

UNIVERSIDADE POSITIVO  
TÂNIA APARECIDA BARBOSA RZNISKI

**TRICLORAMINAS NO AR EM AMBIENTES DE PISCINAS COBERTAS E SUA  
REPERCUSSÃO NO SISTEMA RESPIRATÓRIO**

CURITIBA  
2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

TÂNIA APARECIDA BARBOSA RZNISKI

**TRICLORAMINAS NO AR EM AMBIENTES DE PISCINAS COBERTAS E SUA  
REPERCUSSÃO NO SISTEMA RESPIRATÓRIO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão Ambiental do curso de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, Universidade Positivo.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Flávia Locateli Godoi.

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Henrique Moreton Godoi.

CURITIBA  
2008

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, sábios e incentivadores da minha carreira profissional. Ao meu esposo, pelo apoio, paciência e compreensão nos momentos de ausência. E aos meus queridos irmãos.

## **EPIGRAFE**

"O homem que consagra suas horas com infatigável empenho a honrosos objetivos, traça luminosamente o seu destino."

Edward Kong

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, fonte de toda a vida.

A Universidade Positivo pela oportunidade oferecida.

A minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Ana Flávia Locateli Godoi e Co-orientador, professor. Dr. Ricardo Henrique Moreton Godoi, pelas orientações enriquecedoras e paciência ao longo desta pesquisa.

Ao pneumologista Dr. Ricardo Alves pela disponibilidade em passar sua experiência profissional.

Ao professor Jaime Azevedo que gentilmente contribuiu nesta pesquisa.

Aos funcionários Cristiane do Rocio Antunes e Devanir Avigo Jr responsáveis pelas atividades desenvolvidas no Laboratório de Central Analítica da Universidade Positivo.

As academias de Curitiba e aos profissionais que participaram e contribuíram com a pesquisa.

Ao coordenador do curso de fisioterapia da Universidade Positivo professor Roberto Mattar Cepeda. pela oportunidade e apoio no decorrer dessa trajetória.

A professora Ana Paula Massuda Valadão de Oliveira pela ajuda atribuída sempre que necessário força e incentivo.

As colegas Ana Carolina Santos Padilha e Sandra Lopes de Souza pela amizade e força em todos os momentos.

Aos fisioterapeutas Eliane Eachimenco Elenciuc, Marcel Viesser, Tatiana C. V. Bianchi e Tereza Marcondes de Andradre por todas as contribuições para conclusão desta pesquisa.

Em especial a Suellen Figueiredo Frigotto pelo apoio e companheirismo.

## RESUMO

O presente trabalho pretendeu avaliar a presença de tricloraminas no ar de ambientes fechados de piscinas que utilizam os métodos tradicionais de desinfecção como a cloração e as que são tratadas por meio da salinização, que utiliza o cloreto de sódio como precursor do agente sanitizante para a água. Adicionalmente, a capacidade respiratória dos profissionais que trabalham nesses locais foi avaliada. Para a análise da concentração de cloraminas no ambiente fechado de ambas as piscinas, amostras de ar foram coletadas em filtros de fibra de quartzo impregnados com 500  $\mu\text{L}$  de uma solução contendo 40  $\text{g.L}^{-1}$  de carbonato de sódio ( $\text{NaCO}_3$ ), 4  $\text{g.L}^{-1}$  de trióxido de diarsênio ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) e 40  $\text{mL.L}^{-1}$  de glicerol preparada em água milli-Q, utilizando-se uma bomba de vácuo com fluxo de 1  $\text{L.min}^{-1}$  por 3 horas. Após a amostragem, os filtros foram extraídos com 10ml de água milli-Q e os extratos foram então analisados por Cromatografia Iônica. Para mensurar a capacidade respiratória, testes espirométricos para aferir o fluxo expiratório e a curva do volume corrente foram aplicados nos profissionais atuantes nesses ambientes, assim como um questionário que identifica sintomas de irritações do trato respiratório. As concentrações de tricloraminas que foram detectadas em ambos os ambientes, variaram de 0,001 a 3279  $\text{ng.m}^{-3}$ . Queixas de sintomas respiratórios foram relatadas pelos profissionais que trabalham em ambos os ambientes fechados que abrigam as piscinas. Observou-se que há uma relação direta entre a circulação de ar e as concentrações de tricloramina detectadas no ambiente, pois as amostragens foram realizadas em distintas estações do ano, quando as janelas dos ambientes permaneciam abertas com maior ou menor frequência, dependendo da temperatura externa. O número de usuários também exerce influência nos resultados, principalmente no caso das piscinas infantis. Embora as concentrações detectadas no presente trabalho sejam muito mais baixas que aquelas descritas na literatura, ainda assim são preocupantes, principalmente porque os riscos à saúde que tais compostos possam causar em longo prazo ainda não são completamente conclusivos

**Palavras-chave:** qualidade do ar; piscinas cobertas; doenças respiratórias, cloraminas.

## ABSTRACT

The present work intended to evaluate the presence of trichloramines at the atmosphere of indoor swimming pools using different water disinfection methods: the conventional chlorination and the sodium chloride electrolysis. In addition, the respiratory capacity of the professionals who work in those places was evaluated. For chloramines evaluation, air samples were collected in quartz fiber filters covered with 500 $\mu$ L of an aqueous solution containing 40 g.L<sup>-1</sup> of sodium carbonate (NaCO<sub>3</sub>), 4 g.L<sup>-1</sup> of arsenic trioxide (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and 40 mL.L<sup>-1</sup> of glycerol, using a vacuum pump with flow of 1 L.min<sup>-1</sup> for 3 hours. After sampling, filters were extracted with 10ml of milli-Q water and the extracts were then analyzed by means of Ion Chromatography. For the evaluation of respiratory capacity, expirometric tests were applied among the pool employees, as well as a respiratory symptom's questionnaire. Trichloramines were detected in both environments, and concentrations varied from 0,001 to 3279 ng.m<sup>-3</sup>. Complaints of respiratory symptoms were reported by the employees of both indoor pool environments. A direct association between the air circulation and the detected concentrations of trichloramine was observed, because samplings were performed in different year' season, when the windows of both environments remained open with higher or lower frequency, depending on the external temperature. The number of users also exerts influence in the results, mainly for children's swimming pools. Although the concentrations detected in the present work are lower than those described in the literature, they are worrying, mainly because the long-term health risks related to such irritant gaseous are not completely established yet.

**Key-Words:** quality of air; indoor swimming pools; respiratory symptoms, chloramines.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Possíveis contaminantes da água de piscinas e ambientes similares. Adaptada de WHO, 2006.....	20
Figura 2– Estruturas que compõem o sistema respiratório.....	23
Figura 3 – Estruturas que compõem a árvore brônquica.....	28
Figura 4 – Gráfico das capacidades dos volumes respiratórios.....	32
Figura 5 – Gráficos representativos de um teste de espirometria padrão com comprometimento da capacidade respiratória.....	34
Figura 6 - Gráficos representativos de um teste de espirometria padrão sem comprometimento da capacidade respiratória.....	35
Figura 7 – Troca gasosa.....	39
Figura 8 – Planta baixa da piscina salina, localizada em Curitiba, aonde foram feitas as amostragens de ar no período de 27 a 30 de julho de 2007 e 14 a 29 de fevereiro de 2008.....	54
Figura 9 - Planta baixa da piscina salina filial, localizada em Curitiba, aonde foram feitas as amostragens de ar no dia 29 de fevereiro de 2008.....	55
Figura 10 - Planta baixa da piscina clorada, situada na cidade de Curitiba, aonde foram realizadas as amostragens de ar no período de 17 a 20 de fevereiro de 2008.....	59
Figura 11 - Filtro de quartzo impregnado com trióxido de diarsênio ( $As_2O_3$ ) acondicionado em um amostrador de polietileno para a amostragem de tricloraminas no ar.....	61
Figura 12 - Frequência (em porcentagem) das doenças respiratórias entre os profissionais de ambientes de piscina salina e clorada.....	78
Figura 13 - Frequência (em porcentagem) dos sintomas respiratórios apresentados Pelos profissionais dos ambientes de piscina salina e clorada.....	79

Figura 14 - Percentual de profissionais que sempre trabalhou em piscina coberta.....	80
Figura 15 - Comparação do tempo de trabalho dos profissionais de ambientes de Piscina Salina e Piscina Clorada.....	81
Figura 16 - Relação dos profissionais da piscina salina e da piscina clorada que possuem doença e que sempre exerceram a atividade em piscina coberta.....	82
Figura 17 - Relação dos profissionais de ambientes de piscina salina e clorada sobre a ocorrência de doenças respiratórias com o tempo há que exerce a atividade em piscina fechada.....	82
Figura 18 - Ocorrência de doença respiratória relacionada ao fato do indivíduo trabalhar também em outro ambiente de piscina.....	83
Figura 19 - Relação dos profissionais de ambientes de piscina salina e clorada sobre a ocorrência de doença respiratória relacionada ao número de dias por semana em que o indivíduo está exposto ao ambiente da piscina.....	84
Figura 20 – Incidência das doenças respiratórias de acordo com a idade dos profissionais.....	85
Figura 21 – Incidência dos sintomas respiratórios de acordo com a idade dos profissionais.....	86
Figura 22 – Incidência das doenças respiratórias de acordo com o sexo dos profissionais.....	87
Figura 23 – Incidência dos sintomas respiratórios de acordo com o sexo dos profissionais.....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Apresentação da quantificação do Distúrbio segundo a variação dos valores de VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo ,capacidade vital pulmonar (CVF) e a relação volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital pulmonar (VEF1/CV).*LI-Limite inferior.....	37
Tabela 2 - Pontos de amostragem no ambiente de piscina salinas.....	57
Tabela 3 - Pontos de amostragem no ambiente de piscina clorada.....	60
Tabela 4: Resultado das espirometrias realizadas no ambiente da piscina clorada. Parâmetros de Pereira (1992).....	67
Tabela 5- Resultado das espirometrias realizadas no ambiente da piscina clorada. Parâmetros de Knudson (1983).....	68
Tabela 6- Resultado das espirometrias realizadas no ambiente da piscina salina.Parâmetros de Pereira (1992).....	69
Tabela 7- Resultado das espirometrias realizadas no ambiente da piscina salina. Parâmetro Knudson (1983).....	70
Tabela 8 - Concentração de tricloramina (ng. m <sup>-3</sup> ) nas amostras da piscina submetida à desinfecção pelo método salino nos períodos de 27 a 30/07/2007 e 14 a 29/02/2008, Curitiba - PR .....	72
Tabela 9 - Concentração de tricloramina (ng.m <sup>-3</sup> ) nas amostras da piscina submetida à desinfecção pelo método de cloração convencional nos períodos de 02 a 09/08/2007 e 17 a 20/02/2008, em Curitiba-PR .....	74
Tabela 10 – Concentrações médias de tricloraminas (NCl <sub>3</sub> ) nos ambientes de piscinas salinas e cloradas.....	75

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo geral.....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1 PISCINAS TRATADAS POR CLORAÇÃO CONVENCIONAL.....	17
2.2 PISCINAS TRATADAS POR SALINIZAÇÃO.....	19
2.3 CLORAMINAS NOS AMBIENTES DE PISCINAS COBERTAS.....	19
2.4 ANATOMIA DO SISTEMA RESPIRATÓRIO.....	23
2.4.1 Nariz.....	24
2.4.2 Faringe.....	24
2.4.3 Laringe.....	25
2.4.4 Traquéia.....	26
2.4.5 Brônquios.....	26
2.4.6 Pulmões.....	29
2.4.7 Pleura.....	30
2.4.8 Suprimentos sanguíneos dos pulmões.....	30
2.5 FISIOLOGIA DO SISTEMA RESPIRATÓRIO.....	31
2.5.1 Medidas da capacidade respiratória.....	33
2.5.2 Composição do ar e trocas gasosas.....	38
2.6 PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS.....	40
2.6.1 Rinite.....	41
2.6.2 Asma.....	42
2.6.3 Sintomas causados pela exposição às tricloraminas.....	43
2.7 QUESTIONÁRIO DE SINTOMAS RESPIRATÓRIOS.....	46
2.8 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE CLORAMINAS NO AR.....	47
2.8.1 Cromatografia de íons.....	47

2.9 ESTUDOS DE CASO.....	49
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>53</b>
3.1 LOCAIS DE ESTUDO.....	53
3.1.1 Piscinas salinas.....	53
3.1.2 Piscinas cloradas.....	58
3.2 AMOSTRAGEM DE AR.....	61
3.3 EXTRAÇÃO DOS FILTROS.....	62
3.4 ANÁLISE POR CROMATOGRAFIA IÔNICA.....	62
3.4.1 Preparo da curva analítica.....	62
3.5 CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DE TRICLORAMINAS NO AR.....	63
3.6 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE RESPIRATÓRIA.....	63
3.6.1 Técnica para a realização do teste de espirometria .....	64
3.6.2 Questionário de sintomas respiratórios.....	64
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>66</b>
4.1 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE RESPIRATÓRIA.....	66
4.1.1 Piscinas cloradas.....	66
4.1.2 Piscinas salinas.....	68
4.2 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE SINTOMAS RESPIRATÓRIOS.....	72
4.3 DETERMINAÇÃO DE CLORAMINAS NO AR.....	77
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A prática de atividades aquáticas é altamente difundida e recomendada pelos benefícios gerais à saúde humana e para algumas desordens do sistema respiratório. No entanto, o benefício proporcionado pela atividade física aquática pode estar prejudicado se a qualidade do ar do ambiente para a realização da prática esportiva não for adequado, refletindo na exposição constante do trato respiratório humano aos produtos utilizados na desinfecção da água. Em ambientes fechados, a presença de determinados gases e substâncias podem desencadear nos usuários o agravamento de doenças pré-existentes tais como asma e rinite.

Aqueles que procuram as atividades aquáticas podem, portanto, desenvolver sintomas respiratórios, ou ter sintomas pré-existentes acentuados, devido à exposição aos subprodutos da desinfecção da água da piscina em um ambiente fechado.

A qualidade do ar daqueles ambientes está relacionada com a saúde dos freqüentadores, pois pesquisas comprovam o efeito deletério ao sistema respiratório devido aos subprodutos da reação do cloro com compostos orgânicos, aumentando a incidência de sintomas como tosse, coriza, olhos lacrimejantes, e patologias respiratórias como asma e rinite alérgica em freqüentadores de piscinas cobertas tratadas com cloro (TICKETT et al., 2002; LEVESQUE et al., 2006). Pesquisas demonstram que a exposição diária ou intermitente à atmosfera das piscinas é irritante aos olhos e às vias aéreas superiores, como ocorre em alguns ambientes industriais (HERY et al, 1998). Por isso, o desenvolvimento de meios alternativos para o tratamento da água de piscinas tornou-se necessário.

Uma opção ao tratamento convencional é a salinização, que apresenta outro tipo de reação para a obtenção do ácido hipocloroso (HClO), agente químico responsável pela eliminação de microorganismos presentes na água. Neste caso, a formação de subprodutos é minimizada e a qualidade do ar ambiente é, portanto, superior (CASTAGNARI, 2005)

Entretanto, no Brasil, não há estudos sobre a ocorrência de desordens respiratórias em freqüentadores e, principalmente, nos profissionais que estão expostos

diariamente aos subprodutos da cloração da água. Mesmo após o início da utilização do sal na água, há aproximadamente seis anos, nenhum estudo de caráter científico foi realizado para comprovar a vantagem do tratamento com água salinizada em relação às complicações respiratórias comuns em freqüentadores de piscinas cobertas. Pesquisas sobre a análise da qualidade do ar, que estejam relacionados com sintomas respiratórios em freqüentadores de ambos os ambientes são, portanto, necessários.

Justifica-se assim, o estudo da análise da qualidade do ar em diferentes ambientes de piscinas cobertas, relacionando-a com a condição respiratória dos profissionais.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os processos mais comuns de tratamento da água de piscinas em ambientes fechados e sua influência no ar e na saúde dos profissionais que trabalham nestes ambientes.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliação da presença e da concentração de cloraminas no ar do ambiente de piscinas cobertas que utilizam o método convencional de cloração e pelo método de salinização;
- Aplicação de questionários entre os profissionais expostos aos dois tipos de ambiente de piscinas para a compilação das queixas respiratórias;

- Aplicação de testes de espirometria para avaliar a capacidade respiratória dos profissionais expostos aos dois tipos de ambiente de piscinas;
- Avaliar a influência da circulação de ar na concentração das tricloraminas presentes em ambos os ambientes;

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A atividade aquática é muito antiga, praticada há mais de mil anos por gregos e romanos. A civilização grega foi a primeira a reconhecer e apreciar a relação entre o estado da mente e o bem-estar físico, desenvolvendo centros de banhos perto de fontes naturais e rios com a finalidade principal de recreação. Há relatos mencionando esta prática em piscinas públicas nas quais as pessoas se reuniam para sessões de hidroterapia (RUOTI et al., 2000). A hidroterapia é então, considerada anterior à hidrogenástica.

Na antiguidade, saber nadar era para o homem uma necessidade de sobrevivência. Os povos antigos (Assírios, Egípcios, Fenícios, Ameríndios, etc.) eram exímios nadadores. Muitos dos estilos do nado desenvolvidos a partir das primeiras competições esportivas realizadas no século XIX basearam-se no estilo de natação dos indígenas da América e da Austrália.

Entre os gregos, o culto da beleza física fez da natação um dos exercícios mais importantes para o desenvolvimento harmonioso do corpo, e aos melhores nadadores eram erigidas estátuas. O esporte também era incluído no treino dos guerreiros e em Roma, a natação também constituía um método utilizado para a preparação física do povo, incluído entre as matérias do sistema educacional romano. Platão afirmava que o homem que não sabia nadar não era educado. Com a queda do império Romano, ela praticamente desapareceu até a Idade Média. Nesta época até temiam que a modalidade disseminasse epidemias e que a utilização de forças físicas como a água, constituía um ritual pagão. No Renascimento, algumas dessas falsas noções começaram a cair em descrédito. Surgiram então várias piscinas públicas, sendo a primeira construída em Paris, durante o Reinado de Luís XIV (RUOTI et al., 2000).

