. Os resultados do estudo mostraram que as crianças ingeriram quase duas vezes mais água do que os adultos. As crianças engoliram, em média, cerca de 47 mL de água por período de natação, na pesquisa pelo menos 1 h, enquanto os adultos ingeriram cerca de 24 mL de água. Os homens adultos ingeriram significativamente mais água que as mulheres, 30 mL e 19 mL, respectivamente. Os resultados desses estudos fornecem a primeira evidência da quantidade de água que indivíduos engolem durante atividades de natação recreativa (EVANS, WYMER, BEHYMER, DUFOUR, 2006; DUFOUR, BEHYMER, CANTÚ, MAGNUSON, WYMER, 2017).

Indica-se a todos que desejam informações específicas sobre DBP's 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”* nesse documento estão disponibilizadas informações mais detalhadas sobre o assunto.

Para alcançar o review basta visitar o site [www.aguaseaguas.com](http://www.aguaseaguas.com), clicar em “downloads”, clicar em “águas de piscinas” e clicar no link referente a esse review.

No presente review será tratado **preferencialmente da transferência de DBP's pelo ar ambiente**, ressaltando que, todos os DBP's são formados dentro da água.

É importante ressaltar que qualquer atividade física dentro da água, por exemplo, a natação é um exercício saudável que é bem tolerado, por exemplo, por asmáticos porque induz broncoconstrição menos severa do que outras modalidades de atividade física. Esse efeito protetor da natação provavelmente resulta da alta umidade do ar inspirado no nível da água, o que reduz a perda de água pela respiração e possivelmente diminui a osmolaridade do muco das vias aéreas. A posição horizontal do corpo durante a natação também pode exercer um papel nisso ao alterar a rota respiratória e, portanto, produzir menos resistência das vias aéreas do que outros esportes. Assim, a natação é frequentemente recomendada aos asmáticos como um meio seguro e agradável de manter a função pulmonar, aumentar sua capacidade aeróbica e melhorar sua qualidade de vida (BERNARD, 2010).

Contudo, relatos de problemas respiratórios são constantes entre pessoas que trabalham nessas piscinas (FANTUZZI, RIGHI, PREDIERI, et al., 2000), entre nadadores de competição (HELENIUS, RYTILÄ, SARNA, et al., 2002) e recreacionais (BERNARD, NICKMILDER, VOISIN, SARDELLA, 2009; VOISIN, SARDELLA, MARCUCCI, BERNARD, 2010). No caso dos nadadores de competição, o estresse mecânico imposto sobre as vias aéreas pelo treinamento intenso tem influência nesses problemas. Porém, o exercício intenso não pode ser a explicação para os efeitos respiratórios observados em salva-vidas ou bebês que não treinam na piscina. Portanto, os pesquisadores desse campo relacionam cada vez mais a pior saúde respiratória dos nadadores aos efeitos irritantes do **“uso do cloro ou de seus subprodutos”**, os quais, dependendo da modalidade de natação, são inalados como gases, microaerosóis ou mesmo como pequenos volumes de água (por exemplo: por bebês que nadam). A hipótese atual é de que esses produtos químicos irritam as vias aéreas dos nadadores e, portanto, os tornam mais sensíveis a estressores ambientais, como alérgenos ou agentes infecciosos (BERNARD, 2007).

O problema não está no uso de derivados clorados, pois depois de adicionados a água não vai existir mais essa substância ou produto químico, vai estar presente o HClO (ácido hipocloroso) que, **se existirem condições de reações irá levar a formação dos DBP's**, esses são os problemas.

O que ocorre é função, de que, na **imensa maioria das estruturas aquáticas públicas e/ou privadas** (como academias de natação), por falta de legislação específica e de fiscalização, os “administradores” acham que já está garantida a segurança e à saúde do usuário e dos funcionários no entorno, apenas monitorando o “pH e CRL (Cloro Residual Livre)” por 3 vezes ao dia (indicação de resolução/legislação específica) e, com agravante que, na maioria das estruturas aquáticas, com funcionários sem formação/capacitação em Química para tratar a água da piscina. A maioria ainda utiliza orto-tolidina (OTO) para monitorar o CRL, substância com indicação de exclusão de uso, na 15ª edição do *Standard Methods for Examination of Water and Waste Water* (15th Ed., 1980) por ser considerada uma substância altamente tóxica e cancerígena, e que, também apresenta erros relativos na ordem de 20,2 a 42,5 % nas leituras de cloro residual dando valores menores que os valores reais (NOLL, OLIVEIRA, PESCADOR, 2000).

Assume-se normalmente que um adulto inalará aproximadamente 10 m<sup>3</sup> de ar durante um período de trabalho de 8 horas; no entanto, tal inalação depende também do esforço físico despendido. Assim, haverá variações significativas de indivíduo para indivíduo em função do nível do tipo de atividade desenvolvido e do nível de esforço. Outros fatores que controlam esta via de exposição são a concentração da substância na água, propriedades de transferência de massa, concentração no ar e tempo que se permanece na vizinhança da piscina (PEDROSO, 2009; WHO, 1999, 2006; Adaptado WHO, 2000a).

No Brasil, **a quase totalidade** das estruturas aquáticas, **nunca monitorou e/ou não monitora o nível de DBP's na água e/ou no ar** dentro da estrutura aquática, pois não há exigência de legislação e, logicamente aumentaria os custos e como já citado, com agravante de que pessoas leigas, na maioria esmagadora, é que são responsáveis pelo tratamento da água da piscina.

Se ocorrer um monitoramento mais restritivo de especificações químicas, como pH, CRL e ORP, de forma muito fácil se consegue definir procedimentos para ser preventivo na formação dos DBP's e com a presença de um efetivo sistema de troca do ar ambiente se consegue reduzir de 80-85% a presença e a formação dos DBP's.

Sem uma legislação mais rígida, sem fiscalização, sem o monitoramento de especificações químicas da água da piscina, **sem responsáveis técnicos da área de Química**, para definir medidas preventivas para evitar a formação de DBP's, somente resta, a afirmação:

*“A culpa é do cloro, pois está na água da piscina errada na hora errada!”*

O Dr. Jim Potts desenvolveu uma pesquisa em 1994 [POTTS (1996) apud DELGADO, 2013; apud BASTOS, 2020] com estudantes e atletas de natação para a British Columbia University no Canadá. Os resultados respiratórios são surpreendentes. Entre os atletas estudados estão: bronquite (24,9%), febre do feno (tipo de rinite alérgica) (16,9%), asma (13,4%), pneumonia (10,2%) e outros problemas (8,4%). A pesquisa envolveu 544 alunos / nadadores, ou seja, 73,8% dos entrevistados disseram ter

desenvolvido problemas respiratórios e isso estaria associado ao aumento da exposição a produtos irritantes na química da piscina. Os sintomas da chamada febre de feno incluem: nariz ralo (escorrendo líquido), olhos sarnentos, vermelhos (conjuntivite alérgica), espirros, garganta sarnento, nariz, orelhas e boca, tosse, dor de cabeça, dor de ouvido, fadiga.

Vejam a afirmação de DELGADO (2013) e BASTOS (2020), com base na pesquisa de POTTS (1996):

**“Piscinas cobertas são realmente biosferas artificiais mal acabadas. As falhas do sistema operacional no controle da qualidade da água e do ambiente interno são as principais responsáveis por todos os problemas. Podemos até excluir o cloro. Vamos ver como isso acontece. O cloro puro dificilmente é respirado na piscina, o que na verdade é inalado são as cloraminas. Eles representam um subproduto da reação do cloro com a água suja de materiais orgânicos (urina, suor, secreções corporais, etc.). A inalação de cloraminas causa irritação do trato respiratório e o contato com ar cloraminado causa irritação nos olhos e coceira na pele.” (grifo nosso)**

Outra questão muito importante, que deve, novamente, ser ressaltada, é conhecimento técnico na área de Química dos funcionários responsáveis pelo tratamento da água da piscina, **na maioria esmagadora** esses funcionários **são leigos e atuam empiricamente**, ou seja, **não tem nenhuma formação e/ou conhecimento na área de Química** para realizarem tais atividades.

O médico, alquimista, físico, astrólogo e ocultista suíço-alemão **Paracelsius** (1493-1541) afirma: ***“Todas as substâncias são venenos e não existe nenhuma que não seja. O que diferencia o medicamento de um veneno é a dose”***. Até a água, se beber demais você morre afogado! A Química é vida, mas se utilizada sem o devido conhecimento se torna um problema, como os relatos a seguir.

Veja a notícia **“Morre aluno intoxicado com cloro em academia de natação de Campinas”**, o gás teria sido formado com a mistura de dois produtos usados para limpeza da água da piscina, que liberou o gás cloro. Um funcionário da academia teria feito a mistura, que começou a borbulhar e soltar o gás. O aluno da academia e, assim como outras pessoas presentes no recinto, inalou o gás. Ele desmaiou ao chegar ao vestiário. O gás tóxico teria provocado lesão nos pulmões. A academia publicou nota nas redes sociais solidarizando-se com os alunos vítimas de inalação de produto químico. Afirmou que o gás foi provavelmente derivado do cloro usado no tratamento da piscina e que o produto estava sendo preparado para ser colocado na água ao fim da aula. Na nota, **informa que contratou empresa especializada para apurar as causas do acidente** e que está à disposição para colaborar com os órgãos competentes (CARVALHO, 2018; EXTRA-GLOBO, 2018). A Prefeitura autuou a empresa já que, segundo ela, a academia **não tem licença de funcionamento**, foram nove pessoas intoxicadas, e uma delas faleceu (BERENGUEL, 2018).

No acidente chama atenção duas situações, a situação irregular da academia e somente depois de intoxicar 9 pessoas, com uma morte o estabelecimento contratou uma empresa especializada para apurar as causas do acidente. Se a empresa possuísse um profissional com conhecimento de Química e fosse o responsável pelo processo de tratamento da água essa situação dificilmente teria ocorrido.

Outra notícia **“Alunos sofrem intoxicação por cloro em piscina de escola federal em Fortaleza”** (G1, 2018). Um grupo de alunos e um funcionário sofreu intoxicação por

cloro quando participava de uma aula de natação no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) em Fortaleza. Segundo um policial informou ao G1, os estudantes passaram mal devido à intoxicação e "aparentemente sofreram queimaduras". Cinco foram mais atingidos e foram levados ao hospital Instituto Doutor José Frota (IJF), no Centro de Fortaleza. Duas pessoas foram a levadas a uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA) e outras duas a clínicas particulares. Como a exposição foi mais respiratória, os pacientes apresentaram sintomas de falta de ar e tosse. A pessoa que ficou mais próxima é que teve um problema maior nos olhos, ele teve reação ocular mais intensa", explicou o farmacêutico Tiago Moura, do IJF, que ajudou no atendimento aos alunos. Ainda segundo o IFCE, havia baldes com cloro no entorno da piscina; quando os alunos mergulharam no local, a água respingou nos baldes, o que ocasionou uma reação química que gerou muita fumaça. A fumaça, de acordo com o IFCE, intoxicou as pessoas que estavam no entorno.

Resta somente, novamente afirmar:

*“A culpa é do cloro, pois está na água da piscina errada na hora errada!”*

## 2. O Cloro é o cloro?! Ou não é o cloro!!

### 2.1- Um pouco de história do uso de derivados clorados com utilização de forma e dosagem correta

O uso de derivados clorados no processo de desinfecção resultou na melhoria da qualidade de vida das populações abastecidas por água tratada. Alguns exemplos podem ser citados:

a) a partir de 1908 com início da chamada "cloração da água potável" reduziu-se a mortalidade por febre tifoide nos Estados Unidos em 40% (Figura 1). Inúmeras referências podem ser encontradas atestando os significativos efeitos benéficos de desinfecção. Em 1900 a taxa de mortalidade de febre tifóide foi de 36 por 100 000 habitantes. Essa relação caiu para 20 por 100 000 em 1910 e para 3 por 100 000 em 1935 [LAUBUSCH (1964), TIERNAN (1948) apud FREESE, NOZAIC, 2004].

b) de 1900 a 1920, a perspectiva de vida nos Estados Unidos cresceu 19%, ou seja, passou de 47 para 56 anos (Figura 2);

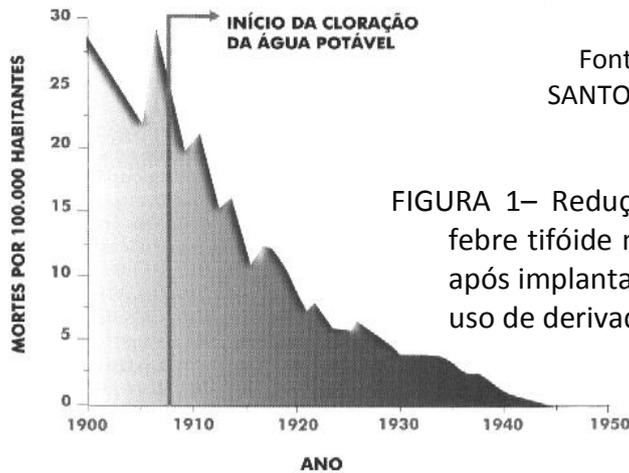
c) Em 1910 ocorria nos Estados Unidos uma média de 450 surtos de doenças de veiculação hídrica por ano e existiam no país em torno de 20 estações de tratamento de água já implantadas; no ano de 1960 ocorreram, em média, 10 surtos de doenças de veiculação hídrica e existiam no país quase 10.000 estações de tratamento de água que utilizavam o processo de desinfecção com derivados clorados (Figura 3);

d) Em 1991, a cólera causou a morte de milhares de habitantes do Peru, a origem da doença a suspensão do processo de desinfecção por derivados clorados no tratamento de água potável, pela interpretação incorreta de uma diretriz da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), sendo que as autoridades peruanas ignoraram todos os trabalhos científicos sobre o desenvolvimento de biofilme bacteriano, cuja formação é facilitada pela falta de um nível de cloro residual. Outros casos de surto de cólera veiculados pela água, em países como Itália, Albânia e Ruanda foram erradicados pelo processo de desinfecção com uso de derivados clorados (ACC, 2008; ZARPELON, 2001).

O processo de purificação da água através da filtração e cloração foi considerado pelas revistas "*Life Magazine*" e "*Veja*", edição especial do Milênio, como um dos 100 fatos (46º) que mudaram o mundo de 1001 até 2000, e talvez seja o avanço mais

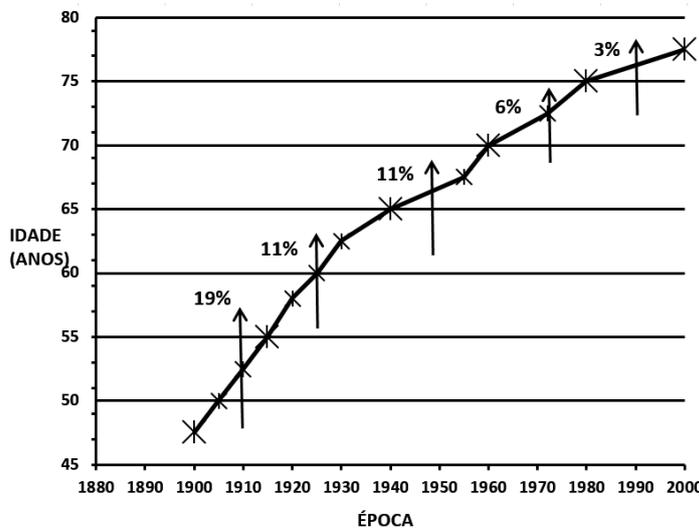
importante do milênio na área de saúde pública (REVISTA VEJA, 2001; LIFE MAGAZINE, 1998; FREESE, NOZAIC, 2004).

PISCINA – ÁGUA & TRATAMENTO & QUÍMICA - 2019  
 JORGE MACEDO, D.Sc.  
 www.jorgemacedo.pro.br



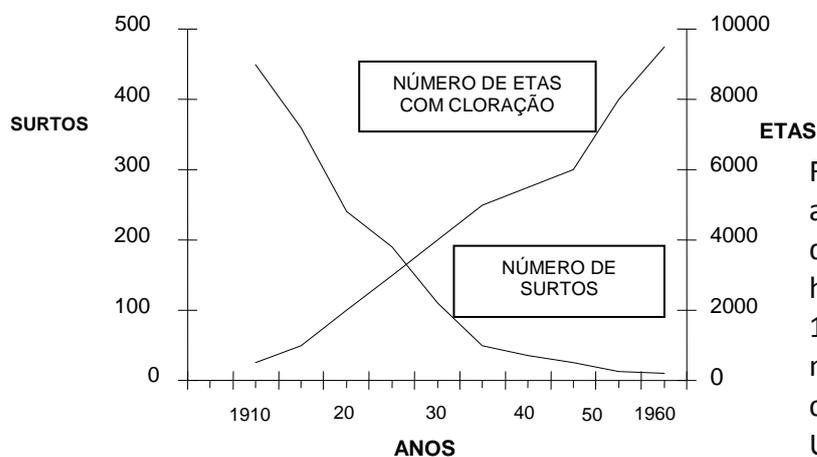
Fonte: CHRISTMAN, 1998; GRUBER, LI, SANTOS, 2001; ACC, 2008; FREESE, NOZAIC, 2004.

FIGURA 1- Redução do número de casos fatais de febre tifóide nos Estados Unidos de 1900 a 1950 após implantação de sistema de desinfecção pelo uso de derivados clorados.



Fonte: CHRISTMAN, 1998; GRUBER, LI, SANTOS, 2001.

FIGURA 2- Crescimento da expectativa de vida nos USA após a utilização do processo de desinfecção de água.



Fonte: LEME, 1980.

FIGURA 3- Médias anuais de surtos de doenças de veiculação hídrica, entre 1910 e 1960, relacionadas ao número de ETA's com cloração, nos Estados Unidos.

SURTOS = MÉDIAS ANUAIS DE SURTOS DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA  
 ETAS = NÚMERO DE ETAs COM PROCESSO DE CLORAÇÃO

## 2.2- A terminologia correta

É importante ressaltar que não existe “**CLORO**” na natureza. A terminologia utilizada, o jargão popular “*vai colocar cloro na água*”, é uma afirmação totalmente equivocada do ponto de vista químico (MACEDO, 2020a).

A alta reatividade do elemento químico cloro não permite que ele seja encontrado na natureza em estado elementar, porém é encontrado na forma de substância simples ou composta, por exemplo, de cloretos (o mais comum é o NaCl, citam-se ainda cloretos encontrados em minerais, como a halita (NaCl), a silvita (KCl) e a carnallita (KCl.MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O), que são encontrados em depósitos subterrâneos, nas minas de sal, cloratos, percloratos, cloritos e hipocloritos, além de se apresentar ligado covalentemente a outros não metais, além de estar ligado a compostos orgânicos formando haletos (MACEDO, 2000, 2003, 2004a, 2016, 2019, 2020).

A maioria das pessoas tem o hábito de classificar as soluções aquosas, por exemplo, como hipoclorito de sódio apenas de cloro, mas isso é uma inverdade. A água sanitária (Hipoclorito de Sódio - NaClO), o “*cloro*” de piscina (sólido ou líquido) e o “*cloro liquefeito*” (Cloro Gás – Cl<sub>2</sub>), são apenas compostos, os quais apresentam em sua composição o elemento químico “cloro” e são capazes de liberar no meio aquoso o ácido hipocloroso (HClO) que é responsável pelo processo de desinfecção (MACEDO, 2016, 2019). A expressão da concentração de HClO é em mg Cl<sub>2</sub>/L, indica-se “ppm de CRL”.

As substâncias químicas que liberam o HClO no meio aquoso por sua reação de hidrólise, por exemplo, hipoclorito de sódio, dicloroisocianurato de sódio, hipoclorito de cálcio, ácido tricloroisocianúrico, são denominados de “**derivados clorados**”. Numa avaliação da fórmula do HClO, nota-se que ela indica a presença de H (hidrogênio) e O (oxigênio) na mesma quantidade do elemento químico Cl (cloro).