A natação começou a ser difundida como desporto somente após a primeira metade do século XIX, quando , realizaram-se as primeiras provas em Londres, em 1837 (RUOTI et al., 2000).

Autores afirmam que a hidroterapia era, freqüentemente, utilizada na recuperação de atletas com problemas musculares, idosos e acidentados, antes do

surgimento das sessões com formato de uma aula de hidroginástica. Um de seus precursores foi Dr. Kenneth Cooper, que a teria criado no início da década de 60 (RUOTI et al., 2000)

A hidroginástica teve a sua ascensão no Brasil e no mundo no início da década de 80 devido ao elevado número de lesões provocado pela prática da ginástica aeróbica. Vários especialistas começaram a estudar os exercícios aquáticos a fim de minimizar o impacto encontrado nas atividades feitas em sala de aula.

Atividades aquáticas como natação e hidroginástica são consideradas as mais saudáveis práticas esportivas tanto para indivíduos jovens como até idosos. A natação é divulgada como o esporte mais apropriado para crianças com asma, principalmente porque o ar úmido inalado é menos estimulante ao sistema que ativa a asma induzida por esforço. (SAFOS E VIEGAS, 2000; BAR-OR E INBAR, 1992).

Entretanto, a água de piscinas públicas ou privadas deve ser desinfetada para a eliminação de microorganismos (SUNDELL, 2006). A desinfecção é usualmente feita com cloro, que pode estar na forma gasosa, líquida ou sólida. Os processos tradicionais de desinfecção ocorrem pela adição direta de alguma das formas químicas do cloro, denominado cloração e utilizado nas chamadas “piscinas cloradas”. Outro método mais recente, utilizado nas chamadas “piscinas salinas”, faz uso da eletrólise de um sal de partida, usualmente cloreto de sódio (NaCl), para gerar o agente desinfetante hipoclorito.

## 2.1 PISCINAS TRATADAS POR CLORAÇÃO CONVENCIONAL

O cloro é muito utilizado como desinfetante tanto em água potável como em água de piscinas por possuir três características essenciais: ser um rápido e persistente sanitizante, um algicida efetivo e um forte oxidante de contaminantes indesejados (entende-se oxidante como uma substância que elimina materiais orgânicos).

A cloração das piscinas tratadas com derivados de cloro tem por objetivo manter um nível dessa substância na água suficiente para desinfetar os agentes contaminantes

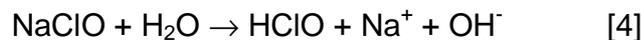
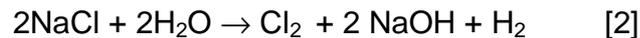
no ambiente aquático. A norma da ABNT NBR 10818 Novembro/1989 determina que a concentração de cloro livre deva estar entre 0,8 e 3,0 mg/L e pH entre 7,2 e 7,8. O termo “Cloro” é utilizado genericamente para denominar vários produtos desinfetantes que têm o mesmo mecanismo de ação, sendo os mais usados: cloro gasoso ( $\text{Cl}_2$ ), hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$  - o chamado “cloro líquido” - solução similar à água sanitária, 4 a 5 vezes mais concentrada), hipoclorito de cálcio ( $\text{CaClO}$  - “cloro granulado”), os chamados de “cloro orgânico” isocianuratos clorados ( $\text{NaN}_3\text{Cl}_2\text{O}_3$ ) e o ácido tricloroisocianúrico ( $\text{N}_3\text{Cl}_3\text{O}_3$  - pastilhas e granulado). Todos esses compostos, quando em contato com a água, se dissociam formando o ácido hipocloroso ( $\text{HClO}$ ) que é o agente sanitizante ativo (reação 1). As moléculas do ácido hipocloroso passam facilmente pela membrana celular dos germes e micróbios e iniciam a oxidação dos componentes celulares, destruindo estes microrganismos (CASTAGNARI, 2005).



O ácido hipocloroso ( $\text{HClO}$ ), formado após o cloro ser introduzido na água, não reage apenas com os microrganismos, mas também com outras substâncias presentes na água tais como os nitrogenados (na forma de uréia), introduzidos pelos usuários por meio da urina e da transpiração. Como resultado, há a formação de alguns subprodutos, entre eles: aldeídos, hidrocarbonetos halogenados e cloraminas (monocloraminas, dicloraminas e tricloraminas). As tricloraminas evaporam-se facilmente produzindo o forte odor de cloro característico dos ambientes fechados de piscinas e é um forte irritante respiratório. As pessoas mais expostas às tricloraminas são os profissionais que trabalham nas piscinas como instrutores, professores e também os freqüentadores: crianças, público em geral, e principalmente atletas de natação - freqüentadores mais assíduos se comparados aos ocasionais (NEMERY et al., 2002; LÉVESQUE et al., 2006; THICKETT et al., 2002; HERY, 1998, 1996, BARBEE, 1983).

## 2.2 PISCINAS TRATADAS PELO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO

O processo de salinização é o tratamento da água por meio da eletrólise de sal (geralmente NaCl), obtida por um equipamento gerador de hipoclorito denominado de tanque de eletrólise. A quantidade de sal indicada varia de 4 a 6 kg para cada 1000 litros de água. O NaCl é misturado com água gerando uma salmoura, que no tanque sofre o processo de eletrólise (passagem de corrente elétrica) resultando em cloro (Cl<sub>2</sub>) e hidróxido de sódio (NaOH) (reação 2). Ainda dentro do tanque de eletrólise estes dois compostos reagem gerando o hipoclorito de sódio (NaClO) (reação 3) e este por sua vez reage com a água formando o ácido hipocloroso (HClO) (reação 4) (CASTAGNARI, 2005). As reações ocorridas no processo de salinização estão descritas a seguir:



A diferença para o processo de cloração convencional é a menor quantidade de resíduo do íon cloro livre (Cl<sup>-</sup>) na água, facilitando o atendimento da norma ABNT/NBR 10818.

## 2.3 CLORAMINAS NOS AMBIENTES DE PISCINAS COBERTAS

A qualidade do ar em ambientes de piscinas cobertas, bem como seus efeitos ao trato respiratório humano, vem sendo estudada por diversos autores para a identificação de possíveis desordens respiratórias em praticantes de atividades aquáticas (LÉVESQUE, 2006; THICKETT, 2002; MASSIN et al, 1998; HERY et al, 1995).

Embora o tema tenha recebido considerável atenção pelo público interessado, principalmente em relação à presença de subprodutos das substâncias cloradas utilizadas na desinfecção da água os possíveis danos à saúde, os riscos oriundos dos ambientes de piscinas cloradas ainda não foram totalmente discutidos (NEMERY et al., 2002). No Brasil, particularmente, não há estudos sobre a ocorrência dessas desordens em frequentadores e, principalmente, nos profissionais que estão expostos diariamente aos subprodutos da cloração da água.

Os compostos químicos encontrados na água de piscina podem ser derivados de uma variedade de fontes: da origem da água utilizada, da adição deliberada de agentes desinfetantes e dos próprios usuários, como apresentado na Figura 1

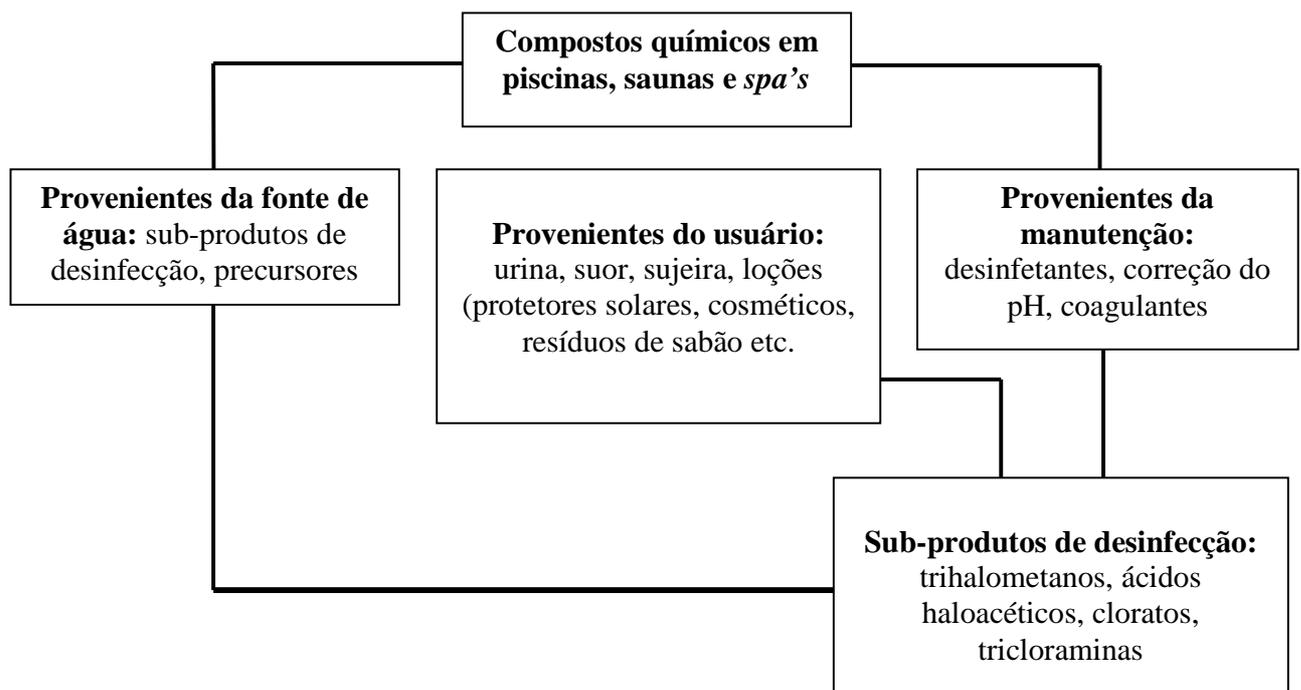
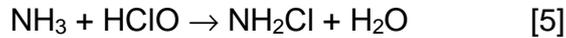


Figura 1 – Possíveis contaminantes da água de piscinas e ambientes similares.

Adaptada de WHO, 2006.

Compostos de nitrogênio, particularmente amônia ( $\text{NH}_3$ ), que são excretados pelos usuários (por diversos processos) reagem com o agente desinfetante, produzindo vários subprodutos. A formação das cloraminas (monocloramina –  $\text{NH}_2\text{Cl}$ , dicloramina –  $\text{NHCl}_2$ , e tricloramina –  $\text{NCl}_3$ ), principais irritantes respiratórios formados pela reação do

ácido hipocloroso (HClO) com os compostos orgânicos presentes na água, está descrita pelas reações 5 a 7 (LEVÉSQUE et al, 2006).



O conteúdo de compostos nitrogenados no suor é de cerca de 1 g.L<sup>-1</sup>, principalmente na forma de uréia, amônia, amino ácidos e creatinina. Quantidades significativas de compostos de nitrogênio também podem ser introduzidas na água da piscina via urina já que o volume liberado é em média de 25 a 30 mL, podendo chegar a 77,5 mL por usuário (WHO, 2006).

Existem três rotas principais de exposição a compostos químicos em piscinas e ambientes similares: a ingestão direta da água, o contato dérmico e absorção através da pele, e a inalação dos solutos voláteis (WHO, 2006). Esta última é a que abordaremos no escopo deste trabalho.

Os nadadores e usuários de piscinas inalam o ar logo acima da superfície da água, e o volume inalado é função da intensidade do esforço e do tempo. A exposição por inalação está vastamente associada com as substâncias voláteis desprendidas da superfície da água, bem como com os aerossóis (principalmente aonde a agitação da água é mais significativa) (WHO, 2006). Assume-se que um adulto inale aproximadamente 10 m<sup>3</sup> de ar durante um turno de trabalho de 8h, dependendo do esforço físico envolvido (WHO, 1999).

Beleza et al (2003), relatam que usualmente atribui-se ao cloro o cheiro típico das piscinas. Tal odor é, no entanto, resultado da presença das cloraminas no ar ambiente (NICKMILDER E BERNARD, 2006; HERY et al, 1998).

Por serem substâncias extremamente voláteis, as cloraminas formadas na água evaporam-se facilmente, passando para o ar ambiente. A tricloramina (NCl<sub>3</sub>) é a mais volátil das cloraminas e por isso a mais prejudicial à saúde, porque se difunde facilmente pelo ar atingindo o sistema respiratório humano e provocando reações

alérgicas no trato respiratório superior e inferior. Concentrações elevadas desse subproduto na atmosfera são favorecidas por fatores tais como:

- Baixo pH da água: a valores de pH abaixo de 6,5, a formação de ácido hipocloroso (HClO) é favorecida, conforme a reação [8].



Na faixa de pH de 6,5 a 8,5 a dissociação do ácido hipocloroso é quase completa. Quando o valor de pH está por volta de 8,0, cerca de 20% do cloro livre se encontra na forma de ácido hipocloroso (agente desinfetante mais forte e mais rápido que o íon hipoclorito), enquanto a um valor de pH de 8,5 apenas 12% do cloro está na forma de ácido hipocloroso. Denominam-se cloro livre as formas ácido hipocloroso (HClO) e íon hipoclorito (OCl<sup>-</sup>). Por esta razão, o valor de pH deve ser mantido relativamente baixo, e dentro de limites definidos, de 7,2 a 7,8 (OMS, 2006). A formação da espécie NCl<sub>3</sub> é favorecida em valores de pH próximos a 7,0, enquanto em condições mais básicas (pH > 8,0) a espécie NCl<sub>2</sub> é favorecida.

- Valores elevados da relação Cl<sub>2</sub>:N na água, ou seja, elevada concentração da espécie clorada HClO em relação ao nitrogênio favorece a formação da molécula de tricloramina;
- Taxas elevadas de ocupação da piscina (maior turbulência na água e maior quantidade de uréia introduzida na água). A urina e o suor contribuem com a amônia para a combinação com o ácido hipocloroso e formação de NCl<sub>3</sub> e a turbulência na água promove a mistura dos componentes e o desprendimento da molécula volátil para a atmosfera;
- Temperaturas mais elevadas favorecem a evaporação da NCl<sub>3</sub>;
- Altas velocidades do ar junto à superfície da água, contribuem para a dispersão da NCl<sub>3</sub>;
- Menor renovação da água e do ar, pois a menor renovação do ar contribui para a permanência da NCl<sub>3</sub> na atmosfera do ambiente fechado das piscinas.

## 2.4 ANATOMIA DO SISTEMA RESPIRATÓRIO:

A respiração é uma das características básicas dos seres vivos (DÂNGELO, 2004). Consiste na absorção, pelo organismo, de oxigênio presente no meio, e na eliminação de dióxido de carbono, proveniente do metabolismo celular. No ser humano, o sistema responsável por tais funções é o sistema respiratório, sendo complementado pelo sistema circulatório. O sistema respiratório também torna possível a fonação (Figura 2).

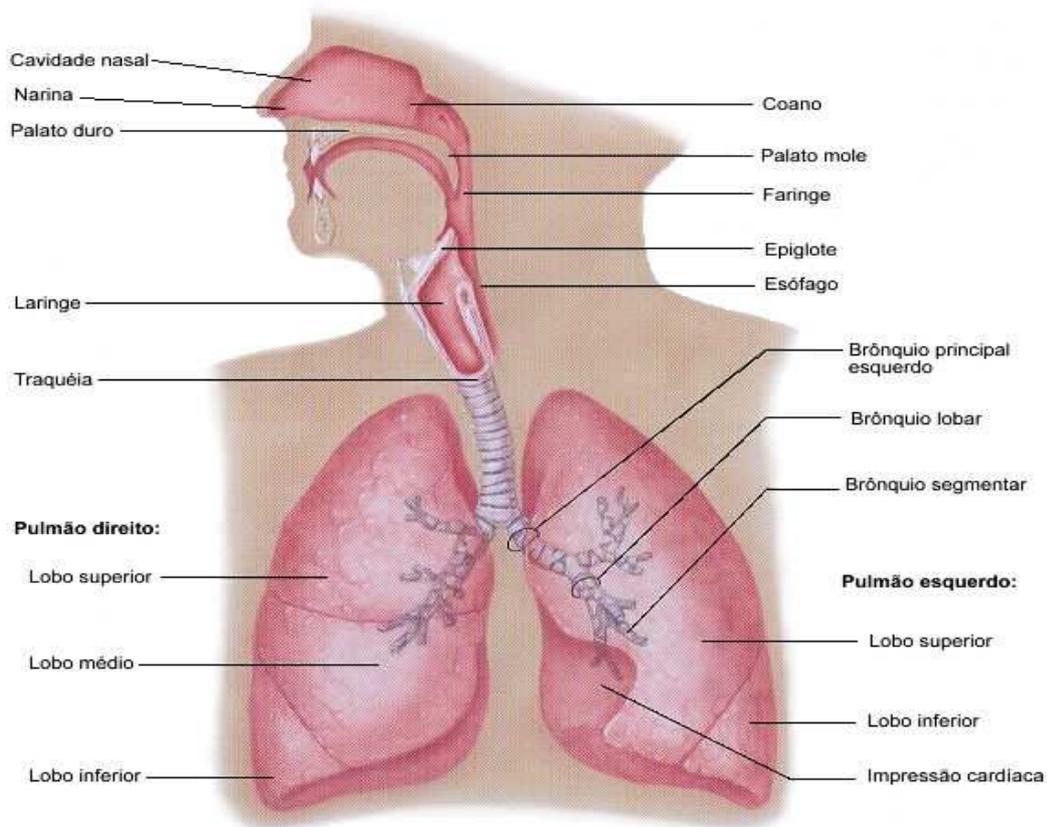


Figura 2: Estruturas que compõem o sistema respiratório.

Fonte: Van De Graaff, 2003.

A respiração propriamente dita ocorre nos pulmões, porém existem diversas outras estruturas que conduzem o ar até eles. Anatomicamente, o sistema respiratório pode ser classificado em: vias aéreas superiores, que incluem o nariz, a faringe e a laringe; e vias aéreas inferiores, que incluem a traquéia, os brônquios, os bronquíolos e os alvéolos (TORTORA, 2000). Funcionalmente, o sistema respiratório é classificado em: zona condutora, que inclui o nariz, a faringe, a laringe, a traquéia, os brônquios e os bronquíolos; e zona respiratória, que inclui os bronquíolos respiratórios, os ductos alveolares, os sacos alveolares e os alvéolos (COSTANZO, 2004; TORTORA, 2000).