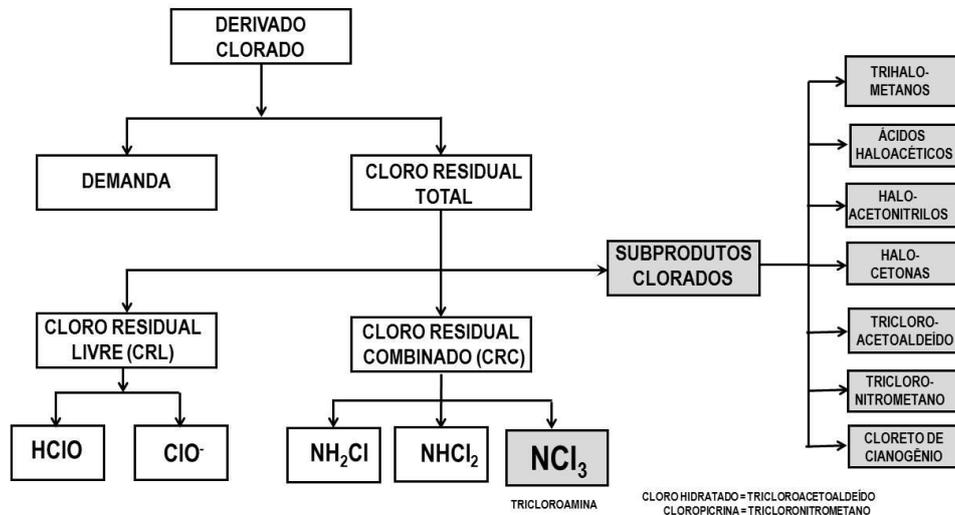
Em resumo, repetindo, cientificamente é incorreto citar que adicionamos “cloro na água”. Na verdade, adicionamos um derivado clorado na água que no seu processo de hidrólise libera uma substância química, o HClO (ácido hipocloroso), que consegue reduzir o nível de contaminação microbiológica do meio aquoso. A terminologia “cloro” virou uma expressão popular (MACEDO, 2016; MACEDO, 2019).

A pesquisa realizada por MACÊDO (1997) foi a responsável pela introdução no Brasil, da terminologia “*derivados clorados orgânicos*”, atualmente, usa-se “*cloro orgânico*”.

Qualquer derivado clorado utilizado no processo de desinfecção vai gerar no seu processo de hidrólise subprodutos, em quantidades diferentes e de acordo com o derivado clorado utilizado, por exemplo, alguns tem características de aumentar o pH, outros tem características químicas que reduzir o pH do meio aquoso, e logicamente o seu uso será complementado com a adição de uma substância para diminuir ou aumentar o pH, para que o pH do meio aquoso possa ser ajustado na faixa considerada ideal. Alguns, além de ter a propriedade de desinfecção, também podem atuar como oxidantes, outros somente atuam no processo de desinfecção. Aqueles que atuam no processo de desinfecção e de oxidação de matéria orgânica são mais instáveis (MACEDO, 2016; MACEDO, 2020).

Quando um derivado clorado é adicionado à água, ocorre em primeiro lugar, a reação de oxidação da matéria orgânica, que recebe o nome de “*demanda de cloro*”. Satisfeita a demanda, o derivado clorado reage com a amônia, formando as cloraminas, que são denominadas de “cloro residual combinado”. Após a formação das cloraminas,

tem-se a presença do chamado “cloro livre”, que é constituído do ácido hipocloroso (HClO) e do íon hipoclorito (ClO<sup>-</sup>), podendo formar simultaneamente os subprodutos da desinfecção, por exemplo, THM’s (Figura 4).



Fonte: Adaptado MACEDO, 1997, 2019, 2020.

FIGURA 4– Adição de derivado clorado em água que possui compostos orgânicos e amônia.

O cloro residual total (CRT) é a soma das concentrações do cloro residual livre (CRL) e do cloro residual combinado (CRC).

O processo de cloração que deve ser usado em piscinas é denominado de “break-point” ou “ponto de quebra”, onde no meio aquoso teremos apenas CRL.

Em águas de piscinas o sintoma característico de água contendo cloraminas pode ser ouvido dos próprios banhistas - especialmente em piscinas muito utilizadas, quando os banhistas reclamam: *"a água está com muito cloro, sinta o cheiro"*! Na verdade, existe a falta de derivado clorado (POOL-LIFE, 1999). Nesse caso, devemos adicionar mais derivados clorados à água, até que todas as cloraminas inorgânicas sejam oxidadas e alcançando o chamado "break-point" (ANDRADE, MACEDO, 1996). A origem dos sais de amônia e os compostos nitrogenados podem ser de duas fontes: existir naturalmente na água e/ou ser resultantes da presença de urina e suor.

Como complementação de informação, o Quadro 2, apresenta os limites de odores para os produtos da hidrólise dos derivados clorados.

O HClO (ácido hipocloroso), responsável pelo processo de desinfecção, quanto a sensibilidade ao odor é mais fraco 1.000 vezes (20/0,02) se comparado com a tricloraminas (NCl<sub>3</sub>), dificilmente alguém irá sentir o odor característico de substância cloradas por conta do HClO. Outro fator é função da sua concentração em piscinas, que pode alcançar no máximo a 5 mg Cl<sub>2</sub>/L (5 ppm) e seu odor somente é sentido a partir de 20 mg Cl<sub>2</sub>/L (20 ppm).

Apenas como informação no Quadro 3 são apresentados limites de odores de outras substâncias para comparação.

PISCINA – ÁGUA & TRATAMENTO & QUÍMICA - 2019  
 www.jorgemacedo.pro.br  
 JORGE MACEDO, D.Sc.

QUADRO 2- Limites de detecção de espécies/substâncias químicas resultantes do processo de desinfecção com derivados clorados.

Espécie/substância química	NHS, 2001	BOWMAN, 2007; BARRIE, 2016
	Limite de odor (mg Cl <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	Limite de odor (mg Cl <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )
Ácido hipocloroso	-	20
Íon hipoclorito	-	-
Monocloramina	0,48 - 0,65	5,0
Dicloramina	0,5	0,8
Tricloramina	0,02	0,02

OBS.: Os resultados sofrem influência do pH do meio aquoso e da temperatura.

Fonte: KRASNER, BARRETT (1985) apud Adaptado ROGERS, 2001; Adaptado NHS, 2001; BOWMAN, MEALY, 2007; BARRIE, 2016.

QUADRO 3- Limite de percepção dos odores de diferentes hidrocarbonetos.

Hidrocarbonetos	Limite de percepção de odor (mg.L <sup>-1</sup> )	Hidrocarbonetos	Limite de percepção de odor (mg.L <sup>-1</sup> )
Petróleo bruto	0,1 – 0,5	Gasolina com aditivos	0,00005 mg/L
Petróleo refinado	1 - 2	Óleo Diesel	0,00005 mg/L
Querosene desodorizado	0,008	Lubrificante	0,5 – 25 mg/L
Gasolina comercial	0,005	Óleo de motor	1 mg/L

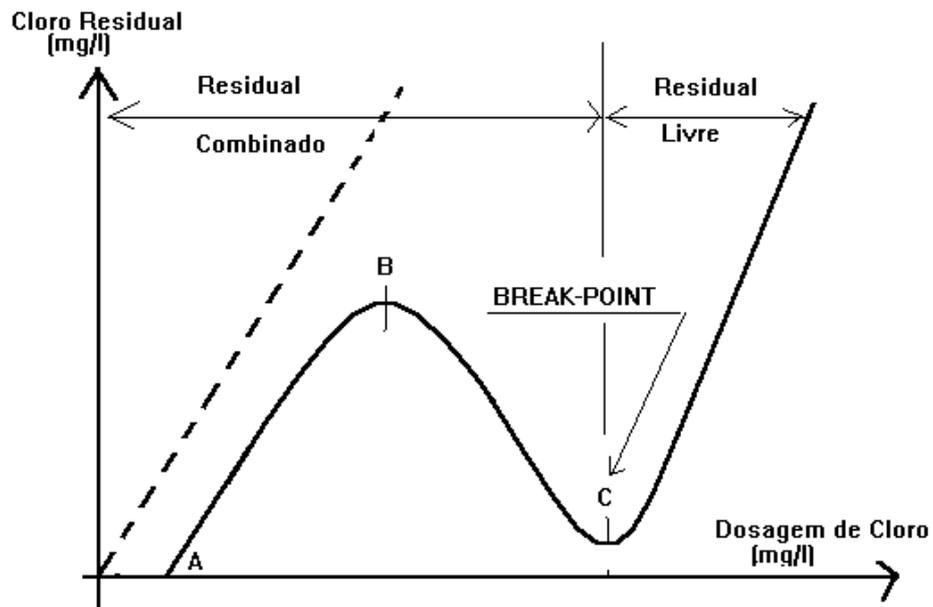
Fonte: MENDES, OLIVEIRA, 2004; TAVARES, 2013.

A denominada cloração ao “break-point” ocorre sob condições controladas, adicionando derivado clorado até que a demanda seja satisfeita. O derivado clorado continua a ser adicionado, até que os compostos cloro-nitrogenados (cloraminas), também sejam oxidados. Esses compostos são os responsáveis por sabor e odor característicos dos derivados clorados.

O ponto em que o derivado clorado adicionado libera somente HClO e ClO<sup>-</sup>, com a finalidade somente de desinfecção, é denominado ponto de quebra ou “break-point” (SANTOS FILHO, 1985; TCHOBANOGLIOUS, BURTON, 1991; TCHOBANOGLIOUS, BURTON, STENSEL, 2003.) (Figura 5).

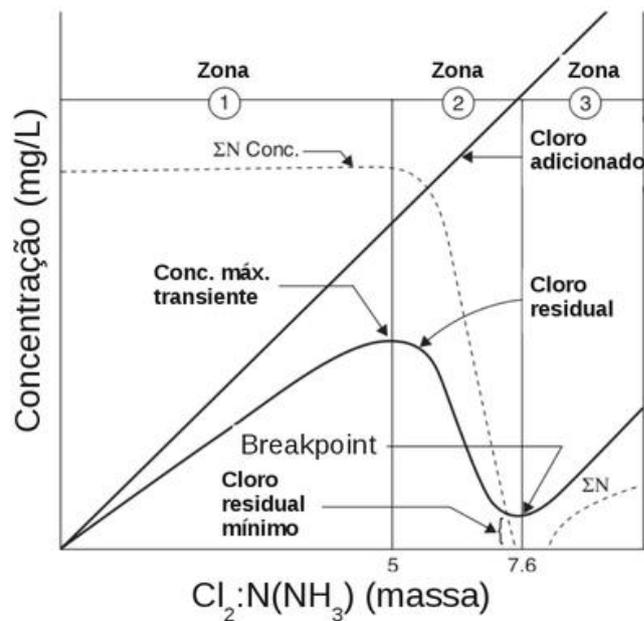
Esse fenômeno denominado de **Reação Breakpoint** (ponto de parada) mais tarde foi descoberto que estava diretamente relacionado à concentração de amônia na água. A curva de breakpoint é um gráfico que mostra a concentração de cloro residual em função da dose de cloro adicionado a uma água contendo amônia. A dosagem de cloro pode ser indicada em mg.L<sup>-1</sup> ou pela razão Cl<sub>2</sub>:N em massa ou molar. O gráfico (Figura 6) mostra uma curva de breakpoint típica com a concentração total de nitrogênio amoniacal, incluindo a fração convertida em cloraminas, ao longo das três fases do processo (Adaptado BOWMAN, MEALY, 2007; SHORNEY – DARBY, HARMS, 2010; C20, 2016).

PISCINA – ÁGUA & TRATAMENTO & QUÍMICA - 2019  
 JORGE MACEDO, D.Sc.  
 www.jorgemacedo.pro.br



--- = Derivado clorado adicionado em água sem matéria orgânica e substâncias amoniacais.  
 O-A = Demanda de cloro. A-B = Formação de cloraminas.  
 B-C = Decomposição de cloraminas, por excesso de cloro.  
 Fonte: SANTOS FILHO, 1985.

FIGURA 5- Cloração acima do ponto de quebra.



$\Sigma N$  é a soma de espécies de nitrogênio, incluindo  $NH_3$  e cloraminas.

Fonte: SHORNEY – DARBY, HARMS, 2010; RANDTKE, 2010; C2O, 2016.

FIGURA 6- Curva de cloração ao breakpoint.

Segundo C2O (2016), transcreve-se o texto *ipsis litteris*, define-se três zonas no gráfico:

### Zona 1

Na zona 1 o cloro reage com amônia para formar cloraminas. Em valores de pH neutro e com tempos de contato curtos forma-se principalmente monoclорamina, mas em pH mais ácido e maior tempo de contato aumenta a formação de dicloramina, que pode até se tornar a espécie majoritária para  $\text{pH} \leq 5$ . Raramente se observa gosto e sabor de cloro nessa fase desde que a produção de dicloramina seja controlada. A formação de dicloramina e até tricloramina pode ocorrer pela presença de altas concentrações de cloro em partes do sistema por dificuldades na homogeneização.

A zona 1 é usualmente a zona de trabalho preferencial para se manter cloro residual combinado em sistemas de distribuição de água ( $\text{Cl}_2:\text{N}$  entre 3:1 e 5:1).

No final da zona 1 ( $\text{Cl}_2:\text{N} \cong 5:1$ ) a concentração de cloro combinado atinge um valor máximo e que, em água pura e com homogeneização eficiente, pode estar próxima da reta de cloro adicionado de modo que a concentração de cloro residual combinado seja igual à concentração de cloro adicionado. Mas na prática, esse ponto se encontra em menor concentração devido à reação de uma parte do cloro com outras substâncias presentes na água (compostos orgânicos,  $\text{H}_2\text{S}$ , íons metálicos).

### Zona 2

Na zona 2 o cloro adicional ( $\text{Cl}_2:\text{N} \geq 5:1$ ) reage com amônia e monoclорamina induzindo a degradação das cloraminas através de uma série de reações que resultam na perda de cloro e nitrogênio e redução gradativa da concentração de cloro residual. Embora a dicloramina tenha o dobro do poder germicida da monoclорamina, a presença de dicloramina confere à água um gosto e sabor desagradável, por isso que a zona 2 deve ser evitada para o tratamento de água potável.

Nessa região, a amônia é oxidada a nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e o cloro é reduzido a cloreto através de uma série complexa de reações, mas cuja estequiometria geral, nas condições típicas de tratamento de água e efluentes, pode ser resumida pela reação:  $3\text{Cl}_2 + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{Cl}^- + 6\text{H}^+$ . Com base nessa reação, uma razão **molar** de  $\text{Cl}_2:\text{N} = 3:2$  (razão em massa de 7,6:1) levaria ao consumo de todo o cloro e amônia, mas essa reação é uma simplificação que não mostra toda a complexidade da cinética e dos equilíbrios envolvidos.

Teoricamente a amônia seria totalmente consumida na região do breakpoint, principalmente em pH neutro, mas na prática se observa uma concentração residual “mínima irreduzível” na faixa de alguns décimos de  $\text{mg Cl}_2/\text{L}$ . Mas a exata composição desse “mínimo irreduzível” é desconhecida. Quando titulada parece ser uma mistura com predominância de dicloramina e traços de monoclорamina e cloro residual mínimo, mas também pode estar presente cloraminas orgânicas, com baixo poder desinfetante.

### Zona 3

Na zona 3, após o breakpoint, a concentração de cloro residual “livre” aumenta na mesma proporção da dosagem aplicada. Essa transição de cloro residual combinado para cloro residual livre é muito importante para a eficiência de desinfecção, pois o cloro livre é um desinfetante muito mais forte do que o cloro residual combinado.

Como já citado, outros compostos presentes na água (matéria orgânica, sulfeto, e formas reduzidas de ferro e manganês) podem reagir com o cloro e produzir uma fase lag na curva de breakpoint, ou seja, “retardando” o início do crescimento de cloro residual. Em resumo, o cloro adicionado para atender demanda não contribui para o teor de cloro residual.

### 3- Algumas pesquisas em ordem cronológica que indicam as contaminações do ar ambiente em piscinas cobertas públicas ou privadas, que podem contaminar os usuários/frequentedores das estruturas aquáticas.

Inicialmente é importante ressaltar que no Brasil, as pesquisas que se encontram disponíveis **sem conflitos de interesse** são **somente duas**, em mais de 20 anos, ou seja, os geradores da informação não tem vinculação com as administrações das estruturas aquáticas (por exemplo, academias de natação) e nem conflito de interesse financeiro, fizeram pesquisas em nível de pós-graduação “*stricto sensu*”, que serão apresentadas dentro da ordem cronológica das informações. Nota-se de forma muito clara que informações sem vinculação com o interesse de parte sobre esse assunto no país é **praticamente inexistente**.

Ressaltando que, as exposições aos chamados DBP’s (**Disinfection Byproducts**), não são somente aqueles que utilizam a estrutura aquática, **dentro da água**, para práticas de natação, hidroginástica, fisioterapia, mas, **envolve todos os trabalhadores do entorno**, como, professores de educação física, fisioterapeutas e os funcionários responsáveis pela manutenção da qualidade físico-química e microbiológica da água.

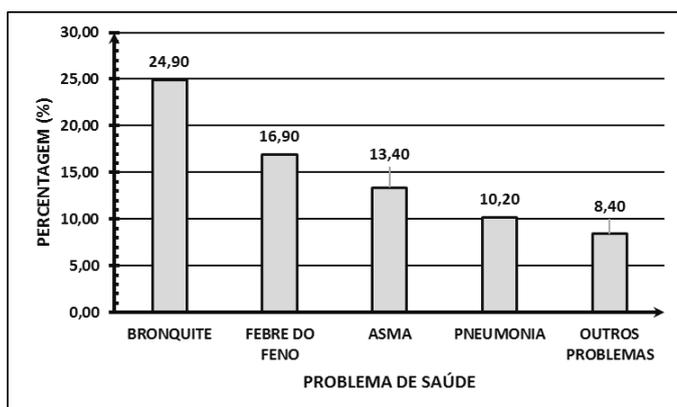
A importância da presença de DPB’s em águas de piscinas, partir de 2017, se tornou o principal assunto de discussão e pesquisa apresentado em vários eventos, como exemplo, no “**7th International Conference**”, de 2-5 maio de 2017, realizado da Ilha Kos/Grécia, disponibilizou a específica “**Session 5 - Chlorination By-Products**”, o evento foi organizado pela “*University of Patras*”, universidade pública em Patras/Grécia e “*Technological Educational Institute of Athens*”, com apoio da “*The European Union of Swimming Pool and Spa Associations (EUSA)*”.

Nos Estados Unidos, foi realizado evento específico em 2019 [*The Impact of Disinfection Byproducts and Combined Chlorine on Air and Water Quality / World Aquatic Health Conference*], pois **todo o setor que envolve piscinas está preocupado**, pois o problema não é somente de quem está dentro da água e sim de todos os profissionais no entorno, como os piscineiros, professores de educação física, fisioterapeutas, etc..., pois irão respirar esses DBP’s que, em função da baixa concentração, **não sabem que estão respirando e que são cumulativos no organismo**. Já existe pesquisa, publicada em 2018, indicando que o **metaboloma**, que representa o conjunto de todos os metabólitos em uma célula, fluido biológico, tecido ou organismo, sendo estas substâncias consideradas os produtos finais dos processos celulares, **está sendo influenciado com a presença dos DBP’s**.

Novamente, apresenta-se a 1º trabalho na área, do Dr. Jim Potts que desenvolveu uma pesquisa em 1994 [POTTS (1996) apud DELGADO, 2013; apud BASTOS, 2020] com estudantes e atletas de natação para a British Columbia University no Canadá. Os resultados respiratórios foram surpreendentes. Entre os atletas estudados foram ressaltado essas morbidades: bronquite (24,9%), febre do feno (tipo de rinite alérgica) (16,9%), asma (13,4%), pneumonia (10,2%) e outros problemas (8,4%) (Figura 7).