#### 2.4.1 Nariz

O ar entra no sistema respiratório através do nariz, que tem uma porção externa, visível no plano mediano da face, e uma porção interna, dentro do crânio. Externamente, o nariz se apresenta como uma pirâmide, cuja extremidade superior é denominada raiz, e a inferior, base. Nesta, encontram-se duas aberturas em fenda, as narinas, por onde o ar entra no sistema respiratório (DÂNGELO, 2004).

#### 2.4.2 Faringe

Situa-se imediatamente atrás das cavidades nasal e oral e logo em frente à coluna cervical (TORTORA, 2000). Suas paredes são compostas por músculo estriado esquelético, portanto, de controle voluntário, revestidas por uma túnica mucosa. A faringe pertence tanto ao sistema respiratório quanto ao sistema digestório e, portanto, serve de passagem tanto para o ar quanto para os alimentos (deglutição). É dividida em

três porções: parte nasal (nasofaringe), parte oral (orofaringe) e parte laríngea (laringofaringe).

### 2.4.3 Laringe

Situa-se na região anterior e mediana do pescoço, diante da quarta, quinta e sexta vértebras cervicais. É composta por nove peças de cartilagem, sendo três ímpares e três pares. Durante a deglutição, a laringe é puxada para cima, permitindo que a epiglote (cartilagem situada posteriormente à raiz da língua, onde se fixa (DÂNGELO, 2004; TORTORA, 2000)) cubra sua passagem (SPENCER, 1991). Tal processo é extremamente importante para impedir que substâncias sólidas e fluidas invadam os pulmões.

Internamente, a laringe é revestida por uma túnica mucosa, que forma dois pares de pregas: um par superior denominado pregas vestibulares (falsas cordas vocais), e um par inferior denominado pregas vocais (cordas vocais verdadeiras) (TORTORA, 2000). A abertura entre as pregas vocais, por meio da qual passa o ar é denominada glote. As pregas vestibulares atuam para manter a respiração sob pressão na caixa torácica, como pode ocorrer quando uma pessoa faz força para erguer um objeto pesado (TORTORA, 2000). Elas não produzem som.

#### 2.4.4 Traquéia

Segundo COSTANZO (2004) a traquéia é a principal via de condução do ar. Trata-se de um longo tubo que se estende da laringe até o nível da sexta vértebra torácica, onde se divide nos brônquios direito e esquerdo, que serão abordados posteriormente. A traquéia está localizada anteriormente ao esôfago. Ela é constituída por uma série de anéis cartilagosos incompletos, em forma de “C”, sobrepostos e ligados entre si pelos ligamentos anulares (DÂNGELO, 2004). Esses anéis cartilagosos têm por finalidade impedir o colapamento da traquéia no final da expiração.

Internamente, a traquéia é revestida por uma túnica mucosa, contendo células ciliadas e secretoras de muco. O muco secretado por essas células retém partículas que são inaladas juntamente o ar, enquanto que os cílios deslocam esse muco para cima, em direção à faringe, onde é deglutido (COSTANZO, 2004; DÂNGELO, 2004).

#### 2.4.5 Brônquios

Possuem uma estrutura muito semelhante à da traquéia e são denominados, também, de brônquios de primeira ordem (DÂNGELO, 2004). Estes, divididos em brônquio principal direito e esquerdo sendo que o último é mais vertical, mais curto e mais largo que o segundo. Logo, os corpos estranhos que, acidentalmente, invadem o sistema respiratório, têm maior probabilidade de se alojarem no brônquio principal direito (TORTORA, 2000).

Ao penetrarem nos pulmões, os brônquios principais se ramificam, formando estruturas menores, os brônquios lobares (ou de segunda ordem).

Cada brônquio lobar se dirige a um lobo pulmonar. Esses brônquios, por sua vez, se ramificam, formando os brônquios segmentares (ou de terceira ordem), que se dirigem cada um, a um segmento pulmonar.

Os brônquios segmentares se ramificam em numerosas estruturas muito pequenas, os bronquíolos. Estes dividem – se muitas vezes, formando os bronquíolos terminais, cada um dos quais dando origem aos bronquíolos respiratórios, que, por sua vez, formam os dúctulos alveolares, estruturas completamente revestidas de alvéolos e que desembocam nos sacos alveolares, que também possuem alvéolos (COSTANZO, 2004).

Essa intensa ramificação da traquéia é também conhecida como árvore brônquica (DÂNGELO, 2004; TORTORA, 2000; SPENCER, 1991) representada na Figura 3.

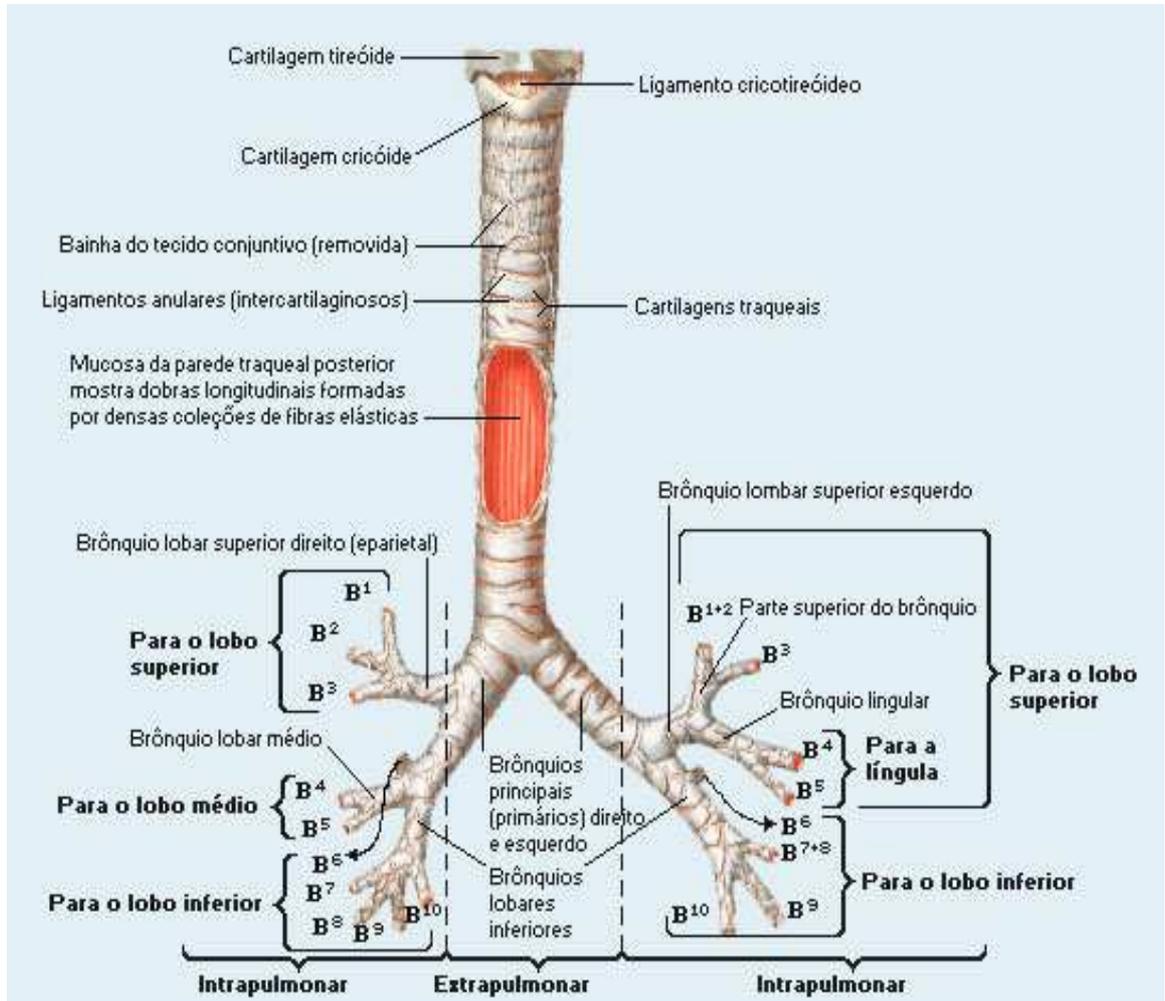


Figura 3: Estruturas que compõem a árvore brônquica

Fonte: NETTER, Frank H, 2000

No entanto, os bronquíolos apresentam músculo liso, e não cartilagem como as estruturas anteriores, responsável por manter a luz de cada estrutura aberta. Então, isso os predispõem ao colapso, ou seja, ao fechamento não fisiológico e funcional da luz da via aérea, o que acontece na asma e nas doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOC) (SPENCER, 1991; TORTORA, 2000).

#### 2.4.6 Pulmões

De acordo com DÂNGELO (2004), o pulmão é o órgão respiratório por excelência. Os pulmões são órgãos pares, em forma de cones, situados na caixa torácica e separados um do outro por uma região mediana, o mediastino, onde se encontram o coração, os grandes vasos, o esôfago, parte da traquéia e os brônquios principais (DÂNGELO, 2001; SPENCER, 1991). Eles estendem-se do músculo diafragma até um pouco acima das clavículas. A porção inferior de um pulmão é mais alargada e côncava e chamada de base, enquanto que sua porção superior é mais estreita e conhecida como ápice (DÂNGELO, 2004; TORTORA, 2000). O pulmão esquerdo possui uma concavidade, a impressão cardíaca, em que o coração está situado. O pulmão direito é mais espesso e mais largo que o esquerdo, devido ao posicionamento do coração, e também mais curto, pois o diafragma é mais alto no lado direito para acomodar o fígado situado abaixo dele (TORTORA, 2000).

Cada pulmão é dividido em lobos por fendas profundas denominadas fissuras. O pulmão direito é dividido em três lobos: superior, médio e inferior, separados pelas fissuras horizontais e oblíquas; já o pulmão esquerdo possui apenas dois lobos: superior e inferior, separados pela fissura oblíqua (DÂNGELO, 2004; TORTORA, 2000).

Além dos cinco lobos, cada pulmão é subdividido em unidades menores por tecido conjuntivo, os segmentos broncopulmonares. Cada segmento representa uma porção de pulmão que é suprida por um brônquio segmentar específico (SPENCER, 1991).

#### 2.4.7 Pleura

Cada pulmão é envolvido por uma membrana serosa de dupla camada chamada pleura. A camada externa, que é aderida à caixa torácica e ao diafragma, é conhecida como pleura parietal, enquanto que a camada interna, que envolve o pulmão, é a pleura visceral (ou pulmonar). Entre elas há uma delgada cavidade pleural, preenchida pelo líquido pleural. Tal líquido é secretado pela pleura e age como um lubrificante, reduzindo o atrito entre as duas camadas durante os movimentos respiratórios (DÂNGELO, 2004; SPENCER, 1991).

#### 2.4.8 Suprimento sanguíneo dos pulmões

Segundo SPENCER (1991), há uma importante diferença entre o suprimento sanguíneo dos alvéolos e dos brônquios. Os alvéolos são supridos por ramos da artéria pulmonar, que contém sangue venoso (pobre em oxigênio), enquanto que os brônquios são supridos por ramos da artéria brônquica, que contém sangue arterial (rico em oxigênio). Dessa forma, as artérias pulmonares carregam sangue que deverá ser oxigenado nos alvéolos, ao passo que as artérias brônquicas são responsáveis pela nutrição dos tecidos pulmonares (SPENCER, 1991; TORTORA, 2000).

## 2.5 FISILOGIA DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

O processo da respiração, que envolve principalmente um volume de ar inspirado e/ou expirado, chamado de volume corrente, e equivale a mais ou menos 500 ml em um indivíduo adulto normal, podem ser divididos em quatro categorias principais: (1) ventilação pulmonar, que significa a entrada e saída de ar entre a atmosfera e os alvéolos, (2) difusão de oxigênio e dióxido de carbono entre os alvéolos e o sangue, (3) transporte de oxigênio e dióxido de carbono no sangue e nos líquidos orgânicos para dentro e para fora das células e (4) regulação da ventilação e outras características da respiração. O fator verdadeiramente importante de todo o processo ventilatório pulmonar é a velocidade com que o ar alveolar é renovado a cada minuto pelo ar atmosférico; isto se denomina ventilação alveolar. (DOUGLAS, 2002; GUYTON, 2000)

O transporte do oxigênio e do gás carbônico entre o ar inalado e o sangue depende da integridade das diversas estruturas anatômicas envolvidas e do adequado desempenho, cumprindo três funções básicas: ventilação, difusão e perfusão. O essencial é que haja uma boa relação ventilação/perfusão ( $V/Q$ ), ou seja, o ar que entra nos pulmões e o aproveitamento deste ar.

A perfusão pode ser influenciada pela posição do indivíduo, ação da gravidade e integridade do tecido pulmonar. Particularmente, as doenças obstrutivas (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica - DPOC e asma) alteram o modelo normal de distribuição  $V/Q$ , sendo este seu principal mecanismo fisiopatológico (SILVA et al., 2000).

A mecânica da respiração é entendida como conseqüência dos movimentos da caixa torácica, que dependem da inter-relação entre as forças elásticas do conjunto pulmão-caixa torácica e as forças musculares aplicadas. No repouso expiratório, existe um equilíbrio entre a retração elástica pulmonar e a tendência de expansão da caixa torácica. No volume corrente (quantidade de ar que entra e sai dos pulmões durante um ciclo respiratório), a inspiração ocorre por ação da musculatura inspiratória e a expiração, como um movimento passivo, pela retração elástica pulmonar. Na inspiração máxima, a ação dos músculos inspiratórios é antagonizada pelas forças elásticas dos

pulmões e da parede torácica, enquanto na expiração máxima a ação muscular expiratória é antagonizada pelas forças elásticas da parede torácica (SILVA et al.2000).

Ao final de uma inspiração máxima, a quantidade de ar contida nos pulmões denomina-se capacidade pulmonar total (CPT), que está dividida em capacidade vital (CV) e volume residual (VR). A capacidade vital é a quantidade máxima de ar que pode ser expirada a partir da capacidade pulmonar total (inspiração máxima), e abrange o volume de reserva inspiratória (VRI), o volume corrente (VC) e o volume de reserva expiratória (VRE). A figura 4 traz o demonstrativo das estruturas que compõem as capacidades dos volumes respiratórios.

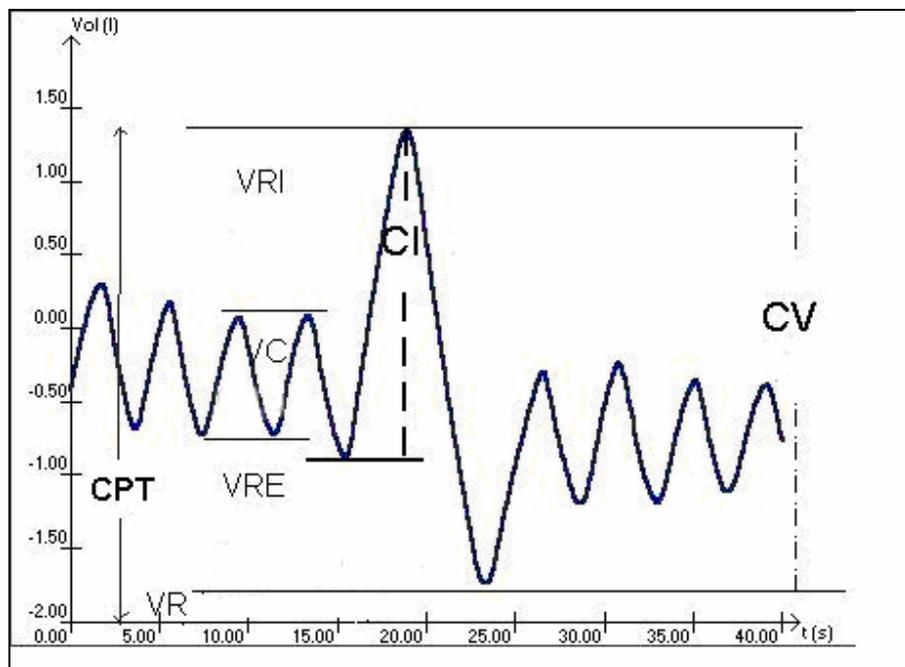


Figura 4: Gráfico das capacidades dos volumes respiratórios

Fonte: [www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/spiro.htm](http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/spiro.htm)

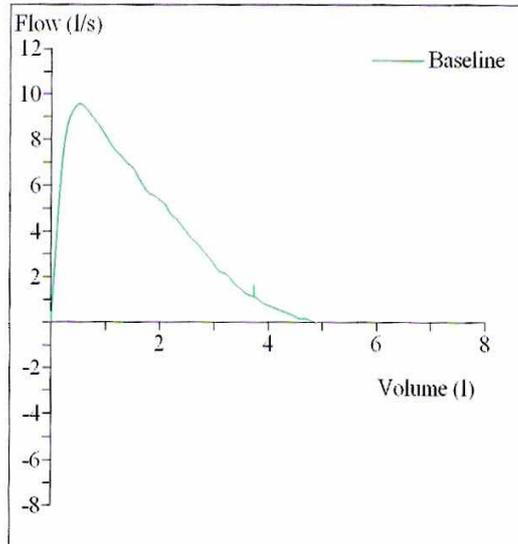
O volume de reserva inspiratória (VRI) é a quantidade extra que os pulmões podem abrigar na inspiração, além da inspiração normal; o volume corrente (VC) é a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões em uma respiração normal; e o volume de reserva expiratória (VRE) é a quantidade extra de ar que os pulmões podem expirar,

após a expiração normal. O outro componente da capacidade pulmonar total (além da capacidade vital) é o volume residual (VR), que compreende uma quantidade extra de ar contida nos pulmões, que não pode ser expirada e que impede seu colapamento. A união do VR e do VRE compreende a capacidade residual funcional (CRF), que é a quantidade de ar contida nos pulmões após uma expiração normal, sendo considerada uma posição mecanicamente neutra do aparelho respiratório e o volume torácico durante o completo relaxamento muscular (SILVA et al, 2000).