A pesquisa do Dr. Jim Potts envolveu 544 alunos / nadadores, ou seja, 73,8% dos entrevistados disseram ter desenvolvido problemas respiratórios e isso estaria associado ao aumento da exposição a produtos irritantes na química da piscina. Os sintomas da chamada febre de feno incluem: Nariz ralo (escorrendo líquido), Olhos sarnentos, vermelhos (conjuntivite alérgica), espirros, garganta sarnento, nariz, orelhas

e boca, tosse, dor de cabeça, dor de ouvido, fadiga [POTTS (1996) apud DELGADO, 2013; apud BASTOS, 2020).



Fonte: POTTS, 1996

FIGURA 7- Gráfico com as porcentagens e tipos de doenças.

Nesta questão o **European Respiratory Journal**, apresenta as publicações de NEMERY, HOET, NOWAK (2002) e THICKETT, MCCOACH, GERBER, et al. (2002), onde três casos relativamente bem documentados **da asma ocupacional em trabalhadores de piscina**. Com base na descrição dos pacientes, dois dos quais teve um teste de provocação brônquica positivo para cloramina no laboratório, não existem dúvidas de que essas pessoas tinham asma ocupacional. No entanto, o mecanismo da asma nessas pessoas permanece elusivo e a alegação de que é devido a imunologia a sensibilização só é suportada pelo fato de que o sujeitos pareciam reagir de forma única a baixos níveis de tricloramina. A questão da natação e saúde respiratória também recebeu muita atenção na Bélgica com os resultados altamente divulgados de um corte transversal de uma pesquisa de crianças em idade escolar, que afirmou que a natação em piscinas cloradas representa um perigo de dano pulmonar, e pode até ser responsável por o aumento recentemente observado na asma [CARBONNELLE, BUCHET, HERMANS, et al. (2001) apud NEMERY, HOET, NOWAK, 2002].

Existem padrões para a qualidade da água da piscina, do ponto de vista microbiológico e físico-químico, com base científica, que são na maioria das vezes completamente ignorados e não monitorados como deveriam, levando a formação dos DBP's, dentre eles as cloraminas. Mas, padrões para a qualidade do ar acima da água (no ambiente) são ainda necessário e tem que ser monitorados.

Até que a informação adequada esteja disponível, a apropriada ventilação para minimizar o acúmulo de cloramina no ar, o controle do tratamento químico, de desinfecção e temperatura da água, com o devido monitoramento das especificações químicas, a higiene adequada dos banhistas deve ser referência para reduzir a natureza irritante dos ambientes da piscina para quem trabalha e para quem pratica atividades dentro da água (NEMERY, HOET, NOWAK, 2002; THICKETT, MCCOACH, GERBER, et al., 2002).

Indica a reportagem de 2003 que as tricloraminas vinculadas ao derivado clorado usado na limpeza de piscinas pode estar relacionado ao aparecimento de asma em crianças, segundo estudo publicado pelo "*British Medical Journal*". Segundo pesquisas,

a tricloramina, que é de fácil inalação, pode levar ao desenvolvimento de asma. Ela é formada do contato do ácido hipocloroso com matéria orgânica nitrogenada, como a urina e o suor. Os autores deste estudo de Medicina Ocupacional e Ambiental, realizado na Universidade de Leuven (Bélgica), coletaram amostras de sangue de 226 crianças de áreas rurais e urbanas para medir seus níveis de proteínas pulmonares. Todos eles frequentavam a piscina regularmente - todas as semanas ou a cada 15 dias - desde pequenos. Além disso, foram retiradas amostras de outras 16 crianças e 13 adultos e estudados 2.000 prontuários para avaliar a incidência de asma em crianças entre 7 e 14 anos. Os responsáveis pela pesquisa constataram que a frequência regular à piscina estava significativamente relacionada à destruição das barreiras que protegem a parte dos pulmões envolvida no desenvolvimento da asma, o que tornava as crianças mais vulneráveis. Além disso, eles descobriram que a deterioração dessas barreiras aumentava significativamente depois de passar uma hora na beira de uma piscina tratada com derivados clorados e o dano era maior quanto mais jovens eram as crianças. Eles também confirmaram que os efeitos nocivos aumentavam quando as crianças nadavam com mais frequência. Nesse sentido, os especialistas afirmam que embora a natação seja um esporte geralmente aconselhável para os asmáticos, porque o ar úmido e quente das piscinas compensa os efeitos do exercício, **ela não é recomendada quando o ar está contaminado com tricloraminas**. Os autores do estudo acrescentam que os níveis de tricloramina podem variar consideravelmente de uma piscina para outra, dependendo da higiene dos usuários ou se a área é bem ventilada (CONSUMER, 2003).

Uma vez presentes na água, verifica-se o transporte de THM's para o ar interior de piscinas cobertas devido à grande volatilidade destes compostos, que sofrem vaporização a partir da água da bacia (estes compostos libertam-se tanto mais rapidamente para a atmosfera quanto maior for a pressão de vapor e a concentração destes compostos na água) (PEDROSO, 2009).

Este transporte para a atmosfera a partir da água depende de (PEDROSO, 2009; MAIA, 2012):

- Solubilidade dos THM's na água (a baixa solubilidade aumenta o transporte para o ar);
- Temperatura da água (temperaturas da água elevadas favorecem o transporte);
- Difusão da água para o ar;
- Área de contacto entre a água da bacia e o ar (quanto maior for a área de contato mais se favorece o transporte);
- Turbulência da água causada pelos banhistas;
- Eficácia do sistema de ventilação.

A pesquisa, dos Professores do "Department of Public Health / Catholic University of Louvain" (Bruxelas/Bélgica), BERNARD, CARBONNELLE, BURBURE, MICHEL, NICKMILDER (2006) envolveu 341 crianças de 10 a 13 anos de idade que frequentavam com uma taxa variável de frequência a mesma piscina pública em Bruxelas com níveis de tricloramina no ar, 0,3–0,5 mg/m<sup>3</sup>.

O estudo chegou a conclusão, que os denominados subprodutos cloração que contaminam o ar de piscinas interiores podem atuar como adjuvantes promovendo o desenvolvimento de asma em crianças atópicas, que possuem disposição genética pessoal ou familiar que leva à produção de anticorpos chamados de imunoglobulina E (IgE) em resposta ao contato com alérgenos ambientais, tendo como resultado a apresentação de uma síndrome clínica, a tríade **atópica**, que inclui a asma, a rinite e a dermatite atópica, especialmente em crianças pequenas que frequentam piscina com o

ar ambiente poluído. Essa descoberta apoia que a "hipótese do cloração da piscina", sugere uma crescente exposição das crianças aos subprodutos da cloração, principalmente as cloraminas, como um fator que implica na ascensão da asma na infância do mundo desenvolvido (BERNARD, CARBONNELLE, BURBURE, MICHEL, NICKMILDER, 2006).

Todos esses efeitos foram relacionados à dose e mais fortemente vinculado à frequência à piscina antes dos 6–7 anos de idade. Uso de piscinas cloradas internas especialmente por crianças pequenas interage com o estado atópico para promover a asma no desenvolvimento da infância. Ressaltando novamente, que essa descoberta apoia ainda mais a hipótese que envolve o uso da cloração da água da piscina no aumento de asma infantil em países industrializados (BERNARD, CARBONNELLE, BURBURE, MICHEL, NICKMILDER, 2006).

O Quadro 4 apresenta a comparação da concentração de THM's no sangue de nadadores após 1 hora de natação, na água de piscinas, no ar de piscinas interiores e exteriores.

QUADRO 4- Comparação da concentração de THM's no sangue de nadadores após 1 hora de natação, na água de piscinas, no ar de piscinas interiores e exteriores.

	Concentração média de THM (variação)	
	Piscina interior	Piscina exterior
Sangue dos nadadores ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	0,48 (0,23 – 0,88)	0,11 (<0,06 – 0,21)
Água da piscina ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	19,6 (4,5 – 45,8)	73 (3,2 – 146)
Ar, 20 cm da superfície da água ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	93,6 (23,9 – 179,9)	8,2 (2,1 – 13,9)
Ar, 20 cm da superfície da água ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	61,6 (13,4 – 147,1)	0,48 (<0,7 – 4,7)

Fonte: WHO, 2006; MATOS, PIRES, MADEIRA, BARREIROS, et al., 2006.

A notícia publicada, no dia 9 de abril de 2007, em New York (Reuters Health) indica *“Swimming teachers and other people who spend a lot of time near chlorinated pools face an increased risk of breathing problems, Dutch researchers report”* (REUTERS, 2007).

Ressalta o título a notícia que *“Professores de natação e outras pessoas que passam muito tempo perto de piscinas com cloro têm alto risco de sofrer com problemas respiratórios”*.

Afirma que os derivados clorados reagem com substâncias como a urina e o suor para criar subprodutos, como as cloraminas, que podem irritar o trato respiratório - explica Jose Jacobs da Universidade de Utrecht, na Holanda, autor do estudo publicado na última edição do *European Respiratory Journal* (JACOBS, JSPAAN, ROOY VAN, MELIEFSTE, et al., 2007). A equipe analisou 624 funcionários de piscinas e colheu amostras do ar em seis delas. Os pesquisadores mediram os níveis de tricloraminas em todas as 38 piscinas estudadas para estimar a exposição a longo prazo entre os funcionários. As tricloraminas são o tipo mais volátil de cloramina, conhecidas por causar irritação nos olhos e no trato respiratório superior. Quando se compara os **funcionários de ambientes de piscina** com menor exposição à tricloraminas, como recepcionistas e cozinheiros, **os instrutores de natação** apresentaram **mais que o dobro de chances** de sofrer frequentemente com sinusite e inflamação na garganta. Esses funcionários têm risco **3,4 vezes maior de ter um resfriado crônico**. Os funcionários com níveis maiores de exposição têm mais chances de apresentar vários sintomas respiratórios se comparados à população holandesa em geral, **chegando a um risco 40%**

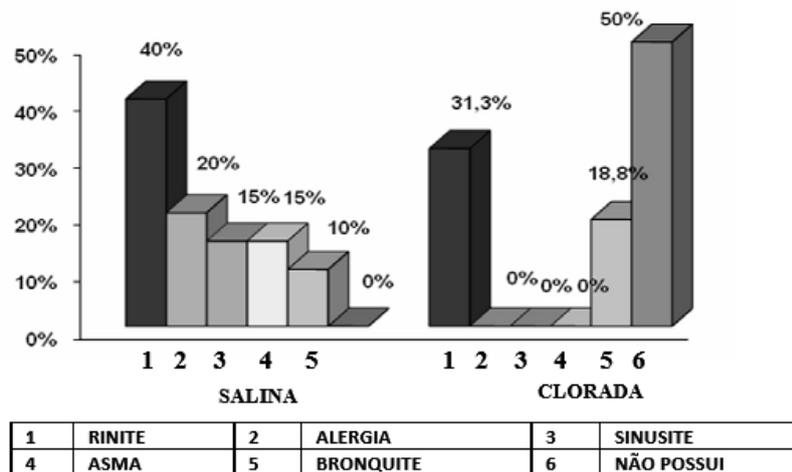
maior de sofrer com pressão no peito e uma probabilidade sete vezes maior de ter falta de ar ao caminhar com alguém da mesma idade. As pessoas que reportaram umidade excessiva ou ventilação inadequada no trabalho também estão mais vulneráveis aos problemas respiratórios. A exposição à tricloramina é a explicação mais provável para os problemas respiratórios identificados no estudo, já que os níveis nas proximidades da piscina são três vezes maiores do que o recomendado. A substância pode aumentar os riscos de asma, alergias e outras doenças, por tornar as vias respiratórias mais permeáveis. Para Jacobs e seus colegas, regulações de saúde e segurança para piscinas com cloro ajudam a melhorar a qualidade da água, mas não a do ar. Uma forma possível de reduzir os níveis de tricloramina é uma maior higiene entre os usuários de piscina, embora forçar a colaboração possa ser difícil, completaram os pesquisadores no documento (REUTERS, 2207; JORNAL DO BRASIL, 2007; TODOSUNIDOS, 2007).

Em pesquisa realizada por RZNISKI (2008) para a avaliação da capacidade respiratória dos profissionais das piscinas, testes de função pulmonar (espirometria), parâmetros indicados pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (2002), ressaltado que se deve realizar procedimento no mínimo, três vezes, para a obtenção de três curvas aceitáveis e reprodutíveis. As variáveis consideradas na análise são FEV1 (Volume expiratório forçado no primeiro segundo), CVF (Capacidade vital forçada), FEV1/ CVF e PFE (Pico de fluxo expiratório), como descrito em metodologia.

Na pesquisa realizada por RZNISKI (2008) em uma primeira etapa, foram submetidos ao teste de espirometria um total de 40 profissionais de ambientes de piscinas cobertas e fechadas, 13 profissionais da piscina tratada com cloro pelo método convencional e 27 profissionais da piscina salinizada.

Os valores de concentração de tricloramina por RZNISKI (2008) nas piscinas cloradas foram menores que aqueles observados nas piscinas salinas. Entre as possíveis explicações está a diferença no número de frequentadores, que no segundo caso é maior devido ao porte da academia. Nas piscinas onde há muitos frequentadores, existem fatores como o suor e a urina que, ao reagirem com o cloro, podem levar à formação de tricloraminas, principalmente nas piscinas infantis, visto que as crianças não possuem controle voluntário da micção. Na pesquisa realizada por JACOBS, SPAAN, ROOY VAN, et al. (2007) relata que um aumento de 50 usuários pode significar um aumento de  $0,4 \text{ mg.m}^{-3}$  no nível de tricloramina.

Os resultados da pesquisa de RZNISKI (2008), apresentada na Figura 8 nos permite observar que 100% dos profissionais (todos os funcionários) que trabalham nas piscinas denominadas “salinas”, que, para o Autor da dissertação essa piscina não utilizava um derivado clorado na desinfecção. Na realidade utiliza o processo de eletrólise para geração de derivado clorado para desinfecção. Os funcionários relataram possuir algum tipo de doença respiratória, enquanto 50% dos profissionais que trabalham na denominada “piscina clorada” (na visão do autor da dissertação essa piscina é que usa derivado clorado para desinfecção) relataram não apresentar nenhum tipo de doença.



Fonte: Adaptado RZNISKI, 2008.

FIGURA 8– Gráfico da porcentagem de funcionários das piscinas avaliadas que apresentaram algum tipo de doença em função do processo de desinfecção.

Em piscinas externas, os THMs, cloraminas tendem a se dissipar em a atmosfera, então eles geralmente não envolvem um perigo à saúde. No entanto, em piscinas cobertas a produção contínua de cloraminas pode resultar em concentrações altas o suficiente para causar efeitos prejudiciais à saúde. O monitoramento do nível de cloraminas no ar de piscinas internas na Europa, como no resto do mundo, começou recentemente e apenas em alguns países (França, Bélgica e Alemanha). Os valores médios encontrados nesses países flutua na faixa de 0,2-0,9 mg/m<sup>3</sup>, sendo um dos poluentes mais concentrados no ar (o resto de poluentes aos quais está exposta a população raramente excede 0,3 mg/m<sup>3</sup>). A concentração de cloraminas aumenta com o número de banhistas, com a temperatura da água e com a turbulência que os banhistas executam. Portanto, nas piscinas em centros recreativos, a concentração de cloraminas é maior do que em piscinas públicas dedicadas à natação (LLANA, ZARZOSO, SORIANO, 2009).

A revisão bibliográfica realizada por LLANA, ZARZOSO, SORIANO (2009a) revela os efeitos potencialmente perigosos dos subprodutos da cloração presentes em estruturas aquáticas cobertas, para vários sistemas funcionais do organismo humano. De todos os efeitos prejudiciais relatados, aqueles que afetam o dispositivo trato respiratório são os mais notáveis, tanto que levaram à formulação da "hipótese de cloro", segundo o qual, a frequência em piscinas cloradas desde tenra idade é o principal fator ambiental que determina o aparecimento de asma em crianç as. Da mesma forma, em 2002 foram identificados os primeiros casos documentados de asma trabalho em salva-vidas.

No caso de piscinas cloradas, a imensa maioria dos especialistas recomenda seguir o seguintes indicações, a fim de manter o DBPs em valores os mais baixos possíveis (LLANA, ZARZOSO, SORIANO, 2009a):

→ Ter um controle rígido das quantidades de produtos químicos introduzidos em piscinas. O ideal é usar sistemas eletr nicos que controlam automaticamente o quantidade de desinfetante adicionada à  gua. Fazer um controle rígido das características químicas da  gua.

→ Não aumente a temperatura da água excessivamente. Todos os estudos concordam que a concentração de DBPs aumentam em paralelo ao aumentar a temperatura. Indica-se que a água não exceda a temperatura de 28°C. No caso das banheiras de hidromassagem e similares, a temperatura deve ser superior (além disso, a turbulência da água causado por bolhas e jatos de água, ajuda a aumentar a quantidade de DBPs). No entanto, o critério permanece válido: melhor 33°C do que 35°C. Por outro lado, seria recomendado que os usuários não permaneçam nessas instalações durante muito tempo, 15 minutos parecem mais do que o suficiente para alcançar os benefícios desejados e não inalar uma quantidade excessiva de DBPs.

→ Ventile eficazmente os espaços das instalações. É melhor ter sistemas de ventilação que filtram e condicionam este ar. Por outro lado, quando o interior das instalações é mais espaçoso, quanto mais alto o teto, menor serão as concentrações de DBPs no ar.

→ Que os banhistas respeitem rigorosamente a higiene antes de entrar na água. Esta é uma das principais recomendações, já que os DBPs são formados pela interação de com substâncias cloradas com contaminantes introduzidos por banhistas. Para atender a esse requisito, deve-se criar hábitos: (a) chuveiro antes de entrar na água, especialmente se vier da prática outra atividade (ginástica, ciclismo, corrida pé, etc.); (b) usar roupas de banho limpas e que não foram usados para outras atividades, isso é especialmente importante no caso de homens que os usam para outras atividades; (c) usar uma touca de banho e não tirar na piscina; e, (d) não urinar, cuspir ou assoar o nariz na água.

→ Que a carga de banhistas seja respeitada.

A pesquisa de BUTIÃO (2011) comprova mais uma vez a formação de subprodutos orgânicos halogenados em função do processo de desinfecção em águas de piscinas. Foram avaliadas águas de 5 piscinas sendo 4 abertas e apenas 1 fechada. Um dos fatores mais importantes para formação desses subprodutos é o uso ou a frequência da piscina, pois quanto menor a utilização menor a quantidade de matéria orgânica disponível para sofrer oxidação pelos derivados clorados.

Todas as piscinas utilizam um derivado clorado inorgânico no processo de desinfecção. Nas piscinas A, B, C, E, o NaClO (hipoclorito de sódio), sendo que, na piscina A, a obtenção do NaClO é realizada pelo processo de eletrólise (eletroquimicamente) do cloreto de sódio. Na piscina D é utilizado o hipoclorito de cálcio  $[Ca(ClO)_2]$  e na piscina E, utiliza além do hipoclorito de sódio a radiação ultravioleta.

Os resultados da pesquisa de BUTIÃO (2011) (Quadro 5) estão muito coerentes pelos níveis observados, pois se vinculam exatamente ao uso ou frequência da piscina, ao volume de água e a quantidade de derivado clorado utilizado.

Como exemplo, basta avaliar que a piscina E, em função de também usar radiação ultravioleta no processo de desinfecção, utiliza baixa quantidade de hipoclorito de sódio por semana, tem baixa frequência e logicamente apresenta os menores valores para os subprodutos.

QUADRO 5- Resultados da média (n=20) da concentração ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) de subprodutos.

PISCINA/ VOLUME	Frequência de uso	Quantidade de derivado clorado por semana	Resultados da média (n=20) da concentração de subprodutos ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )				
			TAM ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	HAN ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	HC ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	CH ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	CP ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
PISCINA A (200.000 L)	Baixa (adultos)	Processo eletroquímico de geração de NaClO*	5,81	0,04	<0,01	0,11	<0,01
PISCINA B (450.000 L)	Alta (infantil)	3.000 a 4.000 g de NaClO	11,71	0,65	0,68	28,44	0,23
PISCINA C (15.000 L)	Baixa (adultos e crianças)	200 g de NaClO	39,03	10,53	21,52	112,30	0,34
PISCINA D (800.000 L)	Alta (atletas)	16.000 g Ca(ClO) <sub>2</sub>	26,88	5,92	6,47	81,18	<0,01
PISCINA E (50.000 L) (Fechada)	Baixa (adultos)	600 g de NaClO + 8 horas por dia de UV	4,37	0,11	<0,01	0,06	<0,01

TAM = trihalometanos HAN = haloacetoneitrilas HC = halocetonas CH = cloro hidrato CP = cloropicrina

\* Consumo de 750 Kg de NaCl de 3 a 4 meses → Consumo de 20,8 Kg a 46,8 Kg por semana de NaCl.

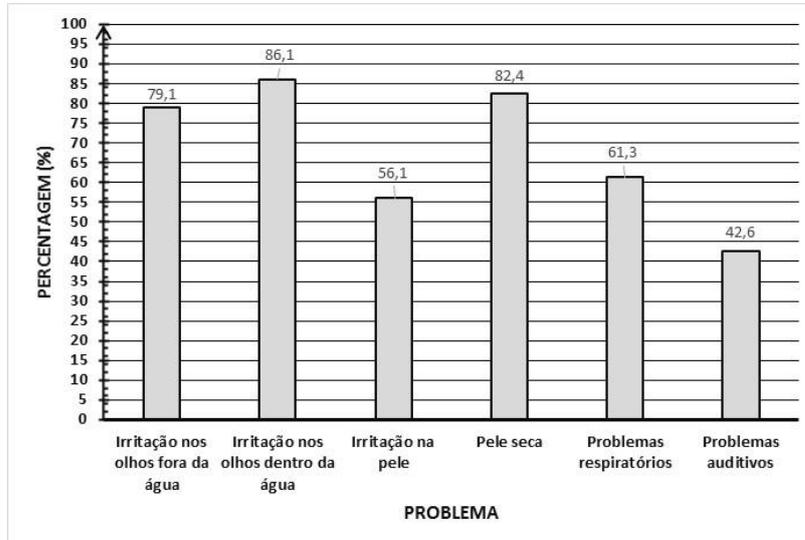
Fonte: BUTIÃO, 2011.

Na pesquisa de FERNÁNDEZ-LUNA, BURILLO, FELIPE, et al. (2013) em Castilla-La Mancha, foram analisadas 21 piscinas com tratamento químico baseado em cloração, sendo aplicado o método da iodometria redox para obter a concentração de cloro no ar. Foram avaliadas as concentrações de cloro livre e combinado na água, o pH e a temperatura. Foi realizado um levantamento da percepção de problemas de saúde entre os 230 trabalhadores da beira da piscina dessas instalações.

Os resultados mostraram um valor médio de cloramina no ar de  $4,3 \pm 2,3 \text{ mg/m}^3$ . O pH estava dentro dos padrões. Na avaliação, 17 das 21 piscinas analisados não atenderam aos parâmetros de temperatura. A Irritação nos olhos, ressecamento e irritação da pele e problemas respiratórios e auditivos são percebidos por uma porcentagem significativamente maior de trabalhadores em piscinas onde a concentração de cloramina no ar está acima da norma. A cloramina no ar supera outros estudos semelhantes. Em 85% das instalações é superior a  $1,5 \text{ mg/m}^3$ , limite estabelecido para efeitos irritantes. A concentração de cloramina no ar tem relação direta com a percepção de problemas de saúde em trabalhadores de piscinas (FERNÁNDEZ-LUNA, BURILLO, FELIPE, et al., 2013).

O estudo com um universo teórico total baseado em uma média de 10 trabalhadores à beira da piscina por instalação, foram entrevistados 230 trabalhadores, com erro amostral de 3% e nível de confiança de 95%. O processo de recolhimento dos resultados foi efetuado nas 21 piscinas onde foram avaliadas as condições ambientais. A amostra de trabalhadores foi constituída por 58,3% homens, 21% salva-vidas e 79% salva-vidas/monitores, com idade média de  $32 \pm 8$  anos, contratados no mínimo para meio do turno (20 h). Onde 12,5% dos pesquisados trabalhavam no período da manhã, 42,9% no período da tarde e 44,6% nos dois períodos. Por outro lado, 32,1% dos trabalhadores tinham menos de 2 anos e 67,9% mais de 2 anos de experiência (FERNÁNDEZ-LUNA, BURILLO, FELIPE, et al., 2013).

Na avaliação dos questionários encontrou uma percepção de problemas de saúde dos trabalhadores da piscina com os seguintes percentuais: 79,1% irritação nos olhos fora da água e 86,1% na água, 56,1% irritação na pele, 82,4% pele seca, 61,3% problemas respiratórios e 42,6% problemas auditivos (FERNÁNDEZ-LUNA, BURILLO, FELIPE, et al., 2013) (Figura 9).



Fonte: FERNÁNDEZ-LUNA, BURILLO, FELIPE, et al., 2013.

FIGURA 9- Percentuais de problemas de saúde dos trabalhadores da estrutura aquática.

Outra conclusão do estudo FERNÁNDEZ-LUNA, BURILLO, FELIPE, et al. (2013) é o mau controle dos parâmetros de qualidade da água e do ambiente em piscinas cobertas está relacionado à formação de cloraminas e sua transferência no ar, da mesma forma, pela primeira vez na Espanha, observa-se que a contaminação do ar interior pode ter um efeito direto na saúde dos trabalhadores da piscina em instalações onde esse parâmetro excede as recomendações estabelecidas pelo Instituto Nacional de Segurança e Higiene no Trabalho relativamente aos limites de exposição. profissional para produtos químicos.

O objetivo do estudo de WANG, LEAL, ZHANG, YANG, XIE (2014) foi investigar o ocorrência de ácidos haloacéticos (HAAs), um grupo de subprodutos da desinfecção, em águas de piscina e spa. As amostras foram coletadas de seis piscinas cobertas, seis piscinas externas e três spas na Pensilvânia nos Estados Unidos, em cinco piscinas externas e nove internas piscinas em Pequim, China. Foram analisados cinco HAAs (HAA5), incluindo ácido monocloraacético, ácido dicloroacético ( $Cl_2AA$ ), ácido tricloroacético ( $Cl_3AA$ ), ácido monobromoacético e ácido dibromoacético. Também foram analisados o Cloro Residual Total (CRT), pH e concentração do carbono orgânico total (TOC). Os resultados indicaram que os níveis de HAA5 em piscinas e spas no Estados Unidos variando de 70 a 3980  $\mu g.L^{-1}$ , com um média aritmética em 1440  $\mu g.L^{-1}$  e um nível mediano em 1150  $\mu g.L^{-1}$ . Esses níveis são muito mais altos do que os níveis relatados em água potável clorada e são provavelmente devido a matéria orgânica liberada dos corpos dos nadadores. Os níveis de HAA5 em piscinas na China variaram de 13 a 332  $\mu g.L^{-1}$ , com uma média aritmética de 117  $\mu g.L^{-1}$  e um nível médio de 114  $\mu g.L^{-1}$ . Os níveis mais baixos de HAA em piscinas na China foram devido aos residuais de cloro mais baixos (WANG, LEAL, ZHANG, YANG, XIE, 2014). Veja os resultados nos Quadros 6, 7.

QUADRO 6- Resultados analíticos de 15 piscinas e spas nos Estados Unidos.

Categoria	Nº	pH	TOC	CRT	Cl <sub>2</sub> AA	Cl <sub>3</sub> AA	HAA5
			mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	(µg.L <sup>-1</sup> )	(µg.L <sup>-1</sup> )	(µg.L <sup>-1</sup> )
Externa (outdoor)	1	7,1	2,0	9,8	1330	930	2430
	2	7,1	1,1	10,0	450	440	890
	3	7,6	1,3	1,4	350	450	800
	4	6,9	8,5	8,0	310	1140	1450
	5	7,3	0,9	10,6	480	370	950
	6	7,4	0,9	6,6	1280	750	2130
Interna (indoor)	7	7,1	1,3	4,0	50	20	70
	8	7,5	3,5	1,5	590	290	780
	9	7,7	5,3	2,7	1010	2970	3980
	10	7,5	6,6	5,6	2040	880	2920
	11	7,0	2,9	3,6	530	1110	1680
	12	7,4	8,4	3,1	140	70	250
spa	13	7,7	9,3	2,3	750	530	1360
	14	7,6	3,7	0,9	550	420	1150
	15	7,4	11,3	4,3	50	40	690

Fonte: WANG, LEAL, ZHANG, YANG, XIE, 2014.

QUADRO 7- Resultados analíticos de 14 piscinas na China.

Categoria	Nº	pH	TOC	CRT	Cl <sub>2</sub> AA	Cl <sub>3</sub> AA	HAA5
			mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	(µg.L <sup>-1</sup> )	(µg.L <sup>-1</sup> )	(µg.L <sup>-1</sup> )
Externa (outdoor)	1	8,1	9,2	1,1	55	40	113
	2	7,9	12,6	3,9	68	50	147
	3	7,8	13,0	3,1	195	98	332
	4	8,3	3,2	0,3	44	33	89
	5	8,3	N.D.	0,3	44	40	99
Interna (indoor)	6	7,7	2,7	1,1	35	90	128
	7	8,0	3,3	1,1	40	74	123
	8	7,4	5,0	0,2	5	6	13
	9	8,3	6,1	0,8	60	60	121
	10	7,6	16,2	0,8	28	84	114
	11	7,0	20	0,6	32	18	59
	12	8,5	12,8	2,0	37	30	70
	13	8,2	4,7	1,0	50	47	133
	14	7,2	27,2	0,6	22	70	92

Fonte: WANG, LEAL, ZHANG, YANG, XIE, 2014.

Ressaltam os autores WANG, LEAL, ZHANG, YANG, XIE (2014) que a Piscina 8, da China, apresentou o nível de HAA5, mais baixo, de 13 µg.L<sup>-1</sup>. É uma piscina interior universitária que na qual utilizam o ácido tricloroisocianúrico como agente desinfetante.

A pesquisa CHOWDHURY, ALHOOSHANI, KARANFIL (2014) teve como objetivo revisar o nível da pesquisa sobre piscina inclusive com foco em DBPs, entender seus tipos e variabilidade, possíveis efeitos sobre a saúde e analisar os fatores responsáveis pela formação de vários DBP's em uma piscina, alguns resultados são apresentados no Quadro 8.

QUADRO 8- Subprodutos da desinfecção (DBP) nas águas de piscinas, ar e coleta de amostras de humanos (ar alveolar) e tricloramina da água da piscina, no ar e urina

Referências	DBP	Na água (µg/L)	No ar (µg/m <sup>3</sup> )	Ar dos alvéolos (µg/m <sup>3</sup> )
CARO, GALLEGO, 2008	CHCl <sub>3</sub>	85 -155	92 - 340	49 – 115,2
AGGAZZOTTI, FANTUZZI, RIGHI, PREDIERI, 1998	CHCl <sub>3</sub>	25 - 43	135 - 195	76,5 ± 18,6
FANTUZZI, RIGHI, PREDIERI, et al., 2000	CHCl <sub>3</sub>	6,1 – 68,4	46,1 ± 18,6	4 - 69
APREA, BANCHI, LUNGHINI, et al., 2010	CHCl <sub>3</sub>	35,7 - 127	66 - 182	37 - 138
	CHCl <sub>3</sub>	10,2 – 14,4	21 - 62	NR
	CHCl <sub>3</sub>	19 – 40,8	120 - 147	34 - 84
	CHCl <sub>3</sub>	11,1 – 13,1	55 - 64	18 - 36
KOGEVINAS, VILLANUEVA, FONT-RIBERA, et al., 2010	THM's	45,4 ± 7,3	74,1 ± 23,7	7,9
	<b>Na água (µg/L) (CHCl<sub>3</sub>)</b>	<b>No ar (µg/m<sup>3</sup>) (CHCl<sub>3</sub>)</b>	<b>Na Urina (µg/L) (Antes de nadar)</b>	<b>Na Urina (µg/L) (CHCl<sub>3</sub>)</b>
KOGEVINAS, VILLANUEVA, FONT-RIBERA, et al., 2010	10,2 - 127	21 - 182		0.404 (0,025 – 3,327) <sup>a</sup>
CARO, GALLEGO, 2008	110 (95 - 120)		0.4 - 0.538	1,21 – 1,603 <sup>b</sup>
	85 - 155	92 - 340	0.418e0.531	1,237 – 1,624 <sup>c</sup>

a- para participantes de 4 piscinas // b- Depois de 1 h de natação // c- Depois de 2 h de natação  
 NR: Não reportado

Fonte: CHOWDHURY, ALHOOSHANI, KARANFIL, 2014.

Em reportagem publicada pela EBC a Sociedade Brasileira de Pediatria se posicionou com relação as piscinas tratadas com derivados clorados, os gases cloraminas (substâncias tóxicas resultantes da reação do cloro com impurezas da água) irritam a mucosa das vias aéreas, causando crises de tosse e chiado, principalmente nas crianças mais sensíveis e nos lactentes. As tricloraminas funcionam como irritante das mucosas (respiratória, ocular) ou da pele e pode desencadear crises de asma, rinite alérgica e dermatite. Nas investigações realizadas com nadadores que frequentavam piscinas cloradas, constatou-se que o risco de desenvolver asma e rinite foi maior naqueles que apresentavam sensibilização alérgica, aumentando a probabilidade dessas doenças respiratórias em até 3 vezes quando eles nadavam por períodos prolongados (EBC, 2015).

Na pesquisa de KANAN, SELBES, KARANFIL (2015) os DBPs de 23 piscinas foram objeto de estudo e estavam muito mais alto do que os valores de regulação de água potável nos EUA, com níveis de THMs (trihalomethanes) variando entre 26 e 213 µg / L com uma média de 80 µg/L. Os HAAs (haloacetic acids) variaram entre 173 e 9005 µg/L com uma média de 1541 µg/L. Os HNMs (halonitromethanes) variaram entre 1,4 e 13,3 µg/L com uma média de 5,4 µg/L. Os HANs (haloacetonitriles) variaram entre 5 e 53 µg/L com uma média de 19 µg/L. O NDMA (N-nitrosodimethylamine) variou entre 2 e 83 ng/L com uma média de 26,5 ng/L. A geração eletroquímica de cloro aumentou as espécies bromadas de DBPs halogenados (THMs, HAAs, HNMs, HANs).

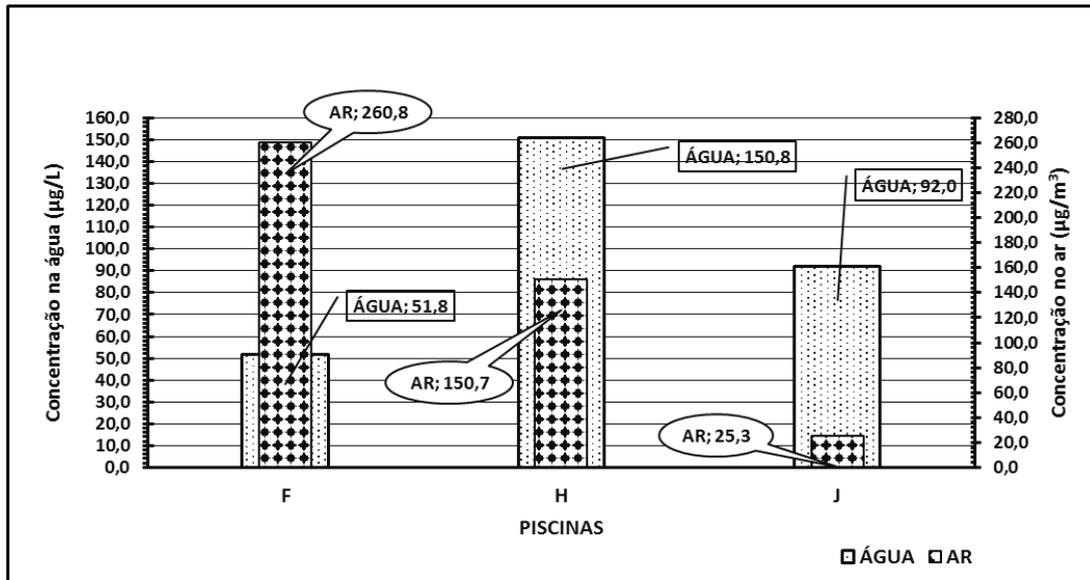
Além disso, durante o período de amostragem de nove meses, a qualidade da água [TOC (total organic carbono), Concentrações de TN (total nitrogen), pH, FAC (Free Available Chlorine)] e DBPs (THMs, HAAs) nas piscinas permaneceu relativamente constante. No entanto, alguma flutuação foi observada provavelmente devido a época do ano e os eventos / atividades específicos da piscina na época da amostragem (KANAN, SELBES, KARANFIL, 2015).

A formação e especiação de THMs e HAAs também foram investigadas sob várias condições de desinfecção e operação normalmente usadas nas piscinas nos EUA. Embora os aumentos no cloro livre disponível, pH, TOC, temperatura da água e níveis de brometo na água aumentaram a formação geral dos DBPs, esses fatores afetaram as diferentes classes de DBPs em diferentes magnitudes. Níveis mais altos de cloro disponível aumentaram os níveis de HAA mais do que os THMs. O efeito da temperatura foi maior na formação de THMs do que para HAAs, enquanto o tempo de contato aumentou mais HAAs do que THMs (KANAN, SELBES, KARANFIL, 2015).

Os autores também determinaram que, em condições relacionadas à piscina, a formação do DPB foi bastante rápida, com uma porcentagem apreciável de aumento ocorrendo nas primeiras 3-6 horas, que é o tempo de giro típico para a água da piscina. Além disso, a formação de THM foi mais rápida do que a formação de HAA, com 53 a 68% dos THMs de cinco dias formados nas primeiras 3-6 horas e 15 a 30% dos cinco dias HAAs formados durante as primeiras seis horas. Embora seja possível reduzir formação de DBP pelos parâmetros operacionais de controle (pH, cloro livre disponível, carga do banhista, o número de nadadores em uma piscina em um período de 24 horas - ou diluição), essas taxas de formação rápida implicam que estratégias de controle de DBPs em piscinas deve se concentrar principalmente no controle dos precursores DBP na fonte (ou seja, nadadores) (KANAN, SELBES, KARANFIL, 2015).

A pesquisa de MANASFI, TEMIME-ROUSSEL, COULOMB, VASSALO, BOUDENNE (2017), apresenta como consequência indesejável da desinfecção a formação de contaminantes químicos conhecidos como subprodutos da desinfecção (DBPs). A exposição crônica a DBPs tem sido associada a problemas de saúde efeitos. A ocorrência de DBPs em piscinas cloradas cheias de água do mar (como piscinas de talassoterapia e piscinas em spas) tem recebido pouca atenção. O presente estudo avaliou a especiação e os níveis de subprodutos de desinfecção em piscinas cobertas preenchidas com água do mar e tratada com cloro. Amostras de água e ar foram coletadas em três ambientes internos piscinas localizadas no sul da França. Várias classes de DBPs, incluindo trihalometanos, ácidos haloacéticos, haloacetoneitrilos e trihaloacetaldeídos foram analisados na água. Os compostos orgânicos voláteis halogenado foram analisados no ar. Os conteúdos de haleto orgânico extraível (EOX) foram determinados usando sistema de micro-coulometria de combustão. A especiação de DBPs identificados nas três piscinas eram predominantemente bromadas. A concentração média (aritmética) de bromofórmio, ácido dibromoacético, ácido tribromoacético, dibromoacetoneitrila e hidrato de bromal nos três os conjuntos foram 79,2, 72,9, 59,9, 26,9 e 10,0 µg/L, respectivamente. Por peso, HAAs representou o classe química mais abundante seguida por THMs. No ar, o bromofórmio era o mais abundante THM ocorrendo em uma concentração média de 133,2 µg/m<sup>3</sup> nas três piscinas. O nível EOX médio foi 706 µg Cl<sup>-</sup>/L para as três piscinas. Em média, os DBPs quantificados representaram apenas 14% dos EOX, portanto 86% de EOX permaneceram desconhecidos. Mais pesquisas são necessárias para identificar o DBPs desconhecidos.