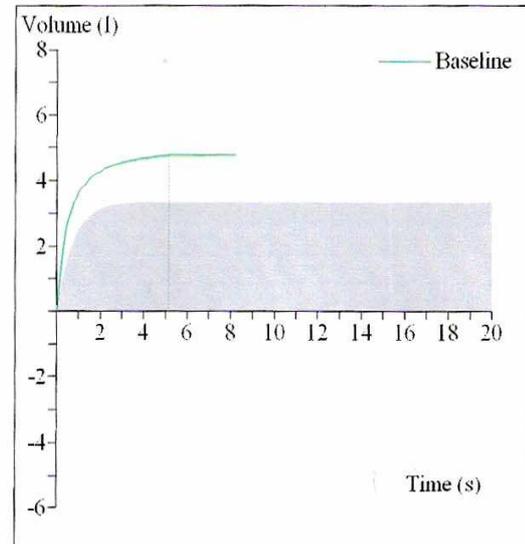
#### 2.5.1. Medida da capacidade respiratória

A espirometria mede volumes e fluxos aéreos, principalmente a capacidade vital lenta (CV), capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), e suas relações (VEF1/CV e VEF1/CVF), além do Pico de fluxo expiratório (PFE) (PEREIRA 2001). A CVF é o volume de ar inspirado e expirado em uma inspiração e expiração máximas; o VEF1 é o volume de ar expirado no primeiro segundo de uma expiração forçada; e o PEF é o maior pico de fluxo obtido no início da expiração. Graficamente, esses valores podem ser representados pela curva expiratória em um gráfico de fluxo por volume, como o representado na Figura 5.

Curva fluxo volume (A)



Curva volume tempo (B)



**Figura 5** - Gráficos representativos de um teste de espirometria padrão sem comprometimento da capacidade respiratória

LADOVSKY et al (2001) citam que os valores podem ser influenciados por vários fatores, como o sexo do paciente, sua origem étnica, sua idade e altura.

No gráfico A da Figura 5, o primeiro litro de ar foi expirado a um fluxo (velocidade) de aproximadamente 9,5 litros por segundo, e a quantidade de ar expirado no decorrer do exame teve sua velocidade diminuída gradativamente. A curva B apresenta um volume expiratório no primeiro segundo de um indivíduo sem obstrução das vias aéreas, o platô no segundo 4 de quase 5 L indica a máxima capacidade expiratória deste indivíduo. Na figura 6 está representada uma curva representativa de um teste de espirometria padrão com comprometimento da capacidade respiratória.

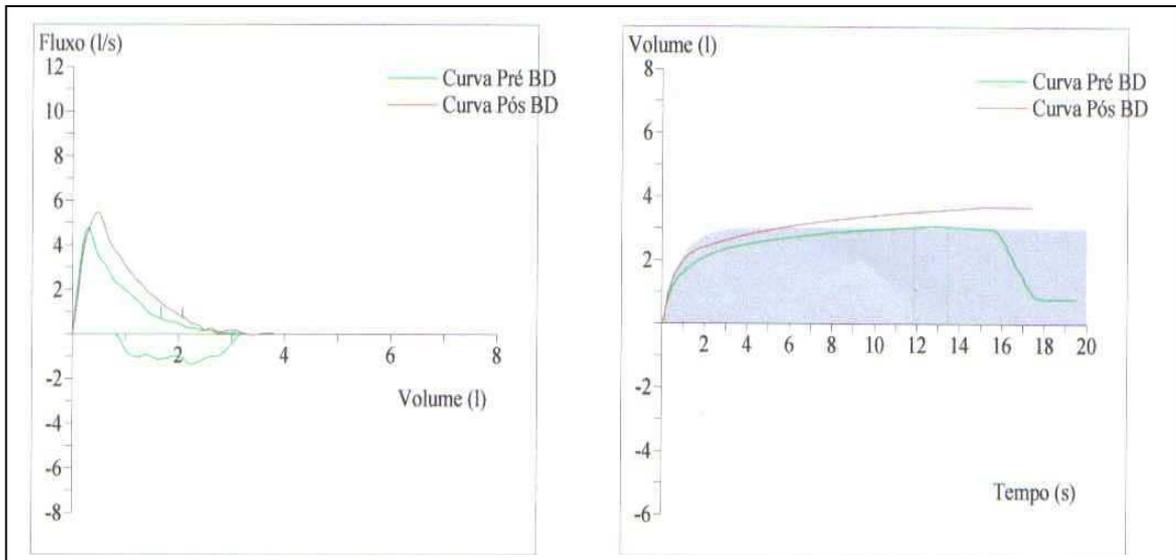


Figura 6 - Gráficos representativos de um teste de espirometria padrão com comprometimento da capacidade respiratória

A postura que o indivíduo adota para realizar um exame espirométrico pode alterar os resultados. COSTA et al. (2006) descrevem que, embora a maior parte dos laboratórios de função pulmonar recomende a posição sentada durante as manobras espirométricas, alguns estudos mostram que os maiores valores são obtidos na posição ortostática, principalmente na população idosa. Porém, ainda existem muitas divergências na literatura quanto à melhor postura para a realização do teste.

O teste de capacidade pulmonar é repetido até serem obtidas três curvas aceitáveis e reprodutíveis, considerando-se satisfatório quando a forma da curva for adequada (pico expiratório inicial o mais elevado possível seguido de queda homogênea de fluxos) e semelhante nas manobras sucessivas. A obtenção de curvas adequadas segue os seguintes critérios:

- Curvas aceitáveis: quando a diferença do pico de fluxo entre o menor e o maior valor sejam iguais ou menores que 0,5 litros (500ml) ou 10% do valor predito do pico de fluxo. Após atingir critérios de aceitabilidade, deve preencher os critérios de reprodutibilidade;
- Curvas reprodutíveis: curvas com diferenças inferiores a 0,2 L (200ml) entre os maiores valores de VEF1 e também de CVF;

- Ausência de tosse no primeiro segundo, vazamento, obstrução da peça bucal e ruído glótico;
- Inspiração máxima antes da manobra expiratória;
- Expiração abrupta sem hesitação;
- Duração do período expiratório superior a 6 s;
- Término em platô no último segundo ou por desconforto acentuado do paciente;

Testes espirométricos para indivíduos aparentemente saudáveis em grupos de alto risco devem ser considerados parte de um exame regular. Indivíduos de alto risco incluem fumantes ou ex-fumantes recentes com mais de 45 anos e aqueles sujeitos a riscos inalatórios no trabalho (PEREIRA, 2001).

Os dados obtidos nos testes de função pulmonar podem ser transferidos para um computador por meio de um software específico, possibilitando a escolha dos valores de referência desejados, entre várias tabelas de valores preditos. Os valores de referência são obtidos em indivíduos considerados saudáveis retirados da mesma população. Uma vez estabelecidos os valores basais, uma mudança pode indicar lesão pulmonar com maior precocidade do que a caracterização de valores fora da faixa de referência (que é muito ampla) (PEREIRA, 2001).

Uma criança ou adulto jovem expira mais que 80% da CVF no 1º segundo; indivíduos com idade até 45 anos expiram em geral mais de 75% da CVF no 1º segundo; indivíduos mais idosos expiram em geral mais de 70% da CVF no 1º segundo.

Os distúrbios apontados na espirometria com padrões anormais podem ser: distúrbio ventilatório restritivo, obstrutivo, inespecífico ou misto. A asma e as doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOC) são consideradas distúrbios obstrutivos, pois provocam uma obstrução expiratória ao fluxo aéreo, podendo o local da obstrução estar nas grandes ou pequenas vias aéreas, o que leva à redução do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) (COSTANZO, 2004). A relação entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo e a capacidade vital forçada (VEF1/ CVF) encontra – se inferior a 70% (LUNDGREN et al, 2007). A tabela 1 refere-se à apresentação da qualificação do distúrbio segundo a variação dos valores segundo a variação dos valores de volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1),

capacidade vital pulmonar (CVF) e a relação volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital pulmonar (VEF1/ CVF). Evidenciando-se a condição respiratória e a classificação (leve, moderado e grave) quanto ao possível distúrbio.

Tabela 1 - Apresentação da quantificação do Distúrbio segundo a variação dos valores de VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo ,capacidade vital pulmonar (CVF) e a relação volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital pulmonar (VEF1/CV).

Distúrbio	VEF1 (%)	CVF (%)	VEF1/ CVF (%)
Leve	60 – LI *	60 – LI *	60-LI *
Moderado	41-59	51-59	41-59
Grave	< 40	<50	<40

\* LI-Limite inferior

Fonte: Pereira, 2001.

Segundo Silva et al., 2000 a espirometria é recomendada para o esclarecimento diagnóstico em:

- Fumantes com idade superior a 40 anos;
- Exposição ambiental. Existe a Norma Regulamentadora Número 7 (NR7) do Ministério do Trabalho para a realização de exames periódicos em trabalhadores expostos a produtos aerodispersíveis em atividades industriais.
- Perícia médica pneumológica: avaliação de incapacidade pulmonar;
- Investigação pneumológica: sintomas e sinais como dispnéia, sibilância, tosse, cianose, policitemia; pneumopatias intersticiais difusas; avaliação da resposta ao broncodilatador; monitoração de tratamento como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), infiltrações pulmonares difusas, cirurgias de recuperação funcional, transplante, reabilitação pulmonar;
- Doenças Sistêmicas;
- Anormalidades extrapulmonares como cifoescoliose, pectus escarvatum, doenças neuromusculares, obesidade, insuficiência cardíaca;
- Avaliação em diferentes condições como repouso, exercício e sono;
- Avaliação do desempenho físico de atletas;
- Estudos epidemiológicos.

Pela legislação trabalhista brasileira (NR7, de 12/94), os trabalhadores de qualquer empresa, com qualquer número de funcionários, que tenham exposição a poeiras, devem fazer radiografia de tórax e espirometria na admissão, na mudança de função e em diversos intervalos determinados. Esta periodicidade irá depender da natureza dos aerodispersóides, se fibrogênicos ou não, e do tempo de exposição (no caso dos não fibrogênicos). O controle de qualidade nos laboratórios responsáveis pelos testes de função respiratória é essencial, para valorização adequada dos resultados e confiança nos estudos longitudinais, ou seja, na comparação ao longo do tempo (PEREIRA, 2001).

As medidas do PFE (Pico de fluxo expiratório) são importantes no monitoramento de indivíduos asmáticos a curto e em longo prazo (PEREIRA, 2001).

### 2.5.2 Composição do Ar e as Trocas Gasosas

O ar atmosférico é composto, aproximadamente, de 21% de  $O_2$  e 79% de  $N_2$ . Considerando-se que a pressão ao nível do mar é de 760 mmHg, a pressão parcial do  $O_2$  representa, portanto, 160 mmHg e a do  $N_2$  representa 600 mmHg. Após a passagem pelas vias aéreas superiores, o ar encontra-se saturado com vapor de água, que à temperatura de  $37^\circ C$  exerce uma pressão de 47 mmHg. A diferença entre a pressão atmosférica e a pressão do vapor de água ( $760 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg} = 713 \text{ mmHg}$ ) é que vai influenciar o processo de difusão para as trocas gasosas.

As trocas gasosas que acontecem entre o alvéolo e o sangue ocorrem através da membrana alvéolo-capilar, que inclui a membrana basal, epitelial, interstício, endotélio capilar, plasma sanguíneo e membrana eritrocitária, conforme representado na Figura 7. A troca gasosa de  $O_2$  e  $CO_2$  através da membrana alvéolo-capilar ocorre por difusão simples (lei de Fick), dependendo ainda de fatores como massa molar, temperatura do gás e coeficiente de solubilidade (DOUGLAS, 2002 e GUYTON, 2000).

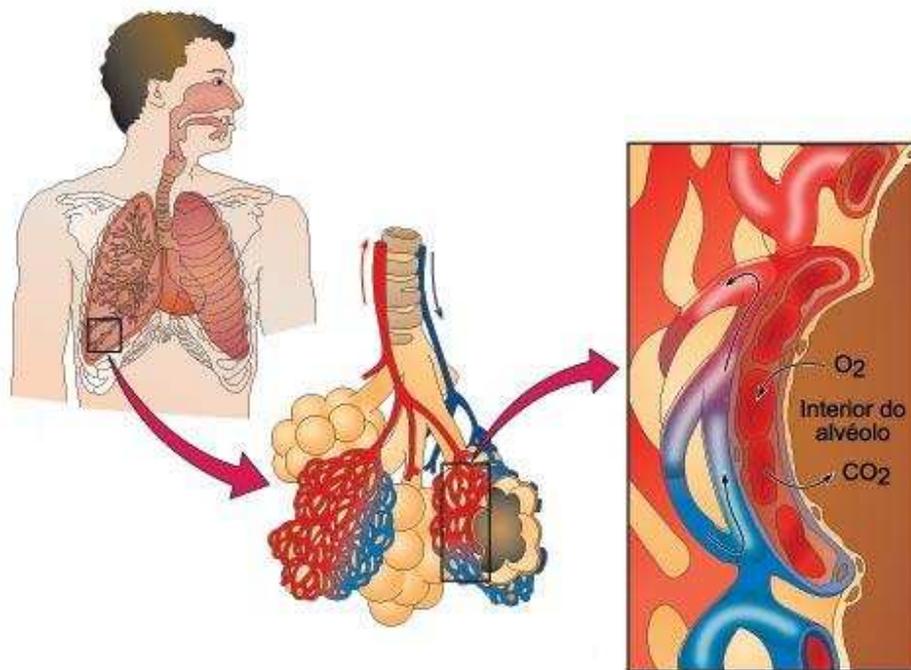


Figura 7 – Troca gasosa.

Fonte: [www.infopedia.pt/\\$hematose-pulmonar](http://www.infopedia.pt/$hematose-pulmonar)

A difusão do gás pela membrana alvéolo-capilar depende da diferença de pressão parcial do gás no alvéolo e no plasma. Na respiração normal, o sangue venoso dos capilares pulmonares apresenta uma  $PO_2$  de 40 mmHg e uma  $PCO_2$  de 46 mmHg. Ao entrar em contato com o alvéolo pulmonar cujo gás possui uma  $PO_2$  de 104 mmHg e uma  $PCO_2$  de 40 mmHg, sendo a barreira sangue-gás de apenas 3 mm de espessura, existirá um gradiente de pressão que permitirá uma rápida difusão de  $O_2$  do alvéolo para o eritrócito e deste para o alvéolo, no caso do  $CO_2$ . Assim, em aproximadamente 1/4 do tempo normal que permanece um eritrócito no capilar alveolar (0,75 seg) acontece à difusão desses gases. Quando a espessura da membrana alvéolo-capilar está aumentada por doença e o fluxo sanguíneo capilar pulmonar aumenta, o tempo de troca de gases alvéolos-sangue diminui e como a velocidade de difusão está diminuída, o sangue pode sair dos pulmões com uma  $PO_2$  mais baixa ou uma  $PCO_2$  mais alta, prejudicando a nutrição tecidual. A difusão gasosa e o fluxo sanguíneo capilar são fatores determinantes da pressão parcial desse gás no sangue. (DOUGLAS, 2002 ; GUYTON,2000).

Os gases se ligam à hemoglobina presente no sangue de acordo com a afinidade. O monóxido de carbono (CO), por exemplo, possui uma afinidade 200 vezes maior pela hemoglobina que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e, por isso, difunde-se mais rapidamente pela hemoglobina, sem que exista uma elevação da pressão parcial desse gás no sangue. A difusão dos gases que possuem afinidade pela hemoglobina depende, portanto, das propriedades de difusão da barreira alvéolo-capilar ao invés da velocidade do fluxo sanguíneo ao longo do capilar pulmonar. (DOUGLAS,2002).

## 2.6 PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS

Entre as principais funções das vias aéreas superiores, destacam-se: a de filtro, removendo agentes infecciosos, alérgicos e tóxicos do ar inalado; a de defesa, através da mucosa que identifica metaboliza e remove uma série de elementos xenobióticos; a de condução, aquecimento e umidificação de 10.000 a 20.000 litros de ar por dia; e a de contribuição importante para a audição, olfação, visão, gustação e fonação, conforme verificado na figura 2.

O trato respiratório é uma das principais portas de entrada de substâncias estranhas no organismo. As fossas nasais constituem o primeiro contato com os agentes inalados e executam os primeiros mecanismos de defesa, como filtração, condicionamento do ar e sensação de odores e de irritantes. Pela sua localização, as fossas ficam muito expostas a agentes nocivos, sejam eles gases, vapores ou aerodispersóides (poeiras, fumos, névoas, neblinas). Esses agentes podem ter ação desconfortante, irritante, alergênica ou corrosiva. (BAGATIN e COSTA, 2006).

Dependendo das características do aerossol inalado pode haver irritação primária por ação citotóxica direta ocasionando inflamação da mucosa. Entre os principais irritantes primários temos os compostos de amônia, cloro e ácidos fortes (sulfídrico, clorídrico, muriático). Ocorre então, o dano à integridade do tecido epitelial das vias aéreas, superiores ou inferiores, comprometendo suas funções (BAGATIN ;COSTA, 2006).

A laringe e a Carina (ponto de divisão da traquéia, dando origem aos brônquios), são particularmente sensíveis a gases irritantes, além dos bronquíolos terminais e os alvéolos que respondem a estímulos químicos corrosivos, como os gases dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) ou cloro (Cl<sub>2</sub>). Como defesa à agressão no tecido epitelial, ocorre uma resposta inflamatória com constrição dessas vias aéreas, aumentando a resistência ao fluxo aéreo e desencadeando uma reação alérgica (GUYTON, 2000).

Para CAMARGOS (2002), a literatura registra observações empíricas das inter-relações existentes entre as vias aéreas superiores e inferiores há aproximadamente 50 anos, mas o conceito de unicidade das vias aéreas se tornou, especialmente nos últimos dez anos, um objeto específico de pesquisas experimentais e de alguns poucos estudos clínico-terapêuticos. Em pediatria, por exemplo, a experiência clínica constatou que crises de asma são precedidas e/ou desencadeadas por rinites, sejam elas de etiologia viral, como ocorre nos lactentes, sejam secundárias a estímulo alérgico nas crianças maiores.

### 2.6.1 Rinite

A rinite alérgica representa, hoje, um problema de extensão mundial, com tendência a se agravar cada vez mais em virtude do progresso industrial, do surgimento crescente de novas substâncias alérgicas, e do aumento das concentrações urbanas e da poluição ambiental (BAGATIN ; COSTA, 2006).

A rinite é um processo inflamatório da mucosa nasal que, quando mediada pela imunoglobulina IgE, é chamada rinite alérgica. Esta afecção é promovida por um mecanismo de sensibilização e posteriormente é desencadeada por contatos subseqüentes, por meio de uma resposta imune. É caracterizado como rinite alérgica ocupacional se for produzida por alérgenos do ambiente de trabalho ou, mesmo sendo pré-existente, se seus sintomas forem desencadeados por agentes do ambiente do trabalho, ainda que não alérgicos (BAGATIN; COSTA, 2006 apud KANERVA, 1993).

A rinite alérgica tem por característica uma inflamação crônica das mucosas nasal e sinusal, por uma reação alérgica Tipo I, mediada pela IgE. A rinite alérgica requer sensibilização prévia e ocorre em pessoas naturalmente atópicas, estimadas em 10% a 20% da população. Ao contato com antígenos específicos (os alérgenos), que já tenham previamente sensibilizado o organismo, os mastócitos da mucosa degranulam-se e liberam substâncias (histamina, heparina, triptase, leucotrienos, prostaglandinas, citocinas e outras) que vão provocar hiper-secreção glandular (rinorréia), quimiotaxia (inflamação) e vasodilatação (congestão). Este tipo de reação é predominante quando os antígenos são de alta massa molar. É muito comum a rinite alérgica estar associada a outras afecções, como sinusites, conjuntivites, dermatoses e, principalmente à asma ocupacional. A asma ocupacional provocada por agentes de alta massa molar é quase sempre precedida de rinite alérgica (BAGATIN ; COSTA, 2006).

Outro tipo de resposta é a neurogênica, em que o estímulo provoca um reflexo que gera profusa rinorréia. Os agentes irritantes, por sua vez, provocam uma reação inflamatória não eosinofílica (irritação na mucosa), com distúrbios dos mecanismos de defesa (movimento mucociliar), lesões celulares diretas e aumento da resistência ao fluxo aéreo nasal, devido à congestão e à secreção. (BAGATIN ; COSTA, 2006)

## 2.6.2 Asma

Asma é uma doença inflamatória crônica caracterizada por hiper-responsividade (HR) das vias aéreas inferiores e por limitação variável ao fluxo aéreo, reversível espontaneamente ou com tratamento, manifestando-se clinicamente por episódios recorrentes de sibilância, dispnéia, aperto no peito e tosse, particularmente à noite e pela manhã ao despertar (III CONSENSO BRASILEIRO NO MANEJO DA ASMA, 2002).

Os mecanismos da hiperresponsividade brônquica que ocorrem na asma são múltiplos, sendo associados com inflamação aguda e crônica e com remodelamento das vias aéreas, especialmente com o aumento da massa de músculo liso das vias

aéreas. A maior tendência à contração pode dever-se também à perda dos fatores que se opõem ao encurtamento do músculo liso, por alterações intrínsecas ao músculo liso e por perda da retração elástica do parênquima pulmonar (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA, 2002).

A inflamação eosinofílica da parede das vias aéreas é uma evidência proeminente da asma e que contribui para o desenvolvimento de hiperresponsividade brônquica. A inflamação não é um mecanismo isolado, porque se eliminando a inflamação com corticoesteróides não se elimina necessariamente a hiperresponsividade. Contudo, flutuações na extensão da inflamação eosinofílica podem se correlacionar com as mudanças na hiperresponsividade brônquica vistas durante o curso da doença, como observado por exposição ou afastamento ao composto alérgeno (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA, 2002).

A asma ocupacional é caracterizada pelo quadro obstrutivo e hiperreatividade das vias aéreas, devido a condições próprias do ambiente de trabalho e não por estímulos de fora do local de trabalho. A asma preexistente pode portanto ser agravada por fatores irritantes do ambiente de trabalho. Após a exposição<sup>1</sup> a altas concentrações de gases, fumo ou substâncias químicas, a doença pode surgir sem período de latência, ou seja, não há período de inatividade entre o estímulo e a resposta por ele provocada. Gases irritantes como cloro ou amônia são os agentes mais comumente responsáveis pela indução de asma sem latência (SARTY, 1997).

### 2.6.3 Sintomas causados pela exposição às tricloraminas

As tricloraminas podem afetar potencialmente os pulmões por diferentes mecanismos; agindo como agente sensibilizante por exemplo. Estudos feitos por Thickett et al. (2002) revelaram alterações consideráveis nas funções pulmonares (15-

---

<sup>1</sup> Inflamação eosinofílica: A crise de asma acarreta em um processo inflamatório na via aérea, dessa forma mediadores ativam células inflamatórias, que nesse caso são os eosinófilos.

45%) e padrões sugestivos de sensibilização nos instrutores que trabalhavam no ambiente da piscina.

Adicionalmente, a exposição às tricloraminas pode causar alergias ocupacionais e até asma por meio de efeitos adjuvantes. Estudos sugerem que um aumento da permeabilidade do epitélio pulmonar devido à exposição a agentes irritantes pode ser um possível mecanismo. Indivíduos que trabalham em ambientes fechados de piscina com alto grau de exposição às cloraminas relataram mais frequentemente sintomas associados a doenças respiratórias atópicas tais como rinite alérgica, sugerindo que tal exposição pode, de fato, ocorrer através de um efeito adjuvante (Preller et al., 1996).

Devido à sua baixa solubilidade em água, a tricloramina não é retida pelo trato respiratório superior e atinge os pulmões, aonde pode reagir com o epitélio respiratório. Como demonstrado em estudos *in vitro*, as cloraminas são oxidantes que penetram nas membranas e reagem rapidamente com os grupos sulfidríla das proteínas no citoesqueleto e na matriz extracelular, causando a ruptura das ligações e aumentando conseqüentemente a permeabilidade epitelial. A tricloramina, em contraste com outras cloraminas, é um gás quase completamente insolúvel em água, o qual não consegue penetrar facilmente na superfície ciliada e no fluido que protege o epitélio das vias aéreas. Este gás exerce, portanto, sua ação tóxica principalmente nos pulmões aonde as células não são ciliadas e as ligações são mais acessíveis (Bernard et al., 2005).

Bernard et al. (2003) avaliaram 226 crianças não asmáticas, pelo método “pneumoproteinemia” (descrito na Seção 2.5), e detectaram um aumento da permeabilidade pulmonar devido à presença de dois tipos de proteínas séricas surfactantes, associado ao freqüente uso de piscinas cobertas e tratadas por cloração. .

Em outro estudo, Bernard et al. (2005). encontraram na pleura proteínas SPA e SPB, derivadas do surfactante CC16 – substância encontrada no alvéolo pulmonar. O autor expressou neste estudo a preocupação com o fato de que crianças que praticavam a natação quando bebês apresentaram um maior risco de infecções respiratórias recorrentes do que outras crianças, devido ao aumento da permeabilidade do epitélio alveolar.

Um estudo toxicológico realizado no verão utilizando um teste de normalização chamado teste de Alarie baseou-se no fato de que agentes irritantes sensoriais tais

como a tricloramina estimulam as terminações nervosas da mucosa nasal e provocam uma sensação de queimação. Nos animais, os irritantes respiratórios induzem uma diminuição da frequência respiratória, com uma pausa no início da expiração. Em ratos, essa diminuição da frequência respiratória é função da concentração do agente irritante a que o animal está exposto. Deste modo, a concentração limite que causa a diminuição de 50% da frequência respiratória pôde ser determinada em  $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$ , classificando a tricloramina como um agente fortemente irritante, comparada ao cloro ou ao formaldeído. Este valor foi posteriormente reduzido para  $0,3 \text{ mg.m}^{-3}$  após outro estudo epidemiológico realizado com uma população de 334 instrutores, que demonstrou uma relação direta entre o nível de exposição às tricloraminas e a prevalência de sintomas de irritação das vias respiratórias (Hery et al., 2000).

Um estudo realizado em ratos comprovou o efeito deletério da tricloramina ao sistema respiratório. Os animais foram expostos a diferentes concentrações desse composto durante uma hora e apresentaram sintomas respiratórios, convulsões, levando a maioria do grupo à morte por edema pulmonar após a exposição a níveis elevados de tricloramina ( $613$  a  $845 \text{ mg.m}^{-3}$ ) (BARBEE et al., 1983).

Nickmilder e Bernard (2007) estudaram a relação entre a prevalência de doenças respiratórias como asma, rinite e eczema, relatados em questionários aplicados por um estudo internacional sobre asma e alergias na infância (International Study of Asthma and Allergies in Childhood - ISAAC), e o número de piscinas cloradas cobertas por habitante foi avaliada. Entre crianças de 13 a 14 anos, a prevalência de espirros e asma em toda a Europa aumentaram respectivamente 3,4% e 2,7%, com o aumento da disponibilidade, e conseqüente acessibilidade, de piscinas cloradas cobertas. Tais associações não foram observadas para outras doenças atópicas e foram independentes da influência da altitude, clima e dos produtos de limpeza domésticos. Os autores concluíram que a prevalência de asma infantil está ligada com o aumento da exposição ao cloro devido à maior disponibilidade de piscinas cobertas na Europa e outros países industrializados.

Os níveis de cloramina no ar têm sido freqüentemente associados à concentração de cloro livre na água da piscina, e por isso o uso deste agente desinfetante é regulamentado em diversos países, visando à qualidade da água. Na

Holanda, os níveis de cloro livre na água de piscinas cobertas deve ser de 0,5 a 1,5 mg.L<sup>-1</sup> (Jacobs et al., 2007), similar a vários outros países. Na Alemanha, praticam-se valores mais baixos, 0,3 a 0,6 mg.l<sup>-1</sup> (WHO, 2000), e no Brasil os valores preconizados pela ABNT são de 0,8 a 3,0 mg.L<sup>-1</sup>.

O primeiro caso de óbito devido à intoxicação por cloramina foi reportado por Cohle et al. (2001). Uma mulher com um tumor cerebral não diagnosticado, que utilizou uma mistura de cloro e amônia faleceu enquanto fazia a limpeza de seu sanitário. Entre os prováveis mecanismos que a levaram a óbito estão (a) asfixia pelo gás de cloramina formado pela mistura; (b) combinação do gás tóxico de cloramina com o tumor induziram à fatalidade; (c) incapacidade causada pela cloramina pode ter levado ao desfalecimento da vítima e conseqüente asfixia causada pela sua posição no solo. A concentração de cloramina era mais elevada próxima à vítima devido ao pequeno espaço em que a mesma se encontrava.

## 2.7 QUESTIONÁRIO DE SINTOMAS RESPIRATÓRIOS

As doenças respiratórias caracterizadas por espirros, coriza, prurido, obstrução nasal, tosse, dispnéia e hipersecreção brônquica, freqüentes na infância, têm aumentado sua prevalência nas últimas duas décadas. Possíveis causas incluem irritação brônquica infecciosa e não infecciosa, por fumaça de cigarro e poluentes atmosféricos, por exemplo, tão comuns atualmente nos ambientes urbanos (TELDESCHI et al, 2001).

No entanto, sintomas como os descritos acima também têm sido relatados por freqüentadores de ambientes de piscinas fechadas (LEVÉSQUE et al, 2006; THICKETT et al, 2002; HERY et al, 1995).

Questionários que abordam sintomas respiratórios são considerados os melhores instrumentos de pesquisa para o estudo de prevalência de asma em grandes populações, por exemplo. (TELDESCHI et al, 2001)

O questionário empregado em pesquisas sobre sintomas respiratórios deve ser padronizado. O texto das perguntas, bem como a sua disposição, deve ser cuidadosamente planejado com a finalidade de diminuir substancialmente as interferências provocadas pelo observador, de tornar comparáveis os estudos realizados em locais diversos e de exprimir os conceitos exatos das doenças em questão (RAMOS, 1983).

## 2.8 TÉCNICA DE ANÁLISE DE CLORAMINAS NO AR

### 2.8.1. Cromatografia de Íons

A cromatografia é a separação de componentes de uma mistura através de sua partição entre uma fase móvel (gasosa ou líquida) e uma fase estacionária (líquida ou sólida).

O desenvolvimento da cromatografia como uma ferramenta analítica teve início em 1903, quando Michael Tswett, um botânico russo, descobriu que podia separar pigmentos coloridos de folhas passando uma solução por uma coluna preenchida com partículas de giz absorvente. Como os pigmentos separam-se por bandas de cores diferentes, Tswett chamou seu novo método de “cromatografia”- chroma: cor e graphos: escrita (HARVEY, 2000).

A separação cromatográfica é alcançada pela passagem de uma fase que não contém a amostra a ser estudada, chamada de fase móvel, sobre uma segunda fase também sem amostra e que permanece fixa, ou estacionária. A amostra, depois de injetada e transportada juntamente com a fase móvel, tem seus componentes distribuídos entre a fase móvel e estacionária. Os componentes cujos coeficientes de partição favorecem a permanência na fase estacionária requerem um maior tempo para passar através do sistema. Solutos com coeficiente de partição similares podem ser

separados quando o tempo e a quantidade de fase estacionária são suficientes (HARVEY, 2000).

As separações analíticas podem ser classificadas de três maneiras: pelo estado físico da fase móvel e da fase estacionária; pelo meio de contato entre a fase móvel e fase estacionária; ou pelo mecanismo químico ou físico responsável pela separação dos constituintes da amostra (HARVEY, 2000).

Na Cromatografia de Íons (CI) a fase estacionária é composta por uma resina polimérica, usualmente divinilbenzeno/poliestireno, com grupos iônicos covalentemente ligados. Os íons complementares às cargas fixas são móveis e podem ser deslocados por íons que competem mais favoravelmente pelos sítios de troca. As resinas de troca iônica são divididas em duas categorias: troca catiônica, e troca aniônica. As resinas catiônicas incluem um grupo funcional de ácido sulfâmico que retêm formas aniônicas; as aniônicas utilizam uma amina quaternária retendo, portanto, cargas positivas (HARVEY, 2000).

A seletividade de uma resina catiônica, segue a ordem decrescente:  $Al^{3+} > Ba^{2+} > Pb^{2+} > Ca^{2+} > Ni^{2+} > Cd^{2+} > Cu^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+} > Mg^{2+} > Ag^+ > K^+ > NH_4^+ > Na^+ > H^+ > Li^+$ . Íons de carga mais alta se ligam mais fortemente que aqueles de carga mais baixa. Para resinas aniônicas a ordem é:  $SO_4^{2-} > I^- > HSO_4^- > NO_3^- > Br^- > NO_2^- > Cl^- > HCO_3^- > CH_3COO^- > OH^- > F^-$ . Novamente, íons com carga mais alta são mais fortemente retidos que íons com carga mais baixa (HARVEY, 2000).

A fase móvel na Cromatografia de Íons é usualmente um tampão aquoso, cujo pH e composição iônica determinam o tempo de retenção do soluto. Para minimizar a contribuição da fase móvel para a condutividade, um supressor de íons é colocado entre a coluna analítica e o detector. Esta coluna remove seletivamente os íons da fase móvel sem remover os íons da amostra. Na cromatografia de troca catiônica, que utiliza uma solução diluída de ácido como fase móvel, a coluna supressora contém uma resina de troca aniônica. A reação de troca:  $H^+ (aq) + X^- (aq) + Resina^+-OH^- \rightleftharpoons Resina^+-X^- + H_2O (l)$  substitui o ácido iônico por água. Um processo similar é usado na cromatografia de troca aniônica na qual uma resina de troca catiônica é utilizada na coluna supressora. Se a fase móvel contém  $Na_2CO_3$ , a reação de troca  $2 Na^+ (aq) + CO_3^{2-} (aq)$

+ 2 Resina<sup>-</sup>-H<sup>+</sup> ⇌ 2 Resina<sup>-</sup>-Na<sup>+</sup> + H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (aq) substitui o eletrólito forte, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, pelo eletrólito fraco H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (HARVEY, 2000).

## 2.9 ESTUDOS DE CASO

Thickett et al, 2002, avaliaram dois salva-vidas e um instrutor de natação com sintomas sugestivos de asma ocupacional, avaliando o pico de fluxo nos ambientes de residência e de trabalho e realizando broncoprovocação com tricloraminas. Dois dos trabalhadores apresentaram resultado positivo para o teste broncoprovocativo à tricloramina e ambos apresentaram *score* de pico de fluxo indicativo de asma. A concentração de tricloramina encontrada na piscina variou entre 0,1 e 0,57 mg.m<sup>-3</sup>.

Lévesque, 2006 demonstrou em seu estudo as principais queixas de sintomas irritativos das vias aéreas entre jovens nadadores e atletas de futebol. Comparando os dois grupos, o número de reclamações quanto aos sintomas foi maior entre os nadadores, que estavam expostos a concentrações médias de 0,37 mg.m<sup>-3</sup> de tricloramina no ar. Foram entrevistados 305 atletas de natação e 499 jogadores de futebol por meio de um questionário que abordou sintomas como tosse, coriza, irritação nos olhos, congestão nasal, espirros e dificuldades para respirar. Os nadadores apresentaram maior número de reclamações quanto aos sintomas do trato respiratório superior e inferior.