A Figura 10 mostra a distribuição dos níveis de TTHM no ar e na água das piscinas. Enquanto a água em o pool H teve concentração de TTHM duas vezes maior do que o pool F (105,8 e 51,8 µg/L, respectivamente), o ar na piscina H continha menor concentração de TTHM do que na piscina F (150,7 e 260,8 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente) (MANASFI, TEMIME-ROUSSEL, COULOMB, VASSALO, BOUDENNE, 2017).



Fonte: MANASFI, TEMIME-ROUSSEL, COULOMB, VASSALO, BOUDENNE, 2017.

FIGURA 10- Gráfico da distribuição dos níveis de TTHM no ar e na água das piscinas

O estudo MANASFI, TEMIME-ROUSSEL, COULOMB, VASSALO, BOUDENNE (2017) mostra que em piscinas de água do mar clorada a especiação de DBPs na água e no ar é predominantemente bromado. O bromofórmio, DBAA e TBAA, DBAN e BH foram os principais THMs, HAAs, HANs e THAs foram detectados nas águas das três piscinas cobertas, respectivamente. No ar, THMs bromados foram detectados, sendo o bromofórmio a espécie mais abundante. O ocorrência de DBPs bromados em níveis relativamente altos é uma preocupação de saúde, uma vez que várias investigações demonstraram toxicidades mais altas para espécies bromadas. Os DBP's quantificados representou apenas uma pequena fração (uma média de 14%) do conteúdo de EOX medido nas piscinas. Portanto, a maior parte de EOX (fração de 86%) não foi contabilizada pelos DBP's quantificados e permanece desconhecido. Estes resultados enfatizam a necessidade de mais pesquisas para identificar o DBP's halogenados com natureza e toxicidade desconhecidas e para os quais os usuários podem ser expostos a enquanto nadava ou no contexto de uma exposição ocupacional

Um estudo internacional coordenado pelo ISGlobal, um centro promovido pela "la Caixa" Welfare Projects, identifica **inúmeras alterações moleculares no sangue** após nadar por 40 minutos em uma **piscina clorada**. Os resultados do estudo, foram publicados na *Environment International* em 2018, vai contribuir para **desvendar as vias metabólicas** que associam a exposição a **subprodutos da desinfecção da água** (ou DBPs) e **efeitos adversos à saúde** (ISGLOBAL, 2017).

O cloro usado para desinfetar a água, incluindo a das piscinas, reage com a matéria orgânica (como cabelo, saliva ou transpiração), resultando na formação de subprodutos químicos indesejados da desinfecção, como trihalometanos e ácidos haloacéticos. Estudos epidemiológicos e experimentais indicam que a exposição a DBP's tem efeitos adversos à saúde, mas pouco se sabe sobre os mecanismos biológicos.

O objetivo deste estudo - denominado PISCINA II e realizado em Barcelona no âmbito do projeto EXPOsOMICS - foi investigar os efeitos de **curto prazo** da **exposição a DBPs** no '**metaboloma**' (isto é, o conjunto de pequenas moléculas químicas ou metabólitos no sangue), com o objetivo de identificar possíveis vias metabólicas associadas aos efeitos adversos desses compostos na saúde.

O **metaboloma** representa o conjunto de todos os metabólitos em uma célula, fluido biológico, tecido ou organismo, sendo estas substâncias consideradas os produtos finais dos processos celulares.

Para isso, foram selecionadas 60 pessoas saudáveis que nadaram por **40 minutos em uma piscina coberta e clorada**. Amostras de sangue foram coletadas dos voluntários antes e duas horas após a natação, e um perfil metabólico foi feito (usando cromatografia líquida e espectrometria de massa de alto desempenho). Paralelamente, eles mediram os níveis de DBP's na água da piscina e de cada pessoa também no ar exalado e na urina antes e depois de nadar. Os níveis de DBP's no ar exalado foram significativamente maiores após a natação, e a absorção de DBP's foi relacionada ao nível de atividade física. No total, foram identificadas 293 características metabólicas associadas a pelo menos um DBP no ar exalado. Destes, puderam ser identificados 20 que correspondiam a metabólitos, incluindo moléculas envolvidas no metabolismo do triptofano.

Os autores reconhecem o desafio de desvendar os efeitos negativos dos DBP's dos efeitos positivos da atividade física. No entanto, é o primeiro estudo a analisar tantos DBPs no ar exalado, a incluir dados de exposição externa e a medir o nível de atividade física. Para Manolis Kogevinas, pesquisador do ISGlobal e coordenador do estudo, "*esta pesquisa pode ajudar a **identificar as vias moleculares afetadas pela exposição a DBP's e, assim, lançar luz sobre os mecanismos subjacentes à sua toxicidade***" (ISGLOBAL, 2017).

Os resultados completos do estudo estão disponíveis no artigo de VELDHOVEN, KESKI-RAHKONEN, BARUPAL, VILLANUEVA, et al. (2018). A metabolômica permitiu a identificação de vários metabólitos associados à natação em uma piscina clorada. No entanto, a alta correlação entre os níveis de DBP's e atividade física durante a natação e o metaboloma não permitiu uma separação clara dos efeitos das DBP's como tal da atividade física. Algumas mudanças metabólicas parecem estar relacionados ao exercício físico, enquanto outras mudanças são mais provavelmente atribuível à exposição a DBP's (VELDHOVEN, KESKI-RAHKONEN, BARUPAL, VILLANUEVA, et al., 2018).

A pesquisa de NITTER, KAMPEL, SVENDSEN, AAS (2018) para determinar a distribuição dos trihalometanos (THMs) acima de águas de piscinas, realizou medições a 0,05 m, 0,60 e 1,50 m acima da superfície da água. Essas alturas foram escolhidas para medir a exposição na zona de respiração dos usuários. Amostras de ar foram coletadas em 4 piscinas cobertas na Noruega, em duas estruturas aquáticas. A instalação S1 usa hipoclorito de cálcio e a instalação S2 usa hipoclorito de sódio para tratamento de água. Na instalação S2, uma das piscinas é preenchida com 33% de água do mar, enquanto as outras piscinas neste estudo foram preenchidas com água doce. Os Valores mais altos foram medidos a 0,05 m (5 cm) em comparação com 1,50 m. Diferenças insignificantes entre as medições em 0,60 m e 1,50 m acima dos níveis do solo foram obtidas. Em média, concentrações 282% maiores de THM total (tTHM) foram medidas na instalação S2 (hipoclorito de sódio). Diferentes produtos de desinfecção e conceitos de ventilação são

possíveis explicações. Os nadadores estão expostos a concentrações mais altas em comparação com os usuários à beira da piscina (NITTER, KAMPEL, SVENDSEN, AAS, 2018).

Neste estudo, as concentrações de THMs bromados no ar parecem ser muito maiores quando o hipoclorito de sódio é usado para tratamento de água. Independentemente de ser o hipoclorito de cálcio ou hipoclorito de sódio utilizado na desinfecção da água, a concentração de tTHMs medida está mais alta na zona de respiração dos nadadores no piscina comparada com 1,50 m acima do chão. Os níveis de TBM acima da piscina com 33% de água do mar foram medidos foram muito maior (226%) a 0,05 m em comparação com 1,50 m. Considerando o aumento da genotoxicidade deste composto, é crucial medir o mais próximo possível da superfície da água, especialmente quando THMs bromados estão presentes. Mais atenção deve ser dada ao TBM no ar da piscina, pois este composto pode causar efeitos graves na saúde de humanos. Maior atenção também deve ser dada ao efeito da quantidade fornecida de ar fresco e distribuição de ar para reduzir a concentração dos DBPs voláteis (NITTER, KAMPEL, SVENDSEN, AAS, 2018).

O Quadro 8 apresenta os resultados das concentrações de THM's ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para as diferentes instalações, diferentes piscinas e em diferentes alturas com relação ao nível da água.

QUADRO 8- Resultados das concentrações de THM's ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para as diferentes instalações, diferentes piscinas e em diferentes alturas com relação ao nível da água.

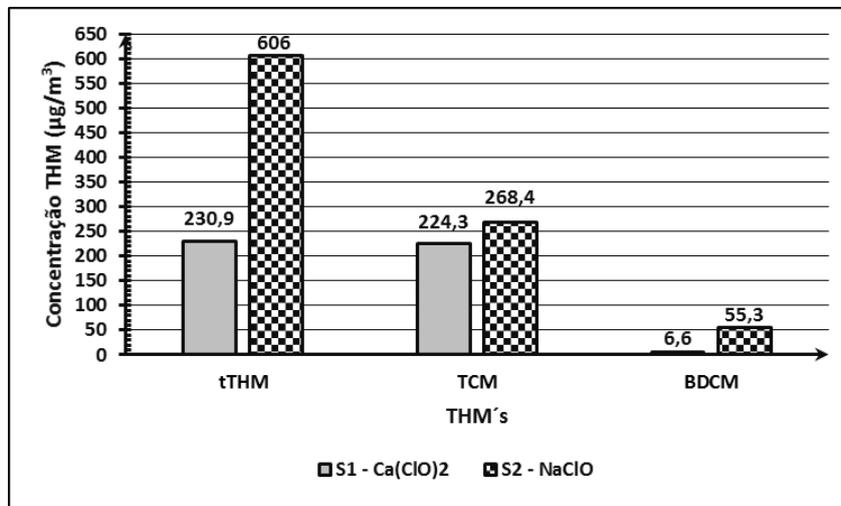
Distância (m)	THM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	n	Média ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Desvio padrão ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>INSTALAÇÃO 1 - Desinfecção Química com Hipoclorito de cálcio <math>[\text{Ca}(\text{ClO})_2]</math></b>						
<b>PISCINA 1 (sports pool)</b>						
0,05	tTHM	6	230,9	57,7	162,5	316,4
	TCM	6	224,3	55,0	160,0	306,6
	BDCM	6	6,6	2,8	2,5	9,7
0,60	tTHM	6	139,5	36,9	99,7	199,7
	TCM	6	137,5	36,2	98,4	196,5
	BDCM	6	2,1	0,7	1,4	3,2
1,50	tTHM	6	134,9	28,1	99,4	179,4
	TCM	6	133,2	28,5	97,9	179,4
	BDCM	6	2,2	0,8	1,4	3,4
<b>PISCINA 2 (Therapy pool)</b>						
0,05	tTHM	8	141,9	39,5	95,9	202,7
	TCM	8	139,4	38,6	94,8	198,8
	BDCM	8	2,4	1,2	1,1	3,9
0,60	tTHM	7	129,3	27,7	96,7	173,2
	TCM	7	127,1	27,3	95,1	171,2
	BDCM	7	2,2	1,9	0,6	6,2
1,50	tTHM	8	129,1	39,5	89,2	170,4
	TCM	8	127,2	29,6	89,2	168,4
	BDCM	8	1,9	1,4	<LOQ	4,3
<b>INSTALAÇÃO 2 – Desinfecção Química com Hipoclorito de sódio <math>(\text{NaClO})</math></b>						
<b>PISCINA 3 (sports pool)</b>						
0,05	tTHM	5	606,0	128,5	448,3	781,7
	TCM	5	268,4	96,5	158,8	415,7
	BDCM	5	55,3	12,7	38,4	70,4
	DBCM	5	30,4	6,1	24,4	38,4
	TBM	5	251,9	54,8	174,0	318,9
0,60	tTHM	5	492,5	114,2	366,5	676,1
	TCM	5	290,7	108,4	201,7	476,2
	BDCM	5	58,1	14,8	42,0	77,4
	DBCM	5	19,9	3,6	15,3	24,4
	TBM	5	123,8	25,8	101,0	165,2
1,50	tTHM	5	485,9	112,5	372,4	657,4
	TCM	5	296,1	103,2	205,8	468,6
	BDCM	5	59,5	12,9	46,5	75,8
	DBCM	5	18,9	3,2	15,5	22,5
	TBM	5	111,3	23,3	92,5	318,9
<b>PISCINA 4 (Therapy pool)</b>						
0,05	tTHM	8	397,3	145,5	210,6	638,4
	TCM	8	296,7	113,2	153,5	476,6
	BDCM	8	58,9	113,2	31,4	94,1
	DBCM	8	10,6	4,1	4,6	16,8
	TBM	8	31,2	11,0	21,1	51,1
0,60	tTHM	10	338,4	107,4	205,0	508,8
	TCM	10	251,5	86,0	140,7	400,0
	BDCM	10	47,5	11,8	32,8	69,3
	DBCM	10	8,7	3,0	4,9	12,9
	TBM	10	30,6	10,7	17,9	50,4
1,50	tTHM	8	342,9	109,8	210,9	492,9
	TCM	8	258,4	86,9	152,9	372,6
	BDCM	8	46,0	13,5	28,0	68,8
	DBCM	8	8,5	3,4	4,0	16,8
	TBM	8	31,2	11,3	21,1	49,9

tTHM = Total de Trihalometanos TCM = Triclorometano BDCM = Bromodiclorometano DBCM = Dibromoclorometano.

TBM = tribromometano Fonte: NITTER, KAMPEL, SVENDSEN, AAS, 2018.

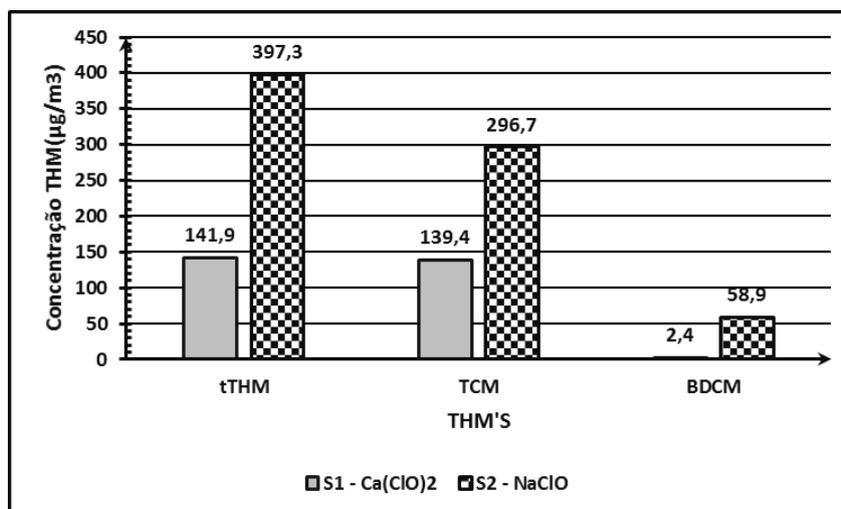
A Figura 11 apresenta o Gráfico dos resultados das concentrações de THM's ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), a 0,05 m (5 cm) da superfície da água, para piscinas esportivas (sports pool), nas instalações S1 (Piscina 1) e S2 (Piscina 3), com utilização na desinfecção química de  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  e  $\text{NaClO}$ , respectivamente.

A Figura 12 apresenta o Gráfico dos resultados das concentrações de THM's ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), a 0,05 m (5 cm) da superfície da água, para piscinas terapêuticas (Therapy pool), nas instalações S1 (Piscina 2) e S2 (Piscina 4), com utilização na desinfecção química de  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  e  $\text{NaClO}$ , respectivamente.



Fonte: NITTER, KAMPEL, SVENDSEN, AAS, 2018.

Figura 11- Gráfico dos resultados das concentrações de THM's, a 0,05 m (5 cm) da superfície da água, para piscinas esportivas (sports pool), nas instalações S1 (Piscina 1) e S2 (Piscina 3), com utilização na desinfecção química de  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  e  $\text{NaClO}$ , respectivamente.



Fonte: NITTER, KAMPEL, SVENDSEN, AAS, 2018.

FIGURA 12- Gráfico dos resultados das concentrações de THM's, a 0,05 m (5 cm) da superfície da água, para piscinas terapêuticas (Therapy pool), nas instalações S1 (Piscina 2) e S2 (Piscina 4), com utilização na desinfecção química de  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  e  $\text{NaClO}$ , respectivamente.

No evento “World Aquatic Health Conference”, com o título “*The Impact of Disinfection Byproducts and Combined Chlorine on Air and Water Quality*”, em 2019, foi organizado pela **Pool & Hot Tub Alliance (PHTA)**, correspondente a antiga Association of Pool & Spa Professionals/National Swimming Pool Foundation (ARKO, EGAN, GREGORY, LAURINO, O'GRADY, 2019). A PHTA é a maior e mais antiga associação do mundo representando fabricantes de piscinas, banheiras de hidromassagem e spas, distribuidores, agentes de fabricantes, designers, construtores, instaladores, fornecedores, varejistas e profissionais de serviço

Em resumo, **todo o setor que envolve piscinas está preocupado**, pois o problema não é somente de quem está dentro da água e sim de todos os profissionais no entorno, por exemplo, como os piscineiros, pois irão respirar esses DBP's que, **em função da baixa concentração, não sabem que estão respirando e que são cumulativos** no organismo e o **metaboloma**, que representa o conjunto de todos os metabólitos em uma célula, fluido biológico, tecido ou organismo, sendo estas substâncias consideradas os produtos finais dos processos celulares, como mostra pesquisa de 2018 (VELDHOVEN, KESKI-RAHKONEN, BARUPAL, VILLANUEVA, et al., 2018), está sendo influenciado/correlacionado com a presença dos DBP's.

Na pesquisa de CARTER, ALLARD, HEITZ, CROUÉ, WEST (2019) duas piscinas individuais em Perth, Austrália Ocidental foram investigadas em 16 meses (aproximadamente 35 amostras analisadas). A piscina A (piscina coberta/externa de 20 m) foi tratada com cloro gasoso e foi equipada com tratamento ultravioleta. A piscina B (piscina olímpica externa de 50 m) era tratada com cloro gasoso em combinação com ácido cianúrico. Os resultados obtidos, considerando a Piscina A, dos 37 DBP's investigados, oito foram detectados em todas as amostras, 4 foram detectados em pelo menos 75% das amostras, 4 foram encontrados entre 50-75% das amostras, enquanto 10 foram detectados em menos da metade das amostras, 13 DBP's dos 37 não foram detectados na piscina A. A piscina B apresentou menos DBP's detectados do que na Piscina A, com apenas 6 DBP's detectados em todas as amostras.

Na pesquisa de LARA, RAMÍREZ, CASTRILLÓN, PEÑUELA (2020), altas concentrações de THMs e HAAs foram detectadas no piscinas públicas selecionadas no estudo, mas não foi detectada a presença de HP's (halophenols). As coletas foram realizadas por meio de amostragem pontual em piscinas de seis estabelecimentos públicos. Um desses estabelecimentos (B) ocupa 17 hectares, com várias piscinas, instalações para a prática de diferentes disciplinas atléticas. Outro é o complexo aquático de Medellín (C), com uma admissão mensal de cerca de 45.000 pessoas, dentre elas, os nadadores altamente competitivos de Medellín. Em cada piscina, foram realizadas quatro sessões de monitoramento: nos momentos de grande afluxo de banhistas, em épocas de baixo fluxo de banhistas, em um dia chuvoso e em um dia ensolarado. Amostragem durante os períodos de alto e baixo fluxo de banhistas foi programado de acordo com a temporada de férias ou fins de semana. Os resultados são apresentados no Quadro 9.