Hery et al (1995) estudou o ambiente de 13 piscinas, analisando as concentrações de tricloraminas na atmosfera das mesmas por meio de cromatografia iônica. Entre as principais observações estão à influência da ventilação do ambiente e das diferentes atividades promovidas. Alguns estabelecimentos não eram equipados com um sistema eficiente de renovação de ar, resultando no aumento da concentração de cloraminas ao longo do dia. As maiores concentrações (aproximadamente 0,5 mg.m<sup>-3</sup>) foram observadas nas piscinas de recreação que apresentavam maior agitação da água e maior número de freqüentadores. O autor estabeleceu então uma relação positiva entre a maior concentração de tricloramina no ar das piscinas e a maior

agitação da água. Entre as possíveis explicações estariam: (a) as temperaturas mais elevadas tanto da água quanto do ar nas piscinas de recreação, aonde os usuários permanecem por mais tempo comparando com piscinas convencionais; (b) a recirculação do ar, feita para manter a temperatura do ambiente constante, mas que provoca ao mesmo tempo a reciclagem dos poluentes; (c) a turbulência na superfície da água, que promovem a transferência de diferentes poluentes para o ar; (d) em vários casos, as exigências de higiene são menos restritas nos centros de recreação (normalmente estabelecimentos privados cujo preço da entrada é alto) do que nas piscinas convencionais (na maioria dos casos estabelecimentos municipais, uma realidade européia). O autor observou ainda que as primeiras queixas de fenômenos irritativos dos olhos e garganta surgiram quando a concentração de tricloramina era de aproximadamente  $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$ . Este valor está de acordo com experimentos realizados com animais de laboratório por Gagnaire et al. (1994), que estabeleceu um valor limite para exposição aguda de  $1,5 \text{ mg.m}^{-3}$  e de  $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$  para exposição crônica.

Jacobs et al. (2007) avaliaram a presença de tricloramina no ambiente de seis piscinas cobertas e o valor médio observado foi de  $0,56 \text{ mg.m}^{-3}$ . Uma associação estatisticamente significativa foi observada entre a concentração de cloraminas e o número de usuários, concentração de cloro livre na água da piscina e altura do teto. Observou-se também uma prevalência elevada de sintomas particularmente relacionados à atividade desenvolvida entre os funcionários mais expostos, além daqueles indicadores de asma.

Bowen et al. (2007) investigaram a ocorrência de sintomas respiratórios e oculares durante episódios de exposição aguda causada pelo uso de piscinas cloradas em ambientes fechados de dois hotéis diferentes (A e B) nos Estados Unidos. Os hóspedes e/ou acompanhantes que estiveram nos respectivos hotéis foram entrevistados dentro de 48 horas após deixarem os estabelecimentos. No hotel A, o episódio ocorreu durante o final de semana, quando os responsáveis pela manutenção da piscina estavam ausentes. Um produto desinfetante, na forma de tablets combinados de cloro/ácido cianúrico, comumente utilizado em piscinas externas, foi utilizado no ambiente fechado das piscinas do hotel. Dos 77 entrevistados, 61% responderam ao questionário, e apresentaram queixas apenas 1 minuto após entrarem

no ambiente das piscinas. Entre eles, 71% desenvolveram sintomas tais como ardência nos olhos, dificuldade em abrir os olhos ou olhos lacrimejantes, e 45% desenvolveram sintomas respiratórios tais como dor de garganta, boca seca, tosse, espirro, e dor no peito, com duração média de 10h. Outros sintomas como dor de cabeça, ardência no nariz, náusea e vômito também foram relatados. A concentração de cloro livre foi medida no dia seguinte ao episódio pelo departamento de saúde do estado de Illinois e o valor encontrado foi de 7,5 ppm, quando o valor recomendado é de 1 a 4 ppm. Segundo informações, o sistema de ventilação da área das piscinas apresentava problemas há vários dias e estava sendo controlado manualmente durante o episódio de exposição aguda. Além disso, devido às baixas temperaturas externas naquele período do ano, a ventilação natural não foi utilizada.

No hotel B, 59% dos freqüentadores da piscina apresentaram sintomas oculares semelhantes àqueles observados no primeiro hotel, além de fotofobia e visão distorcida. Quanto aos sintomas respiratórios, 41% apresentaram queixas similares às dos hóspedes do hotel 1, com duração média de 2,5h. As queixas foram relatadas após 1 minuto de exposição para os sintomas oculares (com duração de 1,5 h) e após 7 minutos para os sintomas respiratórios (com duração de 10 h). O episódio também ocorreu durante o final de semana, mas os responsáveis pela manutenção da piscina estavam presentes. O produto desinfetante utilizado foi semelhante ao do hotel A, mas de marca diferente. A concentração de cloro livre medida no dia seguinte ao episódio foi de 2,0 ppm (BOWEN et al. 2007).

Em ambos os episódios, as crianças foram predominantemente afetadas. O uso de óculos de natação não evitou o aparecimento dos sintomas oculares, sugerindo que a absorção dérmica não é necessária para que a irritação aconteça. Embora os agentes etiológicos não tenham sido seguramente identificados nestes episódios, as cloraminas são as espécies mais prováveis, pois os níveis de cloro no hotel A excederam a razão cloro/nitrogênio que favorece a formação de tricloraminas. Além disso, os níveis de trihalometanos (outros agentes potencialmente irritantes no ambiente de piscinas cloradas) estavam normais, o que ajuda a confirmar que as cloraminas efetivamente exerceram os efeitos irritantes nos episódios relatados (BOWEN et al. 2007).

Um estudo similar foi realizado entre crianças que participaram de um evento na piscina de um hotel nos Estados Unidos. Entre os principais sintomas, 84% apresentaram tosse e 78% apresentaram irritação nos olhos. O nível de cloraminas no dia do evento era de 0,7 ppm, quando o máximo permitido era de 0,5 ppm. O operador de manutenção da piscina do hotel não tinha treinamento formal para executar a atividade (Kaydos-Daniels et al., 2007).

Irritações semelhantes também foram notificadas em indústrias de processamento de verduras, que utilizam solução de água, cloro e hipoclorito de sódio (HERY, 1998). A possível causa talvez seja o fato de os trabalhadores estarem em contato muito próximo com os agentes sanitizantes.

Com base nos dados encontrados na literatura, observa-se que já existem alguns estudos sobre os efeitos que a atmosfera de ambientes de piscinas podem causar aos seus usuários. No entanto, nenhum dos trabalhos refere-se a estudos brasileiros, o que, portanto, estimula a investigação descrita neste documento.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LOCAIS DE ESTUDO

Neste trabalho foram avaliados três ambientes de piscinas fechadas e cobertas de três academias diferentes, duas de piscinas salinas e uma de piscina clorada. Os professores de natação e/ou hidroginástica e os demais funcionários de todos os ambientes foram submetidos a testes respiratórios, totalizando 40 indivíduos avaliados.

##### 3.1.1 Piscinas Salinas

As piscinas salinas pertencem a uma academia de natação e ginástica de grande porte da cidade de Curitiba. A matriz possui duas piscinas, uma infantil de 200 m<sup>2</sup> e profundidade variável, e outra para adultos de 400 m<sup>2</sup> e 1,55 metros de profundidade. As piscinas, que são separadas por uma divisória de vidro, recebem em média 450 frequentadores por semana. O pé direito mede aproximadamente 7 metros e possui janelas em toda a sua extensão (Figura 8), que estiveram fechadas no inverno durante o período de coleta e abertas no período de verão para aumento da ventilação ambiente. Os pontos de amostragem também estão representados na Figura 8

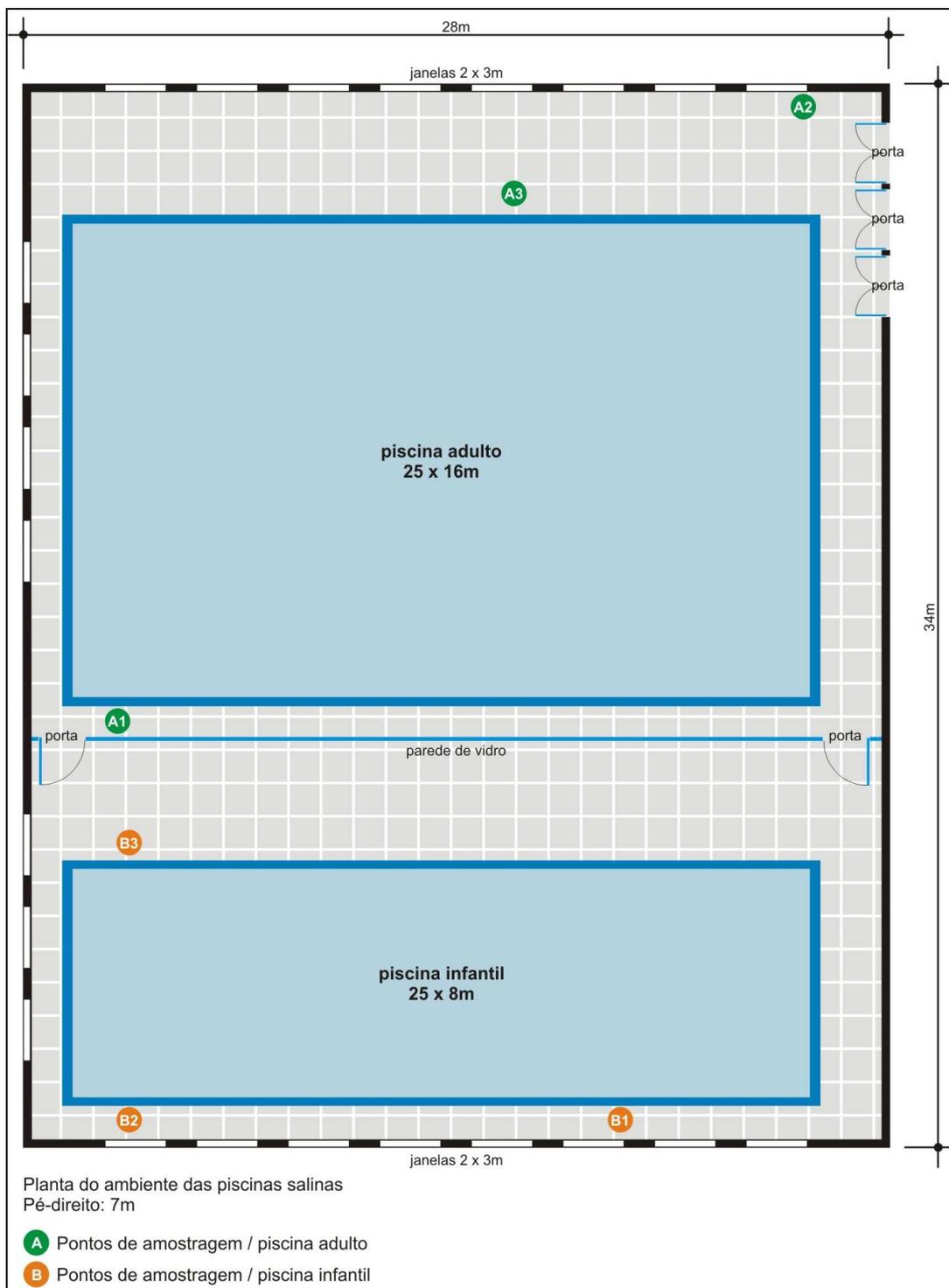


Figura 8 - Planta baixa da piscina salina, localizada em Curitiba, aonde foram feitas as amostragens de ar no período de 27 a 30 de julho de 2007 e 14 a 29 de fevereiro de 2008.

A filial da referida academia possui três piscinas, uma piscina grande de 240 m<sup>2</sup> com profundidade 160 cm, uma piscina considerada média com 59,76m<sup>2</sup> e profundidade de 1m e uma piscina infantil de 23,54m<sup>2</sup> com profundidade de 80 cm. Essas piscinas também recebem em média 300 freqüentadores por semana. Os pontos de amostragem também estão representados na Figura 9.

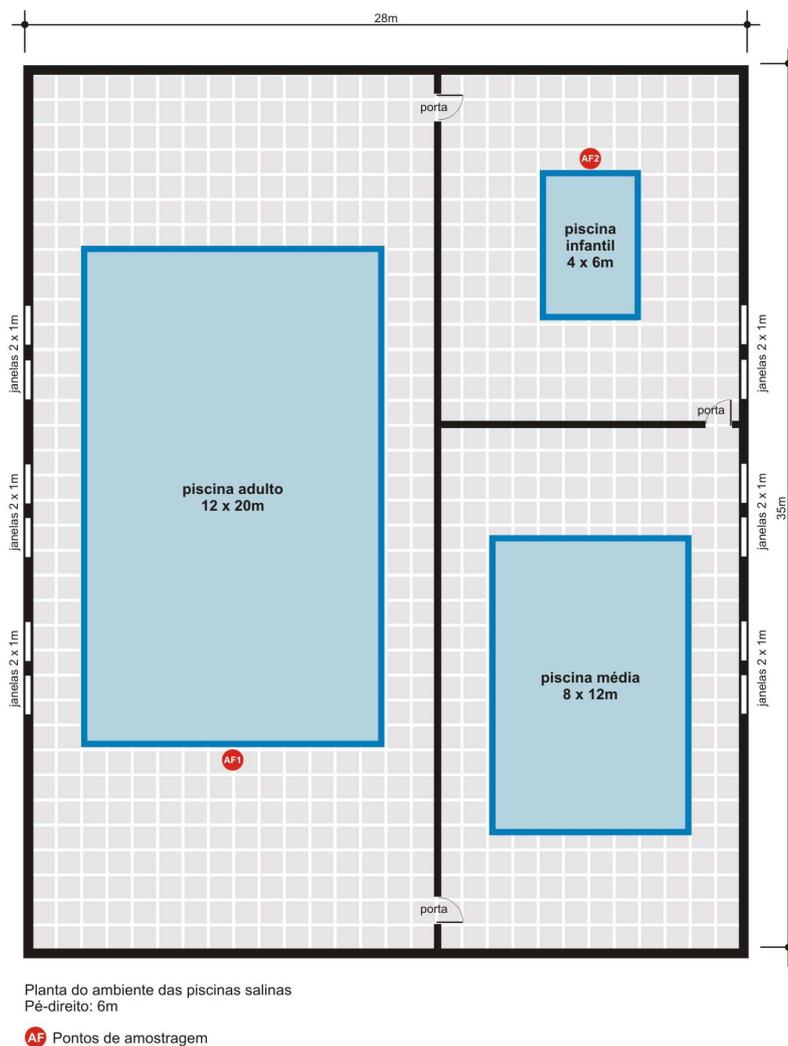


Figura 9 - Planta baixa da piscina salina filial, localizada em Curitiba, aonde foram feitas as amostragens de ar no dia 29 de fevereiro de 2008.

As coletas de ar foram realizadas na matriz entre os dias 27 e 30 de julho de 2007, e do dia 14 ao dia 29 de fevereiro de 2008. Na filial (AF1 e BF1) as amostragens foram realizadas no dia 29 de fevereiro de 2008 (Tabela 2). Em ambas as academias foram amostrados diferentes períodos do dia.

Os pontos de coleta foram selecionados em função da disponibilidade de suprimento de eletricidade. Os amostradores foram colocados em diferentes alturas com o objetivo de avaliar eventuais diferenças de concentração em função da densidade do analito.

Tabela 2 - Pontos de amostragem nos ambientes de piscinas salinas matriz e filial.\*

PONTO	DATA	HORÁRIO (h)	ALTURA (cm)	pH	°C Interna
A1	27/07/2007	8:30-11:30	160	7,8	30.3°C
	14/02/2008	17:00 – 19:30	160	7,8	30.3°C
	16/02/2008	19:30 – 22:00	160	7,8	30.3°C
A2	27/07/2007	11:45-14:45	450	7,6	30.3°C
	15/02/2008	6:30 – 9:30	450	7,8	30.4°C
	15/02/2008	14:30 – 17:00	450	7.8	30.4°C
A3*	29/07/2007	13:45-16:45	Nível da piscina	7,6	30.3°C
	17/02/2008	14:00– 16:30	Nível da piscina	7,8	30.3°C
AF1	29/02/2008	6:30 – 9:00	100	7,8	30.4°C
B1	28/07/2007	07:45–10:45	200	7,6	32.9°C
	14/02/2008	19:30 – 22:00	200	7,8	32.9°C
B2	28/07/2007	11:00–14:00	60	7,6	32.9°C
	15/02/2008	9:30 – 12:00	60	7,8	32.9°C
B3	30/07/2007	12:00–15:00	40	7,6	32.9°C
	15/02/2008	12:00 – 14:30	40	7,8	32.9°C
BF1	29/02/2008	9:30 – 12:00	60	7,8	32.9°C

\* No ponto A3 da tabela 2, o amostrador foi posicionado sob a cobertura da piscina (que foi coberta no dia anterior) para a realização da amostragem.

### 3.1.2 Piscina Clorada

A piscina clorada pertence a uma academia de natação de médio porte da cidade de Curitiba. Esta academia possui uma piscina de 300 m<sup>2</sup> aonde são desenvolvidas atividades aquáticas para adultos, uma piscina de 200 m<sup>2</sup> para crianças, e uma específica para hidroginástica, de 150 m<sup>2</sup>. A frequência média semanal nas três piscinas é de 150 pessoas. As piscinas estão em um mesmo ambiente, sem divisão, com o pé direito de aproximadamente 6 metros. O ambiente abriga janelas em toda sua extensão, porém, estas se encontravam fechadas durante a coleta do inverno e no período de verão mantiveram-se abertas em toda sua extensão para aumento da ventilação local.

A Figura 10 representa o espaço físico do ambiente das piscinas cloradas, bem como a distribuição dos pontos de amostragem.