Para finalizar essas informações, é importante ressaltar que esses produtos químicos têm uma chance de se acumular porque as piscinas geralmente recirculam sua água. “*A água é recirculada ao longo de meses em uma piscina*”, diz Christian Zwiener, químico da Universidade de Tübingen que estuda DBPs. A única água que é substituída regularmente nas piscinas é a água perdida por evaporação e a água usada para lavar o filtro de areia no sistema de recirculação, explicou Zwiener. Isso é o suficiente para

cumprir o padrão alemão para tratamento de água de piscina, que exige a substituição de 30 litros por banhista por dia para evitar o acúmulo de produtos químicos. O padrão voluntário análogo nos EUA exige a substituição de 15 litros por banhista por dia. Segundo Maarten Keuten, engenheiro da Delft University of Technology que estuda piscinas, estima que cerca de 1% da água de uma piscina é perdida e substituída a cada dia. Isso significa que leva cerca de 100 dias para a maior parte da água de uma piscina ser substituída - 100 dias durante os quais os DBPs estão se acumulando (ARNAUD, 2016).

QUADRO 9- Resultados de Trihalometanos (THM's) e ácido acético halogenados (HAA'S) em piscinas de natação públicas (4 tempos de monitoramentos: M1, M2, M3, M4).

Local	Piscina	Código	THM's (µg/L)				HAA's(µg/L)			
			M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
A	A	P1	1691	1591	ND	158	956	ND	1352	505
	B	P2	1453	1504	603	255	903	638	717	505
B	Ondas	P3	638	609	317	83	776	357	703	450
	Infantil	P4	495	1553	110	152	1495	1412	1984	985
	Múltipla	P5	1115	1214	497	264	991	385	3023	865
	Escoregador	P6	110	1000	73	18	513	401	273	187
C	Olimpica	P7	106	145	40	49	636	371	621	310
	Salto ornamental	P8	501	753	53	65	589	354	701	512
	Natação para bebês	P9	3389	4461	248	417	2332	1828	3065	696
	Natação para adultos	P10	322	886	6	23	1170	590	1050	407
D	Natação para crianças	P11	105	439	167	55	903	474	985	567
	Adultos	P12	48	595	464	24	299	212	348	310
E	Adultos	P13	72	161	27	67	354	238	553	629
F	Semi-olímpica	P4	956	2094	ND	94	1531	757	ND	1480
	Corredeiras	P15	71	333	ND	13	485	385	ND	545

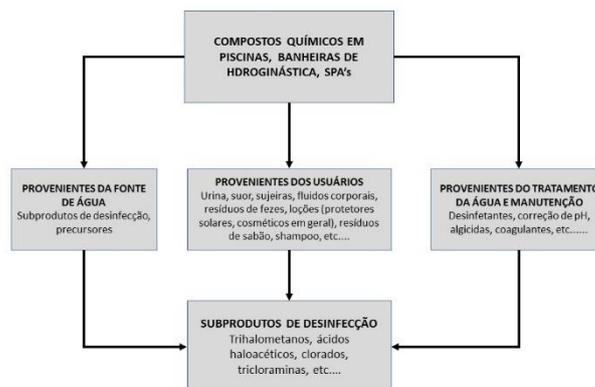
**M1:** um dia chuvoso; **M2:** um dia quando havia muitos usuários na piscina;

**M3:** um dia em que havia poucos usuários na piscina; **M4:** um dia ensolarado.

Fonte: LARA, RAMÍREZ, CASTRILLÓN, PEÑUELA, 2020.

#### 4- As relações de troca de ar e água com os frequentadores da estrutura aquática.

Na Figura 13 apresenta um esquema envolvendo o ar da nave, com suas entradas e saídas de matéria em um tanque de água.



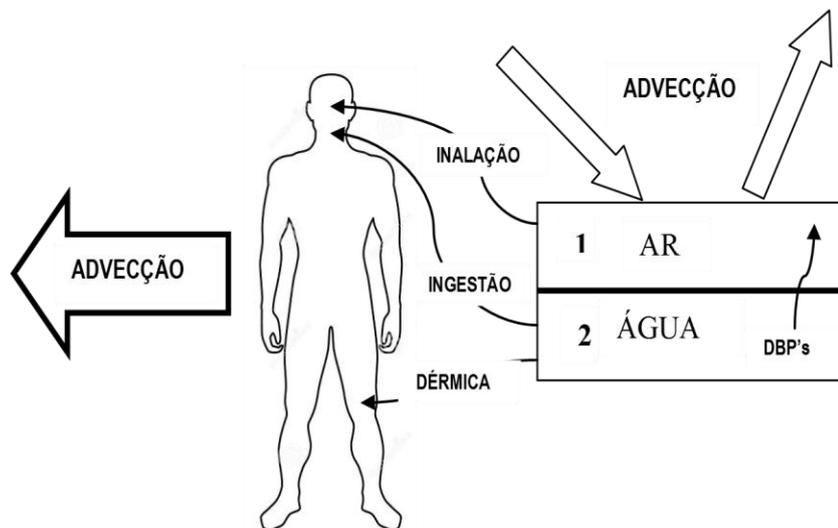
Fonte: Adaptado WHO, 2006.

FIGURA 13- Os possíveis contaminantes da água de piscinas e similares segundo a OMS.

QUADRO 10- Valores limites para os THMs para a exposição profissional a agentes químicos em várias referências internacionais.

	Órgão	Valor
Clorofórmio	DIRETIVA 2000/39/CE***	10 mg/m <sup>3</sup> (2 ppm)
Trihalometanos		240 mg/m <sup>3</sup>
Clorofórmio	OSHA *	240 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)
Bromofórmio		5 mg/m <sup>3</sup> (0,5 ppm)
Clorofórmio	NIOSH**	9,78 mg/m <sup>3</sup> (2 ppm)

\* Durante um expediente de 8 horas em 40 horas de trabalho por semana  
 \*\* Valores limite de exposição (60 min) // Directiva 2000/39/CE da Comissão Europeia – 08/06/2000  
 \*\*\*mg/m<sup>3</sup>: miligramas por metro cúbico de ar a 20 °C e 101,3 kPa.  
 \*\*\*ppm: partes por milhão em volume no ar (mL/m<sup>3</sup>).  
 OSHA -Occupational Safety and Health Administration  
 NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health  
 Fonte: MAIA, 2012.



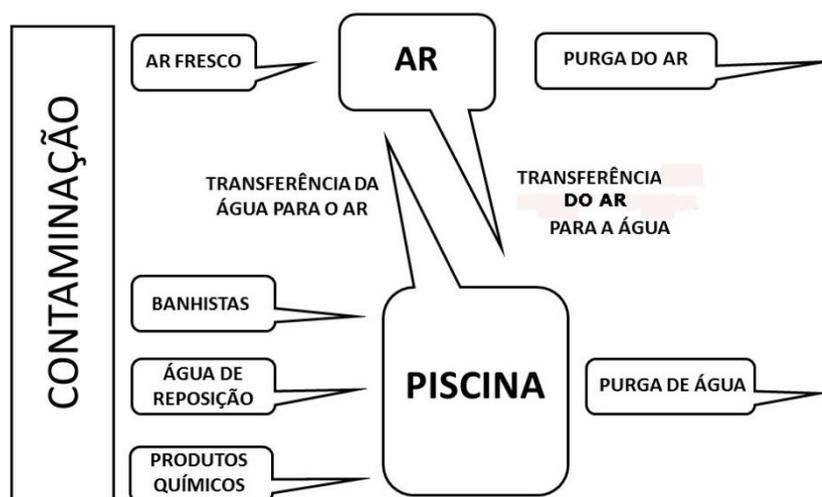
OBS.: Advecção na engenharia mecânica e química é um mecanismo de transporte de uma substância ou uma propriedade conservada com um fluido em movimento

Fonte: DYCK, SADIQ, RODRIGUEZ, et al., 2011.

FIGURA 14- Esquema do sistema de fluxos, exposição e rotas no modelo de fugacidade da exposição humana aos DBP's na área do entorno e dentro do tanque da piscina.

As concentrações de THMs no ar em ambientes interiores dependem de vários fatores, entre os quais se destacam a ventilação, o volume do edifício e as características de circulação do ar, temperatura da água e quantidade de precursores orgânicos na água e conseqüente presença de THMs (AGGAZZOTTI, FANTUZZI, RIGHI, TARTONI, CASSINADRI, PREDIERI, 1993).

Na Figura 15 estão representados os principais contaminantes em piscinas, principalmente nas denominadas cobertas/fechadas (indoor swimming pool) e os principais meios de descontaminação.



Fonte: Adaptado de BELEZA, SANTOS, PINTO (2007) apud MAIA, 2012.

FIGURA 15 – Esquema representativo dos fatores contaminantes em piscinas cobertas e as principais formas de sua descontaminação.

No Quadro 11 está representado um estudo realizado por BEECH (1980) apud MAIA (2012) sobre a quantidade diária de clorofórmio ingerida, inalada e absorvida pela pele dos vários tipos de usuários/frequentedores de piscinas.

QUADRO 11- Consumo diário de clorofórmio por ingestão, inalação e absorção cutânea de diferentes usuários/frequentedores de piscina.

	Ingestão		Inalação		Absorção Cutânea		Total	
	µg	% do total	µg	% do total	µg	% do total	µg	µg /Kg peso corporal
<b>Nadador: Criança</b>								
Baixo	16	13	13	11	92	76	121	12
Moderado	50	14	16	5	285	81	351	35
No pior cenário	490	24	103	5	1.411	70	2.004	200
<b>Nadador: Adulto</b>								
Baixo	2	1	26	13	166	86	194	3,2
Moderado	5	1	33	6	513	93	551	9,2
No pior cenário	49	2	206	7	2.540	91	2.795	47
<b>Nadador: Atleta</b>								
Baixo	29	3	156	18	664	78	849	14
Moderado	89	4	195	8	2.053	88	2.337	39
No pior cenário	882	7	1.236	10	10.161	83	12.279	205
<b>Nadador: Guarda-vidas</b>								
Baixo	-	-	132	100	-	-	132	2,2
Moderado	-	-	144	100	-	-	144	2,4
No pior cenário	-	-	1.088	100	-	-	1.088	18

Fonte: BEECH (1980) apud MAIA, 2012; LAHL, BÄTJER, DUSZELN, et al., 1981; WHO, 2000.

## 5- Conclusões

A importância de se ter rígido controle sobre a formação de DBP's é **função da sua alta toxicidade**, alguns são considerados genotóxicos e por serem acumulativos no organismo. Os níveis de DBP's **não são expressos** em mg/L (ppm – parte por milhão) a unidade de expressão dos DPB's, em geral, é **µg/L (ppb – parte por bilhão)**. A unidade **µg/L (ppb)** é menor **1.000 vezes** que o mg/L (ppm).

A pesquisa de TOMINAGA, MIDIO (1999) apud LÉO (2008), cita que a hepatotoxicidade e a nefrotoxicidade que são características destes compostos (DBP's) podem ser exacerbadas mesmo para exposições em baixas concentrações. Quanto aos efeitos mutagênicos, foram observadas aberrações cromossômicas nas células de medula óssea de ratos *in vivo*. A carcinogenicidade pode ser evidenciada com o surgimento de tumores malignos em rins e tireóide de diferentes populações de ratos submetidas à exposição ao triclorometano (clorofórmio).

Os DBP's quando são absorvidos entram rapidamente na corrente sanguínea e são transportados para os tecidos, após sofrer efeito de primeira passagem. Devido à predominante lipossolubilidade, acumula-se em tecidos com alto teor lipídico, como o tecido adiposo, fígado e rins. A exposição aos THM's (TAM) através da água tratada por cloração pode levar ao aparecimento de efeitos tóxicos sistêmicos decorrentes da alta frequência, tempo prolongado e baixas concentrações (mg/L). Os efeitos crônicos observados são caracteristicamente retardados, admitindo período de latência para a carcinogenicidade (TOMINAGA, MIDIO, 1999).

Como ressaltado, em função da baixa concentração, pois nenhum dos envolvidos (frequentadores) com a estrutura aquática **não sabe** se está respirando DBP's, com exceção para a tricloramina em função de seu odor característico. Além de que são cumulativos no organismo e mostra a recente pesquisa de 2018 (VELDHOVEN, KESKI-RAHKONEN, BARUPAL, VILLANUEVA, et al., 2018) que o **metaboloma**, que representa o conjunto de todos os metabólitos em uma célula, fluido biológico, tecido ou organismo, sendo estas substâncias consideradas os produtos finais dos processos celulares, está sendo influenciado/correlacionado com a presença dos DBP's.

Apresenta-se o Quadro 12, com as indicações das concentrações máximas permitidas para THM's em águas de piscinas de alguns países da Europa.

QUADRO 12- Concentrações Máximas Permitidas (MAC - Maximum Allowed Concentrations) de THM's na água da piscina em vários países europeus.

País	MAC (µg/L)	Comentários	Referências
Alemanha	20	THM's -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, Reino Unido, Filândia	100	THM's - Clorofórmio	SIMARD, TARDIF, RODRIGUEZ, 2013
França	100 ou 20	THM's	ANSES, 2012

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.

É muito simples controlar a formação de DBP's, basta um monitoramento mais restritivo de especificações químicas, como pH, CRL e ORP, de forma muito elementar se consegue definir procedimentos para ser preventivo na formação dos DBP's (retirada de seus precursores) e com a presença de um efetivo sistema de troca do ar ambiente, numa piscina fechada, se consegue reduzir de 80-85% a presença e a formação dos DBP's.

#### 5.1- Não existe qualquer estrutura aquática, que não tenha na água e/ou no ar os DBP's

Em todas as estruturas aquáticas, principalmente nas cobertas (Indoor Swimming Pools - ISP) na água e/ou no ar existem DBP's (Disinfection By-Products). A maior ou menor quantidade depende alguns fatores, como a dosagem de produtos químicos de modo generalizado, na maioria das vezes em excesso, do processo de desinfecção, da quantidade de usuários concomitantemente na água (carga de banhistas) e da eficiência do sistema de troca do ar ambiente, do desequilíbrio físico-químico (falta de estabilidade) das características químicas da água. Como já citado, é a mesma situação da água tratada (potável), não existe manancial sem NOM (**Matéria orgânica natural**) e quando fizer a desinfecção química haverá a formação dos DBP's, existem limites de concentração considerados seguros para a ingestão da água. Não existe água tratada (potável) que não tenha DPB's. Afirma Audrey Eldridge: *“qualquer pessoa que vai a uma piscina ficará exposta a esses DBPs - na água da piscina ou no ar ao redor dela”* (ARNAUD, 2016).

#### 5.2- A quantidade de DBP's depende diretamente da carga de banhista (quantos banhistas utilizam a piscina de forma concomitante e da temperatura da água.

Na maioria das estruturas aquáticas, como exemplo, as academias de natação e/ou clubes, não se preocupam com o número de **frequentadores de forma concomitante** nas águas das piscinas, pois seu faturamento depende do número de frequentadores e quanto mais usuários, maior a renda. Não existe no Brasil uma legislação que limite o número de frequentadores de qualquer empreendimento da área e como resultado é sempre uma carga de matéria orgânica nas águas maior do que seria possível de ser administrada e tratada em função do tipo de piscina, e/ou da área do plano de água e/ou profundidade do tanque e/ou volume de água disponível no tanque da piscina. Essa sobrecarga que contribui sem nenhuma dúvida com a maior formação de subprodutos da desinfecção (DBP's).

Não aumente a temperatura da água excessivamente. Todos os estudos concordam que a concentração de DBPs aumentam em paralelo ao aumentar a temperatura. Indica-se que a água não exceda a temperatura de 28°C. No caso das banheiras de hidromassagem e similares, a temperatura deve ser superior (além disso, a turbulência da água causado por bolhas e jatos de água, ajuda a aumentar a quantidade de DBPs). No entanto, um critério permanece válido: melhor 33°C do que 35°C. Por outro lado, seria recomendado que os usuários não permaneçam nessas instalações durante muito tempo, 15 minutos parecem mais do que o suficiente para alcançar os benefícios desejados e não inalar uma quantidade excessiva de DBP's (LLANA, ZARZOSO, SORIANO, 2009a). O efeito da temperatura foi maior na formação de THMs do que para HAAs, enquanto o tempo de contato aumentou mais HAAs do que THMs (KANAN, SELBES, KARANFIL, 2015).

### 5.3- A dosagem de produtos químicos não pode ser generalizada

Não se trata a água de uma piscina no Rio Grande do Sul com as mesmas dosagens de produtos químicos da água de uma piscina no Estado do Amazonas, as características químicas das águas são diferentes. Numa rápida avaliação nota-se que as dosagens indicadas de produtos químicos são as mesmas para água de qualquer piscina independente da sua localização, ou de características físico-químicas da água.

Não adicionar produtos químicos em excesso na água da piscina, **fazer dosagens o mais exatas possíveis**, seguir os princípios da “Piscinologia Contemporânea”.

Diversas pesquisas de épocas e pesquisadores diferentes mostram que dosagens controladas de ácido cianúrico na água reduzem a formação de DPB's.

A pesquisa de FELDSTEIN, RICKABAUGH, MILTNER (1984): (i) usou água diretamente filtrada do Rio Ohio, (ii) monitorou apenas a formação de THM e (iii) dosou a água com 13 mg de Cl<sub>2</sub>/L de FreeCl (CRL) e utilizou dosagens de 0, 2, 100, 175 ou 350 mg/L de H<sub>3</sub>Cy (ácido cianúrico). Não investigou a formação de HAA (ácidos haloacéticos) e usou apenas uma dose de H<sub>3</sub>Cy representativa indicada para água potável à época (2 mg/L de H<sub>3</sub>Cy), visto que as outras doses de H<sub>3</sub>Cy foram de uma a duas ordens de magnitude maiores do que as concentrações previstas na água potável. Para a dose de 2 mg H<sub>3</sub>Cy/L relatou uma redução de 7% na formação de THM, que é semelhante à observada no estudo de retenção atual ao usar dicloro versus FreeCl apenas em 24 dias.

Note que, 33 anos depois da pesquisa anterior, no trabalho de CARTER, JOLL, ALLARD, HEITZ, CROUÉ, WEST (2017) e CARTER, ALLARD, CROUÉ, JOLL (2019), em duas piscinas individuais em Perth, Austrália Ocidental foram investigadas em 16 meses (aproximadamente 35 amostras analisadas). A piscina A (piscina coberta/externa de 20 m) foi tratada com cloro gasoso e foi equipado com tratamento ultravioleta. A piscina B (piscina olímpica externa de 50 m) era tratada com cloro gasoso em combinação com ácido cianúrico. Os resultados obtidos, considerando a Piscina A, dos 37 DBP's investigados, oito foram detectados em todas as amostras, 4 foram detectados em pelo menos 75% das amostras, 4 foram encontrados entre 50-75% das amostras, enquanto 10 foram detectados em menos da metade das amostras, sendo 13 DBP's dos 37 não foram detectados. **A piscina B mostrou menos DBP's detectados do que na Piscina A**, com apenas seis DBP's detectados em todas as amostras. Ressalta-se ainda, que 4 DBP's foram detectados em mais de 75% das amostras analisadas, enquanto dois foram encontradas em mais da metade das amostras, 10 eram detectados em menos de 50% das amostras, **enquanto 17 não foram detectados na piscina B** (CARTER, JOLL, ALLARD, HEITZ, CROUÉ, WEST, 2017; CARTER, ALLARD, CROUÉ, JOLL, 2019).

Segundo MATIAS (2011) os derivados clorados orgânicos tem como vantagem a baixa formação de THM's.

O Quadro 13 apresenta o resumo das quantidades dos subprodutos da desinfecção, carbono orgânico não purificável e concentrações de nitrogênio total nas piscinas A e B. Apresentadas como “média (mínimo-máximo)”, calculada por massa.

Se existir interesse em saber mais informações indica-se o “Review: Ácido Cianúrico (C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>) – Características físico-químicas, dispersão no meio ambiente, toxicidade, formação de DBP's (Disinfection by products)”, está disponível para download [www.aguaseaguas.com](http://www.aguaseaguas.com), clicar em “downloads”, clicar em “águas de piscinas” e no título do arquivo.

As estruturas aquáticas deveriam ter um profissional da área de Química como responsável pelo tratamento da água da piscina, para manejo de produtos químicos, evitando que leigos façam dosagem de produtos químicos de modo empírico.

QUADRO 13- Resumo das quantidades dos subprodutos da desinfecção, carbono orgânico não purificável e concentrações de nitrogênio total nas piscinas A e B. Apresentadas como “média (mínimo-máximo)”, calculada por massa.

Classe do DBP's	Piscina A (µg.L <sup>-1</sup> )	Piscina B (µg.L <sup>-1</sup> )
Halocetonas (a)	19 (1,13-164)	10 (3,77-33)*
Haloacetaldehydes (b)	1.571 (247-3.217)	55 (2,74-151)
Haloacetoneitrilas (c)	53 (3,08-274)	46 (2,12-150)
Halonitrometanos (d)	2,76 (0,31-9,44) *	4,45 (0,21-46)
Haloacetamidas (e)	<LOD	<LOD
Trihalomethanes (f)	253 (30-4.402)	44 (8,88-102)
Haloacetic Acids (g)	19.270 (2.092-35.994)	884 (342-4.458)
Carbono Orgânico – Não purgável	14 (2,77-30)	6,55 (1,72-21)
Total de Nitrogênio	3,33 (0,13-16)	7,24 (4,45-21)

- (a) Refere-se a soma de: 1,1-dicloro-, 1,3-dicloro- e 1,1,1-tricloro-propanona;  
 (b) Refere-se a soma de: dibromo-, bromocloro-, bromodicloro-, dibromocloro-, tricloro- e tribromo-acetaldeído;  
 (c) Refere-se a soma de: cloro-, bromo-, dicloro-, bromo-, bromocloro- e tricloro-actetonitrila;  
 (d) Refere-se a soma de: dicloro-, dibromo-, bromocloro-, bromodicloro-, dibromocloro-, tricloro- e tribromo-nitrometano;  
 (e) Refere-se a soma de: dicloro-, dibromo- e **tricloro**-acetamida;  
 (f) Refere-se a soma de: tricloro-, bromo-, bromocloro-, dibromocloro- e tribromo-metano;  
 (g) Refere-se a soma de: cloro-, bromo-, dicloro-, dibromo-, bromocloro-, bromodicloro-, dibromocloro-, tricloro- e tribromo-ácido acético;  
 (\*) <LOD: abaixo do limite de detecção.

Fonte: CARTER, JOLL, ALLARD, HEITZ, CROUÉ, WEST, 2017; CARTER, ALLARD, CROUÉ, JOLL, 2019.

#### 5.4. Como evitar a formação de DPB's em águas de piscinas, spas

Como já citado, é **muito simples controlar a formação de DBP's**, basta um monitoramento mais restritivo de especificações químicas, como pH, CRL e ORP, de forma muito elementar **se consegue definir procedimentos** para ser preventivo na formação dos DBP's (**retirada de seus precursores**) e com a presença de um efetivo sistema de troca do ar ambiente, numa piscina fechada, se consegue reduzir de 80-85% a presença e a formação dos DBP's.

##### 5.4.1- Carga de banhistas

É necessário um **controle rígido sobre a carga de banhistas**, pois, sem nenhuma dúvida os frequentadores das piscinas são os maiores responsáveis pelo fornecimento de precursores de DBP's.

##### 5.4.2- Campanhas educacionais

É necessário um contínuo trabalho de informação através de campanha educacional para higiene de banhista. Para atender a esse requisito, deve-se criar hábitos: **(a)** tomar uma ducha antes de entrar na água, especialmente se vier da prática de outra atividade (ginástica, ciclismo, corrida, etc.), usar o lava pés; **(b)** usar roupas de banho limpas e que não foram usados em outras atividades, isso é especialmente importante no caso de homens que usam para outras atividades; **(c)** usar uma touca de banho e não tirar na piscina; **(d)** não urinar, não cuspir ou assoar o nariz na água; **(e)** para usar somente o protetor solar e/ou creme de cabelo de sua preferência, com moderação, não usar perfumes, etc...

#### 5.4.3- O tratamento da água da piscina e a limpeza do entorno do tanque

Deve-se manter a água da piscina sempre limpa, evitar o acúmulo de matéria orgânica. Em piscinas de alta demanda, com grande carga de banhistas, a manutenção deve ser pelo menos em duas vezes ao dia.

#### 5.4.4- No caso de piscinas em ambientes fechados é necessário um sistema eficiente de troca do ar interno.

Segundo WHO (1999) um indivíduo:

- com 7 kg, respira 2 m<sup>3</sup> de ar por dia.
- com 13 kg, respira 5 m<sup>3</sup> de ar por dia.
- com 27 kg, respira 12 m<sup>3</sup> de ar por dia.
- com 57 kg, respira 21 m<sup>3</sup> de ar por dia.
- com 70 kg, respira 23 m<sup>3</sup> de ar por dia

Segundo a *International Commission on Radiological Protection* - ICRP (1974) apud WHO (1999) o volume de inalação diário em m<sup>3</sup>, considerando 8 h de repouso e 16 horas acordado em atividade não ocupacional, o adulto masculino respira 23 m<sup>3</sup>, um adulto feminino respira 21 m<sup>3</sup>, um adulto médio (jovem) respira 22 m<sup>3</sup> e uma criança (10 anos) respira 15 m<sup>3</sup>.

O handbook USEPA (2011) indica que um indivíduo (masculino ou feminino) na faixa etária dos 21 até aos 31 anos, inala cerca de 1,56 m<sup>3</sup>/h em atividade física moderadamente intensa, e cerca do dobro (3 m<sup>3</sup>/h) em atividades com alto nível de intensidade (MATOS, 2013).

A OMS (2011) recomenda valores de monocloramina na água de consumo até 3 mg/L, sendo omissa em relação a valores para dicloraminas e tricloraminas devido à inexistência de informações toxicológicas disponíveis.

No contexto das piscinas e ambientes similares a WHO (2006) indica a concentração de 0,5 mg/m<sup>3</sup> de NCl<sub>3</sub> (tricloreto de nitrogênio) no ar interior como valor provisório de referência (MATOS, 2013). Também documentos publicados no boletim do Instituto *National de Recherche et Sécurité* (INRS) da França (MATOS, 2013) aponta como “valores limite de conforto” a concentração de 0,5 mg/m<sup>3</sup> de NCl<sub>3</sub> para exposições de longa duração e de 1,5 mg/m<sup>3</sup> de NCl<sub>3</sub> para exposições de curta duração.

Os resultados de estudos indicaram que os THM's são principalmente absorvidos por via respiratória, sendo a absorção dérmica responsável por apenas 1/3 da absorção total (PEDROSO, 2009).

#### 5.4.5- Um sistema de filtração eficiente

Deve-se manter sistema de filtração limpo, para piscinas de alta demanda é necessário um sistema eficiente e deve também possuir um sistema alternativo aos filtros de areia, com meio filtrante diferente (como carvão ativado, zeólitas, etc...).

#### 5.4.6- Monitoramento de especificações e o equilíbrio (estabilidade) das propriedades físico-químicas da água da piscina

Deve-se controlar durante o período de funcionamento de **2 em 2 horas** o pH, CRL (Cloro Residual Livre) e ORP.

Por exemplo, a redução do valor preconizado para o **nível de CRL**, **pode indicar** o aumento de matéria orgânica no meio aquoso, existe matéria orgânica em excesso na água. A redução do nível de CRL indica uma possível reação com a matéria orgânica no meio aquoso e pode estar formando DBP's. O ideal é instalar um sistema para controlar o POR (Potencial de oxirredução), de forma automática, qualquer redução do ORP indica que o nível de CRL também se altera, se emita um aviso para o responsável.

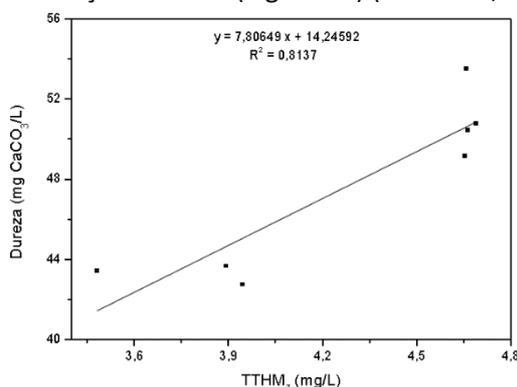
As pesquisas mostram a reação para formação dos DBP's em condições naturais **não é instantânea**. Esses compostos podem aparecer na água em menos de uma hora, mas às vezes surgem após dias. Logo que, o pH, o nível de CRL e ORP alterarem, o operador inicia o processo de filtração da água, por um sistema 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**.

Essa é justificativa para o tempo mínimo de monitoramento do **pH, CRL e ORP**, para controlar a formação de DBP's, de 2 em 2 horas.

Note a importância de manter pH sempre na faixa ideal 7,4-7,6. **A formação de THM's aumentou com o aumento pH** (TEO, COLEMAN, KHAN, 2015). Outros estudos relatam que o **valor de pH <7,0** que está abaixo o valor de pH recomendado na faixa de 7,2-7,8 sendo ideal de 7,4-7,6 (WHO, 2006), **o nível de HAA's** (Ácidos haloacéticos) **é muito alto** (PARINET, TABARIES, COULOMB, et al., 2012; SIMARD, TARDIF, RODRIGUEZ, 2013; WANG, LEAL, ZHANG, YANG, XIE, 2014; ILYAS, MASHI, VAN DER HOEK, 2018).

A **alcalinidade e dureza cálcica** devem ser monitoradas semanalmente, para ajustar o equilíbrio físico-químico da água, com a determinação do valor do Índice de Langelier (ISL).

A importância do controle efetivo da dureza se comprova pela Dissertação de OLIVEIRA (2017), afirma a autora que **existe uma forte correlação da dureza com o PFTHM** (Potencial de Formação de Trihalometanos), o que indica que a presença dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  podem contribuir para a formação de THM (Figura 16) (OLIVEIRA, ARAÚJO, DUARTE, 2020).



Fonte: OLIVEIRA, 2017.

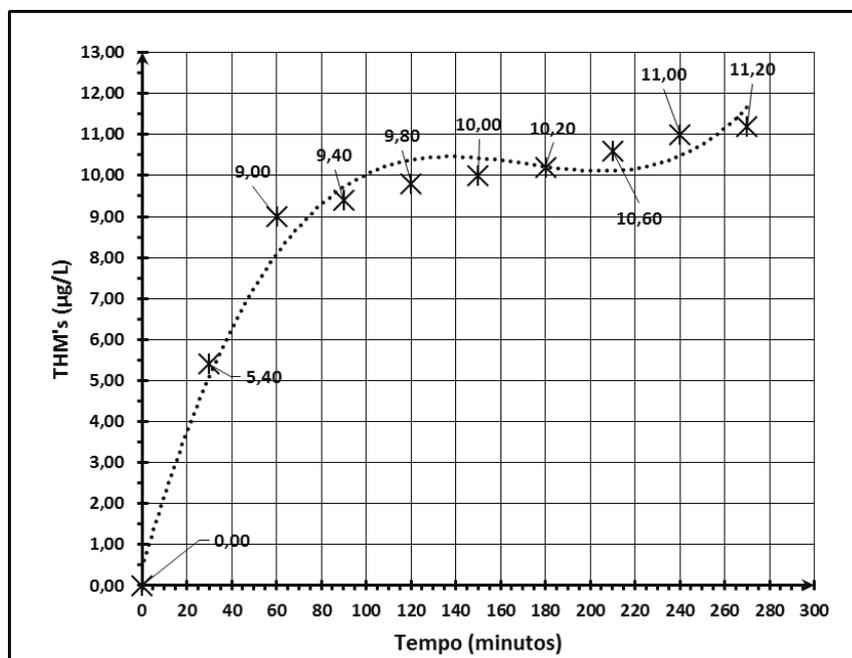
FIGURA 16- Gráfico representativo da correlação obtida entre a dureza e o TTHM7.

A expressiva correlação existente entre as concentrações de TTHM7 e a dureza pode ser explicada segundo estudo realizado por NAVALON, ALVARO, GARCIA (2009) apud OLIVEIRA (2017), os quais verificaram o efeito da presença dos íons  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$ , responsáveis pela dureza das águas naturais e sua contribuição para o aumento da formação de trihalometanos. Utilizaram tanto soluções preparadas em laboratório com concentrações conhecidas de COD,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$ , como uma água bruta proveniente do rio Turia, localizado na cidade de Valência, leste da Espanha.

Como já citado, dentre os resultados obtidos, em maior destaque, temos a dureza, com coeficiente  $R = 0,90$  ( $p = 0,005$ ), valor que indica uma forte correlação positiva, ou seja, a formação de THM é diretamente proporcional ao aumento da dureza da água. Na Figura 16 apresentou-se o gráfico da correlação entre o TTHM7 e a dureza, o  $R^2$  obtido indica que, para uma água com as características de concentração de dureza apresentadas, haverá uma probabilidade aproximada de 81% para a formação de THM (OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA, ARAÚJO, DUARTE, 2020).

Mais uma justificativa para o monitoramento de 2 em 2 horas de especificações químicas como pH, CRL e ORP apresenta-se na Figura 17, onde no gráfico referente a formação de THM's em relação ao tempo (GARRIDO, FONSECA, 2010), nota-se que a partir de 120 minutos (2 h) há um aumento acentuado na concentração de THM's e que a partir desse tempo continua a ocorrer a formação de THMs mas não de uma forma tão acentuada, mantendo-se quase constante ANÁGUA (2011).

No trabalho de REBELO (2014) é também possível observar que o conteúdo de COD (Carbono Orgânico Dissolvido) nas frações amostradas aumentou com o teor de cloro adicionado e este aumento apresentou uma relação linear, a partir dos 120 minutos (2 horas) de reação com o teor de cloro consumido, revelando a hipótese de oxidação de substâncias húmicas ou outras macromoléculas a compostos hidrofóbicos. Este incremento de precursores de THM é, também, compatível com a variação de concentração de  $\text{CHCl}_3$  (Triclorometano) que se observou com a variação da dosagem de cloro.



Fonte: GARRIDO, FONSECA (2010) apud ANÁGUA (2011).

FIGURA 17- Gráfico da formação de THM's em relação ao tempo,

**OBS.:** A importância da presença de DPB's em águas de piscinas, partir de 2017, se tornou o principal assunto de discussão e pesquisa apresentado em vários eventos, como exemplo, no "7th International Conference", de 2-5 maio de 2017, realizado da Ilha Kos/Grécia, disponibilizou a específica "Session 5 - Chlorination By-Products", o evento foi organizado pela "University of Patras", universidade pública em Patras/Grécia e "Technological Educational Institute of Athens", com apoio da "The European Union of Swimming Pool and Spa Associations (EUSA)".

## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACC - American Chemistry Council. **The Benefits of Chlorine Chemistry in Water Treatment**. Washington, DC: Chlorine Chemistry Division of the American Chemistry Council. 13p. 2008.

AGGAZZOTTI, G.; FANTUZZI, G.; RIGHI, E.; TARTONI, P.; CASSINADRI, T.; PREDIERI, G. Chloroform in alveolar air of individuals attending indoor swimming pools. **Archives of Environmental Health An International Journal**. v.48. n.4. pp.250-254. Jul-Aug. 1993.

AGGAZZOTTI, G.; FANTUZZI, G.; RIGHI, E.; PREDIERI, G. Blood and breath analyses as biological indicators of exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. **Science of the Total Environment**. v.217. n.1-2. pp.155-163. 1998.

ANÁGUA, T. A. S. **Trihalometanos como Subprodutos da Cloração**. Covilhã, 73p. Dissertação [Mestrado em Química] - Universidade da Beira Interior. Junho de 2011.

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

APREA, M. C.; BANCHI, B.; LUNGHINI, L.; PAGLIANTINI, M.; PERUZZO, A.; SCIARRA, G. Disinfection of swimming pools with chlorine and derivatives: formation of organochlorinated and organobrominated compounds and exposure of pool personnel and swimmers. **Natural Science**. v.2. n.2. pp.68-78. 2010.

ARNAUD, C. H. The chemical reactions taking place in your swimming pool. **c&en – Chemical & Engineering News**. v.94. n.31. p.28-32. August 1, 2016.

ARKO, T.; EGAN, J.; GREGORY, K.; LAURINO, J.; O'GRADY, J. The Impact of Disinfection Byproducts and Combined Chlorine on Air and Water Quality. **IN: World Aquatic Health Conference**. Alexandria: Pool & Hot Tub Alliance (PHTA). 2019.

ASTRALPOOL. **Tratamento de piscinas**. Disponível em: <[http://www.alg.pt/wp-content/uploads/2016/07/Piscinas-Manual\\_Astralpool\\_e.pdf](http://www.alg.pt/wp-content/uploads/2016/07/Piscinas-Manual_Astralpool_e.pdf)>. Acesso em 03 de fevereiro de 2018.

BARRIE, D. Ammonia & Nitrification Issues in Drinking Water. **IN: Water Works Operators Meeting**. AWWA Region 1/IRWA - Iowa Rural Water Association. March 2, 2016.

BARBOSA, A. A. S. **Estudo da transferência das cloraminas da água para o ar numa piscina coberta**. Porto. 62p. Dissertação [Mestrado em Engenharia Química] – Universidade do Porto. Dezembro de 2009.

BASTOS, J. **Swimming Pool and Care - Water Temperature and Chemical Products**. sd. Disponível em: <<https://www.jbastoswimmingcoach.com/copia-es-cuidados-con-la-piscina>>. Acesso em 03 de novembro de 2020.

BEECH, J. A. Estimated worst case trihalomethane body burden of a child using a swimming pool. **Medical hypotheses**. v.6. n.3. pp.303–307. 1980.

BELEZA, V. M.; SANTOS, R. P.; PINTO, M. **Piscinas – Tratamento de água e utilização de energia**. Porto: Fundação Instituto Politécnico do Porto / Edições Politema. 270p. 2007.

BERENGUEL, A. **Polícia abre inquérito para investigar morte de aluno de academia de natação em Campinas**. 03/12/2018. Disponível em: <<https://portalcbncampinas.com.br/2018/12/policia-abre-inquerito-para-investigar-morte-de-aluno-de-academia-de-natacao-em-campinas/>>. Acesso em 03 de novembro de 2020.

BERNARD, A.; CARBONNELLE, S.; BURBURE, C.; MICHEL, O.; NICKMILDER, M. **Chlorinated Pool Attendance, Atopy, and the Risk of Asthma during Childhood**. *Environmental Health Perspectives*. v.114. n.10. October 2006.

BERNARD A. Chlorination products: emerging links with allergic diseases. **Current Medicinal Chemistry**. v.14. pp.1771-1782. 2007.

BERNARD, A. Asthma and swimming: weighing the benefits and the risks. **Jornal de Pediatria**. v.86. n.5. 2010.

BERNARD A, NICKMILDER M, VOISIN C, SARDELLA A. Impact of chlorinated swimming pool attendance on the respiratory health of adolescents. **Pediatrics**. v.124. pp.1110-1118. 2009.

BOWMAN, G.; MEALY, R. **The Fundamentals of Chlorine Chemistry and Disinfection**. December 2007. Disponível em: <<http://dnr.wi.gov/regulations/labcert/documents/training/cl2chemistry.pdf>>. Acesso em 04 de fevereiro de 2018.

BUTIÃO, D. F. **Formação de Subprodutos Orgânicos Halogenados da Desinfecção em Águas de Piscinas**. 89p., Ribeirão Preto. 89p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto. 2011.

CARBONNELLE, S.Y.; BUCHET, J-P.; HERMANS, C. R.; DOYLE, I. R.; BERNARD, A. M. Increased lung epithelium permeability in children regularly attending chlorinated pools. **European Respiratory Journal**. v.18. Suppl.33. 186S. 2001.