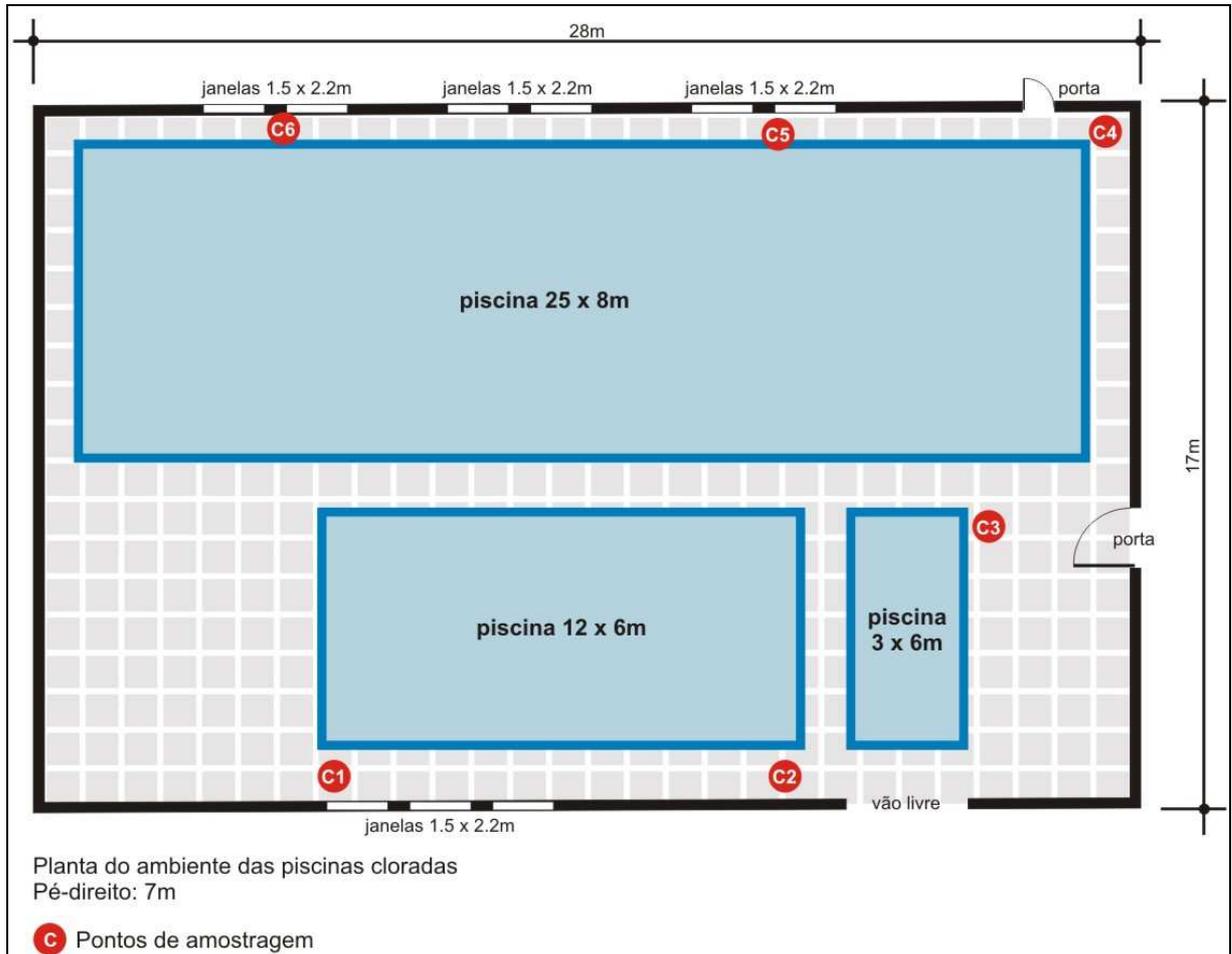


Figura 10 - Planta baixa da piscina clorada, situada na cidade de Curitiba, aonde foram realizadas as amostragens de ar no período de 17 a 20 de fevereiro de 2008.

As amostragens de ar foram realizadas entre os dias 02 e 09 de agosto de 2007 e do dia 17 a 20 de fevereiro de 2008, em diferentes períodos, conforme descrito na Tabela 3.

Os pontos de coleta foram selecionados também em função da disponibilidade de suprimento de eletricidade. Os amostradores foram colocados em diferentes alturas com o objetivo de avaliar eventuais diferenças de concentração em função da densidade do analito.

Tabela 3- Pontos de amostragem no ambiente de piscina clorada

PONTOS	DATA	HORÁRIO (h)	ALTURA (cm)	pH	°C
					Interna
C1	02/08/2007	15:00 – 18:00	160	7,4	32°C
	18/02/2008	14:30 – 17:00	60	7,4	31°C
	18/02/2008	17:00 – 19:30	60	7,4	31°C
C2	02/08/2007	15:00 – 18:00	360	7,4	32°C
	18/02/2008	19:30 – 22:00	60	7,4	32°C
C3	06/08/2007	8:30–11:30	60	7,4	33°C
	19/02/2008	9:30 – 12:00	60	7,4	32°C
C4*	08/08/2007	6:45–09:45	Nível da piscina	7,4	32°C
	17/02/2008	6:30 – 9:00	Nível da piscina	7,4	31°C
C5	08/08/2007	15:15–18:15	100	7,4	32°C
	19/02/2008	14:00 – 16:30	100	7,4	32°C
C6	09/08/2007	09:00–12:00	200	7,4	32°C
	20/02/2008	9:30 – 12:00	100	7,4	32°C

O ponto C4 da piscina clorada foi semelhante ao ponto A3 da piscina salina, ou seja, o amostrador foi posicionado sob a cobertura da piscina para a realização da amostragem.

### 3.2 AMOSTRAGEM DE AR

Para a amostragem de tricloraminas utilizou-se o sistema apresentado na Figura 11, conforme metodologia descrita por Hery, et al.(1995).

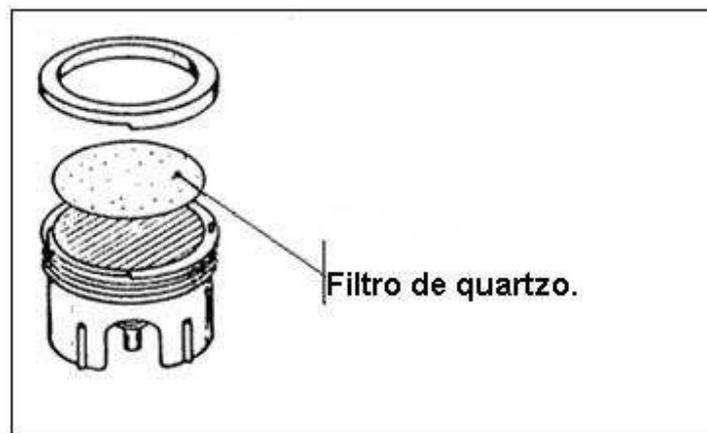


Figura 11 - Filtro de quartzo impregnado com trióxido de diarsênio ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) acondicionado em um amostrador de polietileno para a amostragem de tricloraminas no ar.

O sistema descrito na Figura 11 está composto por um filtro de fibra de quartzo (tamanho ME 25 –  $0,45 \mu\text{m}$ , diâmetro 47 mm e marca. S & S.), impregnado com  $500 \mu\text{L}$  de uma solução contendo  $40 \text{ g.L}^{-1}$  de carbonato de sódio ( $\text{NaCO}_3$ ),  $4 \text{ g.L}^{-1}$  de trióxido de diarsênio ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) e  $40 \text{ mL.L}^{-1}$  de glicerol preparada em água milli-Q. O filtro impregnado foi acondicionado em um suporte de polietileno, que por sua vez foi conectado a uma bomba de vácuo com fluxo de  $1 \text{ L.min}^{-1}$ . O tempo de amostragem em cada ponto foi de 3 horas, de acordo com a metodologia descrita por Hery (1998).

Antes da amostragem, os filtros de quartzo foram lavados com água milli-Q para eliminar possíveis traços de cloreto.

Após a impregnação com a solução adsorvente, os filtros foram secos a  $50^\circ\text{C}$ , sendo armazenados em um porta-filtro de polietileno dentro de um dessecador até o momento da amostragem. Os filtros foram preparados no dia anterior à amostragem.

O método de amostragem é baseado em duas reações sucessivas:

- Em alto valor de pH, proporcionado pela presença de carbonato de sódio, as cloraminas são decompostas em amônia ( $\text{NH}_3$ ) e ocorre a formação do íon hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ );
- O íon hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ) foi então reduzido pelo arsênio trivalente ( $\text{As}^{3+}$ ) a cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), e depois analisado por Cromatografia Iônica.

### 3.3 EXTRAÇÃO DOS FILTROS

Após a amostragem, os filtros foram mantidos em contato com 10 mL de água milli-Q por 10 minutos para a extração do analito (íon cloreto). Os extratos foram então analisados por Cromatografia Iônica.

### 3.4 ANÁLISE POR CROMATOGRAFIA IÔNICA

As análises foram realizadas em um cromatógrafo de íons da marca Dionex, Modelo: ICS – 90 equipado com um injetor automático Modelo AS 40, coluna de ânions modelo AS9–HC, coluna guarda modelo AG9–HC, e supressora modelo AMMS III – 4mm.

#### 3.4.1 Preparo da curva analítica

Para a construção da curva analítica para o cloreto, utilizou-se um método originalmente desenvolvido para a determinação de tricloraminas ( $\text{NCl}_3$ ) em amostras líquidas de cloro. Os padrões foram preparados em uma solução tampão de acetato de sódio e ácido acético, misturando-se sulfato de amônio  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  com hipoclorito de

sódio (NaClO), gerando cloramina *in situ*, já que não existem padrões de cloraminas comercialmente disponíveis. Estequiometricamente ocorre a produção de duas moléculas de tricloramina para cada molécula de sulfato de amônio reagente. A cloramina, quando em solução aquosa, se ioniza formando o íon cloreto. Foram preparados padrões de concentração  $1,6 \times 10^{-8}$ ,  $2,0 \times 10^{-7}$ ,  $4 \times 10^{-7}$ ,  $8 \times 10^{-7}$  e  $1,6 \times 10^{-6}$  ppm. A quantificação de cloreto presente no filtro foi feita pelo método do padrão externo, por meio da interpolação da amostra na equação da reta resultante da curva analítica.

### 3.5 CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DE TRICLORAMINA NO AR

A concentração de tricloramina presente no ar dos ambientes das piscinas estudadas foi calculada por meio da equação 9:

$$\text{conc NCl}_3 \text{ no ar (ng.m}^{-3}\text{)} = \frac{\text{conc. Cl}^- \text{ no filtro } (\mu\text{g})}{\text{volume amostrado (m}^3\text{)}} \times 1000 \quad [9]$$

### 3.6 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE RESPIRATÓRIA

Para a avaliação da capacidade respiratória dos profissionais das piscinas, testes de função pulmonar (espirometria) foram realizados, e questionários sobre sintomas respiratórios foram aplicados.

Os testes foram realizados no próprio local de trabalho, com o indivíduo sentado, em repouso. O profissional foi orientado a não realizar atividade física antes do teste para não distorcer os resultados, não devendo também ser tabagista. Depois de orientado quanto ao exame, o indivíduo (utilizando uma pinça nasal) foi convidado a realizar uma inspiração máxima e lenta, seguida de uma expiração forçada e completa,

de todo ar contido nos pulmões até alcançar o volume residual. Um bocal conectado ao instrumento foi utilizado para captação do fluxo de tal forma que não houvesse escape à saída de ar (SAFOS e VIEGAS, 2000).

Segundo os parâmetros indicados pela SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA, 2002, o procedimento foi repetido, no mínimo, três vezes, para a obtenção de três curvas aceitáveis e reprodutíveis. Para isso, é necessário que não ultrapassem entre si a diferença de 0,5 litros para o valor do PFE e 0,2 litros para o valor da CVF e VEF1. Das três curvas obtidas, escolheu-se aquela na qual a soma de VEF1 e CVF foi maior, por representar melhor a curva expiratória.

### 3.6.1 Técnica para a realização do teste de espirometria

Neste trabalho utilizou-se um espirômetro portátil da marca Micromedical, modelo Microlab 2000. O espirômetro compõe-se de um equipamento, contendo um bocal acoplado a um dispositivo para a detecção do fluxo. No caso do equipamento utilizado neste estudo esse dispositivo é uma turbina, na qual a passagem do ar provoca a rotação de uma delicada hélice, que por sua vez produz um sinal elétrico que é processado no equipamento e convertido em valores de fluxo e volume.

Em nosso estudo foram utilizados os valores tabelados por Pereira e por Knudson (LADOSKY, 2001).

### 3.6.2 Questionário de sintomas respiratórios

Os resultados dos questionários foram avaliados por meio do software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences. Versão 13.0.) que quantifica os dados investigados em relação aos sintomas respiratórios, doenças respiratórias, jornada de

trabalho, sexo e idade relatados pelos profissionais entrevistados nos ambientes de piscinas cobertas.

O questionário desenvolvido para este estudo (anexo 1) buscou identificar sintomas compatíveis às doenças relacionadas ao ambiente de piscina coberta, anteriormente citadas em outros estudos como: coriza, dor de cabeça, irritação dos olhos, congestão nasal, espirros e histórico de asma ou bronquite (LEVÉSQUE et al, 2006; THICKETT et al, 2002). Também foi investigado o tempo de permanência no ambiente da piscina e há quanto tempo o indivíduo trabalha neste tipo de ambiente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE RESPIRATÓRIA

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. As variáveis consideradas na análise foram FEV1 (Volume expiratório forçado no primeiro segundo), CVF (Capacidade vital forçada), FEV1/CVF e PFE (Pico de fluxo expiratório), como descrito na metodologia.

Os resultados foram expressos segundo as escalas formuladas por Pereira (1992) e por Knudson (1983). No entanto não apresentaram diferenças significativas de acordo com os parâmetros estabelecidos entre os mesmos.

#### 4.1.1 Piscina clorada

Foram avaliados 13 profissionais entre instrutores de natação e auxiliares, sendo 5 do sexo masculino e 8 do sexo feminino (indivíduos de 1 a 5 e de 6 a 13, respectivamente, apresentados na Tabela 4). As idades variaram entre 17 e 35 anos entre os homens e 19 e 48 anos entre as mulheres.

Tabela 4 - Resultado das espirometrias realizadas no ambiente da piscina clorada. Parâmetros de Pereira, 1992.

Indivíduo	VEF1(L)-%pred	CVF (L)-%pred	FEV1/CVF(%)-%pred	PFE (L.s <sup>-1</sup> )
1M	4,54 -98	5,19 – 96	87 – 101	10,28
2M	4,35 – 98	5,35 – 109	81 – 86	9,65
3M	3,99 – 97	5,01 – 114	80 – 85	6,86
4M	3,33 – 81	3,81 – 84	87 – 93	8,03
5M	4,07 – 97	4,79 – 98	85 – 99	8,63
6F	3,05 – 91	3,60 – 93	85 – 94	6,42
7F	4,07 – 116	4,61 – 120	88 – 91	9,06
8F	3,17 – 107	4,0 – 111	79 – 97	4,73
9F	2,82 – 99	3,19 – 101	88 – 91	5,39
10F	2,40 – 82	2,69 – 79	89 – 105	5,53
11F	3,50 – 108	3,52 – 95	99 – 110	7,88
12F	3,23 -89	4,07 – 96	79 – 90	8,66
13F	3,39 – 109	3,91 – 109	87 – 99	6,27

Percentual comparado ao padrão normal; M – Masculino; F- Feminino

Observa-se na Tabela 4 que o indivíduo identificado pelo número 1, pertencente ao sexo masculino, apresentou um VEF1 (Volume expiratório forçado no primeiro segundo) de 4,54L, que corresponde a 98% da capacidade de indivíduos normais; da mesma forma, a CVF (Capacidade Vital forçada) foi de 5,19L, correspondente a 96% da CVF de padrão normal. Como estes percentuais estão acima de 80% (tabela 1) este indivíduo não apresentou distúrbio ventilatório obstrutivo. A mesma interpretação deve ser feita para todos os indivíduos, o que resultou em nenhum caso de comprometimento da capacidade respiratória entre os avaliados.

Tabela 5 - Resultado das espirometrias realizadas no ambiente da piscina clorada. Parâmetros de Knudson (1983).

<b>Indivíduo</b>	<b>VEF1(L)- %pred</b>	<b>CVF (L)- %pred*</b>	<b>FEV1/CVF(%)- %pred*</b>	<b>PFE (L.s<sup>-1</sup>)- %pred*</b>
1M	4,54 -97	5,19 – 93	87 – 104	10,28 – 103
2M	4,35 - 100	5,35 – 106	81 – 94	9,65 – 100
3M	3,99 – 101	5,01 – 109	80 – 92	6,86 – 71
4M	3,33 – 88	3,81 – 87	87 – 100	8,03 – 91
5M	3,74 - 90	4,01 - 92	97 – 99	8,51 – 94
6F	3,05 – 93	3,60 – 95	85 – 98	6,42 – 94
7F	4,07 – 112	4,61 – 113	88 – 99	9,06 – 125
8F	3,17 – 109	4,0 – 113	79 – 98	4,73 – 74
9F	2,82 – 91	3,19 – 92	88 – 96	5,39 – 83
10F	2,40 – 84	2,69 – 80	89 – 104	5,53 – 88
11F	3,50 – 111	3,52 – 97	99 – 113	7,88 – 118
12F	3,23 -92	4,07 – 97	79 – 94	8,66 – 120
13F	3,39 – 112	3,91 – 111	87 – 100	6,27 – 96

Percentual comparado ao padrão normal; M – Masculino; F- Feminino

#### 4.1.2 Piscina salina

Foram avaliados 27 profissionais que trabalham somente no ambiente da piscina. Entre instrutores de natação e zeladores foram avaliados 9 do sexo masculino, com idade entre 19 e 40 anos e 18 do sexo feminino com idade entre 18 e 39 anos. Os resultados segundo Pereira (1992) e Knudson (1983) estão demonstrados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Resultado das espirometrias realizadas no ambiente da piscina salina. Parâmetros de Pereira, 1992

<b>Indivíduo</b>	<b>VEF1(L)-%pred</b>	<b>CVF(L)-%pred*</b>	<b>FEV1/CVF(%)-%pred*</b>	<b>PFE (L.s<sup>-1</sup>)</b>
1M	4,89 – 111	6,39 - 122	77– 91	12,79
2M	4,40 – 102	5,15 – 101	85 – 100	11,50
3M	4,90 – 110	5,33 - 109	92 – 98	8,94
4M	4,83 – 113	5,59 - 118	86 – 92	10,43
5M	4,57 – 99	5,50 - 101	83 – 97	9,09
6M	3,27 – 77	4,09 – 80	80 – 97	8,64
7M	3,74 – 104	4,87 - 115	77 – 92	9,36
8M	4,59 – 92	5,26 - 93	87 – 93	7,66
9M	4,21 – 100	5,12 - 111	82 – 87	7,55
10F	3,38 – 99	3,82 - 102	88 – 91	7,68
11F	3,50 – 101	4,65 - 117	75 – 84	7,59
12F	3,31 – 112	3,84 - 117	86 – 89	5,51
13F	3,16 – 96	4,18 - 108	76 – 88	5,42
14F	2,84 – 93	3,87 - 109	73 -85	6,24
15F	3,41 – 117	4,14 - 120	82 – 98	5,90
16F	3,18 – 114	3,83 - 116	83 – 99	5,77
17F	3,49 – 99	3,72 - 91	94 – 103	7,88
18F	3,41 – 110	4,70 - 127	73 – 87	6,44
19F	2,40 – 82	3,00 - 90	80 – 91	5,72
20F	3,27 – 105	4,19 - 116	78 – 90	5,34
21F	3,37 – 88	4,25 - 96	79 – 87	8,05
22F	3,59 – 110	3,91 - 110	92 – 95	7,18
23F	2,57 – 86	3,03 - 86	85 – 101	6,85
24F	3,03 – 95	3,86 - 104	78 – 91	6,94
25F	2,61 – 94	3,42 - 107	76 – 88	5,84
26F	4,76 – 125	6,07 - 137	78 – 88	6,91
27F	3,01 – 114	3,64 - 117	83 – 99	6,65

\* Percentual comparado ao padrão normal; M – Masculino; F- Feminino

Tabela 7 - Resultado das espirometrias realizadas no ambiente da piscina salina. Parâmetro Knudson (1983).