CARO, J.; GALLEGRO, M. Alveolar air and urine analyses as biomarkers of exposure to trihalomethanes in an indoor swimming pool. **Environmental Science & Technology**. v.42. n.13. pp.5002-5007. 2008.

CARVALHO, C. **Morre aluno intoxicado com cloro em academia de natação de Campinas**. 01/12/2018. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/morre-aluno-intoxicado-com-cloro-em-academia-de-natacao-de-campinas-23274402>>. Acesso em 02 de novembro de 2020.

CARTER, R. A. A.; JOLL, C. A.; ALLARD, S.; HEITZ, A.; CROUÉ, J. P.; WEST, N. 500 days of swimmers: variability of the chemical water quality of swimming pool waters from the beginning (ORAL). pp.36-39. **IN: 7th International Conference**. Kos/Greece. 2-5 May 2017.

CARTER, R. A. A.; ALLARD, S.; HEITZ, A.; CROUÉ, J. P.; WEST, N. 500 days of swimmers: the chemical water quality of swimming pool waters from the beginning. **Environmental Science and Pollution Research**. v.26, pp.29110–29126. 2019.

CHOWDHURY, S.; ALHOOSHANI, K.; KARANFIL, T. Review Disinfection byproducts in swimming pool: Occurrences, implications and future needs. **Water Research**. v.5.n.3. 68-109. 2014.

CHRISTMAN, K. The history of chlorine. **Waterworld**. v.14. n.8. pp.66-67. 1998.

C20. **Condicionamento - Desinfecção Química com Cloro**. Disponível em: <<http://www.c20.pro.br/hackaguas/ar01s11.html>>. Acesso em 21 de abril de 2016.

CONSUMER. **El cloro de las piscinas podría causar asma en los niños, según una investigación**. 29 mayo de 2003. Disponível em: <<https://www.consumer.es/salud/el-cloro-de-las-piscinas-podria-causar-asma-en-los-ninos-segun-una-investigacion.html>>. Acesso em 01 de novembro de 2020.

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.

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.

DELGADO, C. A. **Os perigos das piscinas cobertas e aquecidas**. 13 de julho de 2013. Disponível em: <<https://www.facebook.com/176546609112810/posts/os-perigos-das-piscinas-cobertas-e-aquecidas/386515888115880/>>. Acesso em 03 de novembro de 2020.

DYCK, R.; SADIQ, R.; RODRIGUEZ, M. J.; SIMARD, S.; TARDIF, R. Trihalomethane exposures in indoor swimming pools: A level III fugacity model. **Water Research**. n.45. pp.5084-5098. 2011.

DUFOUR, A. P.; EVANS, O.; BEHYMER, T. D.; CANTÚ, R. Water ingestion during swimming activities in a pool: a pilot study. **Journal Water Health**. v.4, n.4, pp.425-430, December 2006.

DUFOUR, A. P.; BEHYMER, T. D.; CANTÚ, R.; MAGNUSON, M.; WYMER, L. J. Ingestion of swimming pool water by recreational swimmers. **Journal Water Health**. v.15. n.3. pp.429-437. June 2017.

EBC. **Cloro da piscina pode agravar alergias respiratórias e da pele.** 24/06/15. Disponível em: <[EVANS, O. M.; L. J. WYMER; T. D. BEHYMER, T. D.; A. P. DUFOUR. An observational study: determination of the volume of water ingested during recreational swimming activities. \*\*IN:\*\* National Beaches Conference, Niagra Falls, NY. October 10- 13, 2006.](https://memoria.ebc.com.br/infantil/para-pais/2015/06/cloro-da-piscina-pode-agravar-alergias-resporatorias-e-da-pele#:~:text=Nas%20investiga%C3%A7%C3%B5es%20realizadas%20com%20nadadores,eles%20nadavam%20por%20per%C3%ADodos%20prolongados.> Acesso em 06 de novembro de 2020.</p>
</div>
<div data-bbox=)

EXTRA.GLOBO. **Morre aluno intoxicado com cloro em academia de natação de Campinas.** 01/12/2018. Disponível em: <<https://extra.globo.com/noticias/morre-aluno-intoxicado-com-cloro-em-academia-de-natacao-de-campinas-23274487.html>>. Acesso em 02 de novembro de 2020.

FANTUZZI, G.; RIGHI, E.; PREDIERI, G.; CEPPELLI, et al. Occupational exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. **The Science of the Total Environment.** v.264. n.3. pp.257-265. 31 Dec 2000.

FELDSTEIN, C.; RICKABAUGH, J.; MILTNER, R. **Effect of cyanuric acid, a chlorine stabilizer, on trihalomethane formation.** 1984 EPA/600/D-84/167 (NTIS PB84209105) 12/10/2002. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency. Disponível em: <[FERNÁNDEZ-LUNA, Á.; BURILLO, P.; FELIPE, J. L.; GALLARDO, L.; TAMARAL, F. M. Concentración de cloro en el aire de las piscinas cubiertas y sus efectos en la salud de los trabajadores a pie de piscina. \*\*Gaceta Sanitaria.\*\* v.27. n.5. pp.411–417. 2013.](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?Lab=NRMRL&dirEntryId=36623#:~:text=Cyanuric%20acid%2C%20used%20commonly%20in,reduced%20by%2029%20per%20cent.> Acesso em 26 de agosto de 2020.</p>
</div>
<div data-bbox=)

FLORENTIN, A.; HAUTEMANIERE, A.; HARTEMANN, P. Health effects of disinfection byproducts in chlorinated swimming pools. **International Journal of Hygiene and Environmental Health.** v.214. n.6. pp.461–469. 2011.

FREESE, S. D.; NOZAIC, D. J. Chlorine: Is it really so bad and what are the alternatives? (Special edition). **Water South Africa.** v.30, n.5, 24p., 2004.

GARRIDO, S. E.; FONSECA, M. G. Speciation and Kinetics of Trihalomethane Formation in Drinking Water in Mexico. **Ground Water Monitoring & Remediation.** v.30. n.1. pp.77–84. 2010.

G1. **Alunos sofrem intoxicação por cloro em piscina de escola federal em Fortaleza.** 02/05/2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/alunos-sofrem-intoxicacao-por-cloro-em-piscina-do-ifce-em-fortaleza.ghtml>>. Acesso em 03 de novembro de 2020.

GRUBER, J.; LI, R. W. C.; SANTOS, A. S. A importância da cloração da  gua. **Revista da Piscina,** n.56, p.15-19, 2001.

HANSEN, K. M. S. **Strategies for chemically healthy public swimming pools.** Kongens Lyngby/ Denmark. 43p. Thesis [PhD Environmental Engineering]. Technical University of Denmark. March 2013.

HELENIUS, I.; RYTIL , P.; SARNA, S.; LUMME, A.; HELENIUS, M.; REMES, V.; et al. Effect of continuing or finishing high-level sports on airway inflammation, bronchial hyperresponsiveness, and asthma: a 5-year prospective follow-up study of 42 highly trained swimmers. **Journal of Allergy and Clinical Immunology.** v.109. pp.962-968. 2002.

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.

ISGLOBAL. **Nadar en una piscina clorada se asocia con cambios en niveles de metabolitos en la sangre.** 13.12.2017. Disponível em: <<https://www.isglobal.org/-/nadar-en-una-piscina-clorada-se-asocia-con-cambios-en-niveles-de-metabolitos-en-la-sangre?redirect=https%3A%2F%2E%80%A6>>. Acesso em 03 de novembro de 2020.

JACOBS, J. H.; SPAAN, S.; ROOY VAN, G. B. G. J.; MELIEFSTE, C.; ZAAT V. A. C.; ROOYACKERS, J. M.; HEEDERIK, D. Exposure to trichloramine and respiratory symptoms in indoor swimming pool workers. **European Respiratory Journal.** v.29. pp.690-698. 2007.

JANDIK J. **Studies on decontamination of swimming pool water with consideration of ozonation of nitrogen containing pollutants.** Munich/German. Dissertation [Technical] University Munich. 1977.

JORNAL DO BRASIL. **Professores de natação têm três vezes mais resfriados.** Jornal do Brasil. 10 de abril de 2007. Disponível em: <[http://www.ceme.eefd.ufrj.br/bive/boletim/bive200704/imprensa/fsp/pdf\\_fsp/PROFESSORES%20DE%20NATA%20%A6+O%20T-M%20TR-S%20VEZES%20MAIS%20RESFRIADOS.pdf](http://www.ceme.eefd.ufrj.br/bive/boletim/bive200704/imprensa/fsp/pdf_fsp/PROFESSORES%20DE%20NATA%20%A6+O%20T-M%20TR-S%20VEZES%20MAIS%20RESFRIADOS.pdf)>. Acesso em 10 de abril de 2016.

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.; 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.

KANAN, A.; SELBES, M.; KARANFIL, T. Occurrence and Formation of Disinfection By-Products in Indoor U.S. Swimming Pools. Chapter 21. **IN: ACS Symposium Series - American Chemical Society.** Washington, DC. pp. 405-430. August 24, 2015.

KEUTEN, M. G. A.; PETERS, M. C. F. M.; DAANEN, H. A. M.; DE KREUK, M. K.; RIETVELD, L.C.; VAN DIJK, J. C. Quantification of continual anthropogenic pollutants released in swimming pools. **Water Research**. v.53. pp.259–270. 2014.

LAHL, U.; BÄTJER, K.; DUSZELN, J. V.; GABEL B.; STACHEL, B.; THIEMANN, W. Distribution and balance of volatile halogenated hydrocarbons in the water and air of covered swimming pools using chlorine for water disinfection. **Water research**. n.15. pp.803–814. 1981.

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.

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.

LLANA, S.; ZARZOSO, M.; SORIANO, P. P. Riesgos para la salud de la natación en piscinas cloradas (I). **Archivos de Medicina del Deporte**. v.XXVI. n.130. pp.130-137. 2009.

LLANA, S.; ZARZOSO, M.; SORIANO, P. P. Riesgos para la salud de la natación en piscinas cloradas (II). **Archivos de Medicina del Deporte**. v.XXVI. n.131. pp.130-137. 2009a.

LAUBUSCH, E. J. **Clorination and other disinfection processes.** In: Water quality and treatment: a handbook of public water supplies (American Water Works Association - AWWA). New York: McGraw-Hill, p.158-224. 1971.

LEME, F. P. **Engenharia do Saneamento Ambiental.** São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 358p., 1980.

LÉO, L. F. R. **Investigação da toxicidade, tratabilidade e formação de subprodutos tóxicos em efluentes clorados de lagoas de estabilização com e sem pós-tratamento.** São Paulo. 185p. Tese [Doutorado em Engenharia] – Universidade São Paulo. 2008.

LIFE MAGAZINE. **The Life Millennium: The 100 Most Important Events and People of the Past 1 000 Years.** Friedman R (ed.). New York: Time-Life Books. 1998.

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

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.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & Águas**. Belo Horizonte: ORTFOFARMA, 505p. 2000.

MACEDO, J. A. B. O uso de derivados clorados orgânicos no processo de desinfecção de água para abastecimento público. IN: Congresso Brasileiro de Química, 2004. **Anais...** ABQ - Fortaleza: Associação Brasileira de Química. 20 a 24 de setembro 2004a.

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

MACEDO, J. A. B. **Água de Lastro & Mexilhão Dourado & Incrustações x Hidrelétricas (A História)**. Belo Horizonte: CRQ-MG. 323p. 2020.

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**. 02.09.2020a. 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.

MAIA, R. V. A. **Avaliação de compostos halogenados em água e ar de piscinas**. 113p. Porto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Instituto Superior de Engenharia do Porto. 2012.

MANASFI, T.; TEMIME-ROUSSEL, B.; COULOMB, B.; VASSALO, L.; BOUDENNE, J. Occurrence of brominated disinfection byproducts in the air and water of chlorinated seawater swimming pools. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. v.220. n.3. pp.583 - 590. 2017.

MATIAS, N. A. A. N. **Condições Ambientais de Piscinas Interiores**. Coimbra. 82p. Dissertação [Mestrado em Engenharia Mecânica] – Universidade de Coimbra. Setembro, 2011.

MATOS, A.; PIRES, A.; MADEIRA, C. P.; BARREIROS, C.; et al. **Avaliação da Qualidade do Ar Interior em Piscinas Cobertas**. Lisboa: CRSP-LVT/CSAO-INSA. 120p. Setembro de 2006.

MATOS, A. M. A. O. **Estudo comparativo de sistemas de desinfecção de água de piscinas públicas: cloro, bromo, ozono e radiação UV**. Lisboa. 110p. Dissertação [Mestrado em Engenharia Sanitária] -Universidade Nova de Lisboa. Setembro, 2013.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J. F. S. **Qualidade da água para consumo humano**. Lisboa: Lidel – edições técnicas, lda. 640p. 2004.

NAVALON, S.; ALVARO, M.; GARCIA, H. Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> present in hard waters enhance trihalomethane formation. **Journal of Hazardous Materials**. v.169. pp.901–906. 2009.

NEMERY, B.; HOET, P. H. M.; NOWAK, D. Indoor swimming pools, water chlorination and respiratory health. **European Respiratory Journal**. v.19. pp.790–793. 2002.

NHS. **Chemicals in Drinking Water: Chloramines**. Edimburgo/Scotland: NHS Scotland. 6p. July 2001.

NITTER, T. B.; KAMPEL, W.; SVENDSEN, K. V. H.; AAS, B. Comparison of trihalomethanes in the air of two indoor swimming pool facilities using different type of chlorination and different types of water. **Water Supply**. v.18. n.4. pp.1350–1356. 2018.

NOLL, R.; OLIVEIRA, I. L.; PESCADOR, J. Avaliação de dois métodos concorrentes usado na determinação do cloro em água tratada. IN: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, XXVII. Porto Alegre/RS: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). 3 al 8 de diciembre de 2000.

OLIVEIRA, R. R.; ARAÚJO, A. L. C.; DUARTE, M. A. C. Estudo do potencial de formação de trihalometanos na lagoa de Extremoz (RN). **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.25. n.2. pp.315-322. mar/abr 2020.

OLIVEIRA, R. R. **Estudo do potencial de formação de trihalometanos na água da lagoa de Extremoz-RN**. Natal. 71p. Dissertação [Mestrado em Ciências Ambientais] – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. 2017.

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.

PEDROSO, M. J. S. L. C. **Exposição Ocupacional em Piscinas Cobertas do tipo I e II**. Porto. 119p. Dissertação [Mestrado em Saúde Pública] – Universidade do Porto. 2009.

POOL-LIFE. **Piscinologia Moderna - Supercloração ou oxidação de choque?** POOL LIFE/Revista da Piscina. n.51. pp.20-21. 1999.

POTTS, J. Factors Associated with Respiratory Problems in Swimmers. **Sports Medicine**. v.21. pp.256–261. 1996.

RANDTKE, S. J. Chemistry of Aqueous Chlorine - Chapter 2. IN: **White's Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants**. Fifth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Publication / Black & Veatch Corporation. pp.68-173. 2010.

REBELO, A. R. S. **Formação de Triclorometano em Águas Residuais Cloradas Risco de contaminação dos recursos hídricos**. Covilhã. 257p. Tese [Doutorado em Química] - Universidade da Beira Interior. Julho de 2014.

REVISTA VEJA. **Milênio – Os 100 fatos que mudaram o mundo do ano de 1001 até hoje**. Revista VEJA, ano 31, n.51, 1682A. Janeiro de 2001.

REUTERS. **Working near chlorine pools tied to lung problems**. 09/04/2007. Disponível em: <<https://br.reuters.com/article/us-chlorine-pools/working-near-chlorine-pools-tied-to-lung-problems-idUSCOL95169720070410>>. Acesso em 07 de novembro de 2020.

ROGERS, H. R. **Factors causing off-taste in waters, and methods and practices for the removal of off-taste and its causes**. Report No: DETR/DWI 5008/1. Buckinghamshire/England: Department of the Environment, Transport and the Regions. 69p. November 2001.

RZNISKI, T. A. B. **Tricloraminas no ar em ambientes de piscinas cobertas e sua repercussão no sistema respiratório**. Curitiba. 103p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental), Universidade Positivo, 2008.

SANTOS FILHO. **Tecnologia de tratamento de água**. São Paulo: Livraria Nobel S.A. 251p. 1985.

SHORNEY – DARBY, H.; HARMS, L. L. Chlorination of Potable Water. Chapter 4. IN: **White's Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants**. Fifth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Publication / Black & Veatch Corporation. pp.230-325. 2010.

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.

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.

TAVARES, M. C. M. **Colheita e Análise de Águas de Consumo, Piscinas e Residuais**. 112p. Leiria. Relatório de Estágio [Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente] – IPL – Instituto Politécnico de Leiria / Escola Superior de Tecnologia e Gestão. 2013.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L. **Wastewater engineering - treatment, disposal and reuse**. 3.ed. New York: McGraw Hill. 1335p. 1991.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater engineering - treatment and reuse**. New York: McGraw Hill. 1819p. 2003.

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.

THICKETT, K. M.; MCCOACH, J. S.; GERBER, J. M.; SADHRA, S.; BURGE, P. S. Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. **European Respiratory Journal**. v.19. pp.827–832. 2002.

TODOS UNIDOS. **Trabajar cerca de piscinas cloradas causa problemas pulmonares**. 13 abril 2007. Disponível em: <<http://todosunidos.blogs.terra.es/blogs/todosunidos/archive/2007/04/13/cloro-y-problemasrespiratorios.aspx>> Acesso em em 10 de abril de 2016.

TOMINAGA, M. Y.; MIDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. **Revista de Saúde Pública**. v.33. n.4. pp.413-421. Agosto 1999.

USEPA. **Exposure Factors Handbook: 2011 Edition**. EPA/600/R-090/052F. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency. 1436p. September 2011.

VELDHOVEN, K. V.; KESKI-RAHKONEN, P.; BARUPAL, D. K.; VILLANUEVA, C. M.; et al. Efeitos da exposição a subprodutos da desinfecção da água em uma piscina: um estudo de associação de todo o metaboloma. **Environment International**. v.111. pp.60-70. 2018.

VOISIN, C.; SARDELLA, A.; MARCUCCI, F.; BERNARD, A. Infant swimming in chlorinated pools and the risks of bronchiolitis, asthma and allergy. **European Respiratory Journal**. v.36. pp.41-47. 2010.

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.

WENG, S.; BLATCHLEY III, E. R. Disinfection by-product dynamics in a chlorinated, indoor swimming pool under conditions of heavy use: national swimming competition. **Water Research**. v.45. n.16. pp.5241-5248. 2011.

WHO. **Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals**. Geneva: World Health Organization. 64p. 1999.

WHO. **Air Quality Guidelines for Europe**. Series, No. 91. Second Edition. Copenhagen: World Health Organization / Regional Office for Europe / WHO Regional Publications, European. 273p. 2000a.

WHO. **Guidelines for Safe Recreational-water Environments Final Draft for Consultation - Vol. 2: Swimming Pools, Spas and Similar Recreational-water Environments - Chapter 4 Chemical Hazards**. Geneva: WHO - World Health Organization. wp. August 2000.

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

WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality fourth edition incorporating the first addendum**. Geneva, Switzerland: WHO - World Health Organization. 541p. 2017

WHO. **Guidelines for drinking-water quality. 4th ed**. Geneva/Switzerland: World Health Organization. 541p. 2011.

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.

YANG, L.; SCHMALZ, C.; ZHOU, J.; ZWIENER, C.; CHANG, V.W.C.; GE, L.; WAN, M.P. Aninsight of disinfection by-product (DBP) formation by alternative disinfectants for swimming pool disinfection under tropical conditions. **Water Research**. v.101. pp.535–546. 2016.

ZARPELON, A. Uso do cloro e os trihalometanos (THM). **SANARE – Revista Técnica da Sanepar**. v.15. n.15. pp.4-6. Jan/Jun. 2001.

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.