<b>Indivíduo</b>	<b>VEF1(L)- %pred</b>	<b>CVF(L)- %pred*</b>	<b>FEV1/CVF(%)- %pred*</b>	<b>PFE (L.s<sup>-1</sup>)- %pred*</b>
1M	4,89-110	6,39-119	77 – 92	12,79 – 132
2M	4,40-103	5,15-101	85 – 102	11,50 – 122
3M	4,90-114	5,33-107	92 – 107	8,94 – 92
4M	4,83-118	5,59-117	86 -100	10,43 – 113
5M	4,57-98	5,50 - 98	83 -99	9,09 – 91
6M	3,27-76	4,09 - 78	80 – 97	8,64 – 91
7M	3,74-113	4,87-124	77 – 92	9,36 – 115
8M	4,59-101	5,26 - 100	87 – 101	7,66 – 78
9M	4,21-105	5,12 - 110	82 – 95	7,55 – 79
10F	3,38 – 96	3,82 - 97	88 – 98	7,68-108
11F	3,50 - 104	4,65 - 118	75 – 87	7,59 – 109
12F	3,31 - 107	3,84 - 111	86 – 94	5,51 – 83
13F	3,16 - 98	4,18 - 1110	76 – 89	5,42 – 80
14F	2,84 - 95	3,87 - 111	73- 85	6,24 – 97
15F	3,41 – 120	4,14 – 123	82 – 97	5,90 – 94
16F	3,18 - 116	3,83 – 119	83 – 98	5,77 – 95
17F	3,49 - 101	3,72 - 93	94 – 109	7,88 – 111
18F	3,41 - 112	4,70 - 129	73 – 87	6,44 – 98
19F	2,40 - 84	3,00 - 92	80 – 91	5,72 – 92
20F	3,27 - 108	4,19 - 118	78 – 91	5,34 – 82
21F	3,37 - 91	4,25 - 97	79 – 93	8,05 – 108
22F	3,59 - 103	3,91 - 100	92 – 102	7,18 – 102
23F	2,57 - 88	3,03 - 87	85 – 101	6,85 – 108
24F	3,03 - 98	3,86 - 106	78 – 92	6,94 – 105
25F	2,61 - 96	3,42 - 109	76 – 87	5,84 – 96
26F	4,76 - 129	6,07 – 138	78 – 94	6,91 – 92
27F	3,01 - 117	3,64 - 120	83 – 97	6,65 – 113

\* Percentual comparado ao padrão normal; M – Masculino; F- Feminino

Segundo os parâmetros da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (Diretrizes para Testes de Função Pulmonar, 2002) não há sinalização

de comprometimento de vias aéreas inferiores que possam indicar distúrbios obstrutivos nos indivíduos avaliados.

Thickett et al, 2002 observou uma queda de 20% no FEV1 de três salva-vidas profissionais de piscinas fechadas, após teste provocativo com tricloramina em concentração de  $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$ . Segundo GANNON et al., 1996), foi identificada sinusite com broncoprovocação nestes profissionais, embora os valores de CVF e PEF estivessem normais. Estes trabalhadores estavam expostos a ambientes que apresentaram uma concentração de  $0,23$  a  $0,57 \text{ mg.m}^{-3}$  de cloraminas.

Massin et al, 1998 não encontrou correlação com a concentração de cloraminas nos ambientes de piscinas fechadas e distúrbios obstrutivos, como asma, nos salva-vidas avaliados. Porém, demonstrou a ocorrência de reclamações de sintomas respiratórios como irritação dos olhos, coriza, espirro e congestão nasal desses trabalhadores durante o tempo de exposição ao ambiente de trabalho.

Em uma comparação entre atletas nadadores e jogadores de futebol, avaliando o PEF de ambos os grupos, Levésque et al., 2006 encontrou um valor maior de PEF apresentado pelos nadadores comparados ao Pico de Fluxo avaliado nos jogadores, não encontrando correlação da concentração de cloramina (média de  $0,37 \text{ mg.m}^{-3}$ ) com asma. Porém, as irritações respiratórias foram mais apontadas pelos nadadores, quando comparadas às reclamações dos atletas de futebol.

Cabe ressaltar que as escalas comparativas de capacidade respiratória utilizam padrões de indivíduos que não são, necessariamente, atletas ou profissionais do esporte. É possível, portanto, que os resultados de normalidade obtidos nas avaliações da capacidade respiratória não representem a situação real, já que os indivíduos avaliados neste estudo têm uma rotina de exercícios físicos diferente dos indivíduos “comuns”.

#### 4.2. DETERMINAÇÃO DE CLORAMINAS NO AR

De acordo com os resultados das análises realizadas por Cromatografia Iônica, apresentados nas Tabelas 8 e 9, observou-se que o íon cloreto estava presente em todas as amostras dos ambientes de piscinas, tanto clorada quanto salina, o que indica a possível presença de tricloraminas no ar. Porém, em alguns desses pontos, principalmente no ambiente de piscina clorada, não foi possível quantificar a quantidade de cloramina presente devido à baixa concentração do íon cloreto (espécies analisadas).

Tabela 8 - Concentração de tricloramina ( $\text{ng. m}^{-3}$ ) nas amostras da piscina submetida à desinfecção pelo método salino nos períodos de 27 a 30/07/2007 e 14 a 29/02/2008, em Curitiba-PR.

Amostra	Concentração ( $\text{ng.m}^{-3}$ )	
	2007 (inverno)	2008 (verão)
AS1	0,040	0,041
AS2	0,33	0,037
AS3	0,001	0,032
AS4		0,010
AS5	< l.d.	< l.d.
AS6 <sup>a</sup>	< l.d.	0,057
AS7 <sup>a</sup>		0,033
BS1	130	0,054
BS2	87	0,031
BS3	3279	0,028

Amostra A = piscina adulto; amostra B = piscina infantil

<sup>a</sup> = amostras da filial da academia de piscina salina;

< l.d.= abaixo do limite de detecção do equipamento;

amostras A4 a A7 não foram coletadas em 2007

Observa-se na Tabela 8 que os diferentes níveis de altura utilizados na amostragem (Tabela 2, seção 3.1.1) não influenciaram os resultados, ou seja, a concentração de tricloramina não apresenta variações significativas em função da altura.

Nos pontos B1, B2 e B3 (Tabela 8), que correspondem às piscinas salinas infantis, a temperatura da água era de 32,9 °C, o que poderia facilitar a volatilização das tricloraminas formadas. Além disso, notou-se inclusive uma turbidez na água, podendo ser resultante do maior aporte de uréia na forma de urina das crianças. Foi possível observar uma névoa intensa ocasionada pela grande turbulência da água no momento das atividades aquáticas infantis. Tais fatores podem justificar os valores mais elevados encontrados nessas amostras. Pelo fato de se tratar de uma piscina infantil, levanta-se a preocupação com relação à exposição das crianças a tais concentrações deste agente irritante, principalmente no período do inverno, quando as doenças respiratórias são exacerbadas.

Tabela 9- Concentração de tricloramina ( $\text{ng.m}^{-3}$ ) nas amostras da piscina submetida a desinfecção pelo método de cloração convencional nos períodos de 02 a 09/08/2007 e 17 a 20/02/2008, em Curitiba-PR .

Amostra	Concentração ( $\text{ng.m}^{-3}$ )	
	2007 (inverno)	2008 (verão)
BCI1	2,54	< l.d.
BCI2	< l.d.	< l.d.
BCI3	< l.d.	0,024
ACI1	<l.d	< l.d
ACI2	<l.d	<l.d
ACI3	<l.d	<l.d
ACI4	< l.d.	< l.d.
ACI5	< l.d.	< l.d.
ACI6	< l.d.	< l.d.
ACI7	<l.d	<l.d
ACI8	<l.d	<l.d

Amostra A = piscina adulto; amostra B = piscina infantil

< l.d. = abaixo do limite de detecção do equipamento

Os valores de concentração de tricloramina encontrados nas piscinas cloradas foram menores que aqueles observados nas piscinas salinas. Entre as possíveis explicações está a diferença no número de freqüentadores, que no segundo caso é maior devido ao porte da academia. Nas piscinas aonde há um grande número de freqüentadores, 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. Jacobs et al. (2007) relatam que um aumento de 50 usuários pode significar um aumento de  $0,4 \text{ mg.m}^{-3}$  no nível de tricloramina.

No período de inverno, quando as temperaturas externas chegaram a  $0^\circ\text{C}$  e a média em aproximadamente  $5^\circ\text{C}$ , o nível de concentração de cloraminas variou entre  $0,001 \text{ ng.m}^{-3}$  e  $3279 \text{ ng.m}^{-3}$  nas piscinas salinas. Já no período de

verão, quando as temperaturas ambientes foram em média de 28°C, a concentração de tricloraminas variou entre 0,010 e 0,057 ng.m<sup>-3</sup> ( tabela 10).

Tabela 10 – Concentrações médias de tricloraminas (NCl<sub>3</sub>) nos ambientes de piscinas salinas e cloradas.

	Presente no Trabalho	Henry (1998)	Thickett(2002)
Cloradas	0,024 – 2,54 ng/m <sup>3</sup>	0,2 – 5 ng/m <sup>3</sup>	0,1 – 0,57 ng/m <sup>3</sup>
Salinas	0,010 – 3279 ng/m <sup>3</sup>	-	-

Esta diferença se deve provavelmente ao fato de que no verão as janelas permaneciam abertas durante um período de tempo maior, facilitando a circulação de ar e, portanto, a dispersão das tricloraminas, No inverno, com temperaturas exteriores tão baixas, as janelas permaneciam constantemente fechadas, dificultando a dispersão do composto gasoso irritante.

Estas observações estão de acordo com aquelas feitas por Hery et al. (1995), que realizaram amostragens sucessivas durante dois dias em duas estações diferentes: Primavera e Outono. Quando as janelas eram abertas, as concentrações de cloramina registradas eram praticamente a metade do valor medido no caso de janelas fechadas. Além disso, quando o sistema de circulação de ar não era suficiente, o autor observou um aumento da concentração de cloraminas no ar ao longo do dia. As concentrações de cloraminas observadas atingiram 0,84 mg.m<sup>-3</sup>, O autor também observou que os valores de concentrações de cloraminas eram mais elevados em piscinas com atividades recreacionais tais como escorregadores, fontes e cachoeiras artificiais, muito comuns na Europa.

Hery et al. (1995) concluíram que as queixas de freqüentadores se iniciavam a uma concentração de tricloramina de  $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$  em ambientes de piscinas cobertas. Recomendaram, deste modo, que este valor seja utilizado como provisional para as tricloraminas no ar de ambientes fechados de piscina ou similares.

Jacobs et al. (2007) analisaram 6 piscinas tratadas com os métodos de desinfecção por cloração e salinização, e identificou concentrações entre 0,38 e  $1,10 \text{ mg.m}^{-3}$ . Neste mesmo estudo, foram identificados valores maiores de concentração de tricloraminas nas piscinas cloradas do que nas piscinas salinas, porém a diferença não representou significância estatística.

Vários autores sugerem a associação de sintomas de doenças respiratórias com a exposição à tricloramina (Carbonnelle et al., 2002; Thickett et al., 2002; Bernard et al., 2003), embora os estudos não tenham confirmado qual composto químico em específico era responsável pelos sintomas relatados.

Embora as concentrações detectadas no presente trabalho sejam muito mais baixas que aquelas descritas na literatura, ainda assim é temerário afirmar que os ambientes avaliados estão livres de causar problemas respiratórios em seus usuários, principalmente porque os riscos à saúde que tais compostos possam causar em longo prazo ainda não são completamente conclusivos (Gagnaire et al. 1994).

Os efeitos benéficos da natação em crianças asmáticas são geralmente atribuídos ao fato de que respirar ar úmido seja menos prejudicial e provoque menos bronco-constricção do que outras formas de exercício físico (Bar-Or e Inbar, 1992).

Por outro lado, na Bélgica, os resultados de uma pesquisa com crianças em sugeriram que o fato de freqüentar uma piscina clorada na idade escolar representaria um risco de danos pulmonares no futuro, (Carbonelle et al. 2001).

Portanto, dados mais específicos sobre o potencial de exacerbação da asma nos indivíduos expostos são necessários, já que esta é uma proporção significativa da população de alguns países. Além disso, existe uma preocupação

com aqueles usuários bastante freqüentes, que são expostos a longos períodos. É particularmente importante que o potencial de exposição a estes irritantes respiratórios seja minimizado por meio de ações de gerenciamento nas piscinas (OMS, 2006) tais como manutenção adequada e regular, melhoria na qualidade do sistema de ventilação do ar, educação e certificação para todos os operadores de piscinas , públicas ou privadas, e educação sobre práticas saudáveis de natação (Kaydos-Daniels et al. 2007).

A sociedade em geral deve ser conscientizada da necessidade de melhoria da higiene entre os usuários de piscinas com o objetivo de minimizar a formação das cloraminas. Banho antes da entrada na piscina, pausas regulares para ir ao sanitário, e trocas regulares de fraldas dos bebês devem diminuir o nível de contaminação da piscina e a formação de cloraminas, além de conservar o cloro para a inativação de patógenos.

O desenvolvimento de testes rápidos e sensíveis para a detecção de cloraminas no ar dos ambientes fechados de piscinas seria um avanço indiscutível. Adicionalmente, a adequação dos padrões de ventilação das piscinas cobertas poderia auxiliar na prevenção de problemas de exposição respiratória.

#### 4.3 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE SINTOMAS RESPIRATÓRIOS

O questionário de sintomas respiratórios foi aplicado aos mesmos profissionais e funcionários dos dois ambientes estudados, que realizaram os testes de avaliação da capacidade respiratória, perfazendo um total de 40 avaliações.

Na figura 12 é possível observar que todos os profissionais da piscina salina relataram possuir algum tipo de doença respiratória enquanto que 50% dos profissionais da piscina clorada relataram não apresentar nenhum tipo de doença.

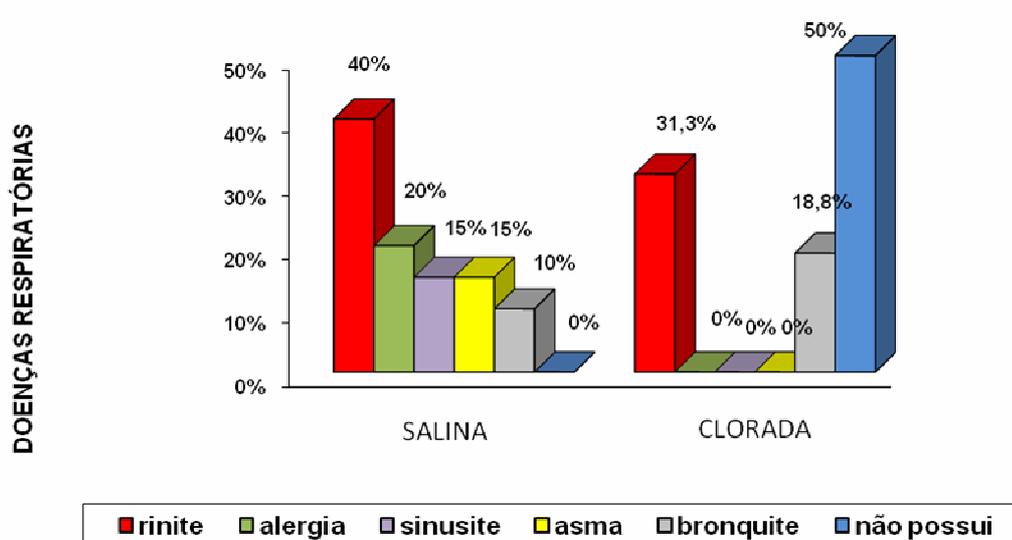


Figura 12 - Frequência (em porcentagem) das doenças respiratórias entre os profissionais de ambientes de piscina salina e clorada.

De acordo com a Figura 12, a rinite é a doença mais referida em ambos os ambientes, o que pode estar ligado ao caráter alérgico desta doença. Depois da rinite, a bronquite é a doença mais referida no ambiente da piscina clorada, enquanto que na piscina salina asma e sinusite aparecem com o mesmo percentual, como a segunda doença mais relatada. Estes resultados causaram uma relativa surpresa, já que os ambientes de piscinas salinas são considerados como mais saudáveis que aqueles de piscinas cloradas, e portanto esperar-se-ia que seus funcionários apresentassem menos queixas respiratórias.

A presença de sintomas irritativos do sistema respiratório apresentados na Figura 13 está de acordo com as patologias referidas em ambos os ambientes. Sintomas como dor de cabeça e congestão nasal, por exemplo, são característicos da sinusite e da rinite, patologias com maior percentual de ocorrência naqueles ambientes.

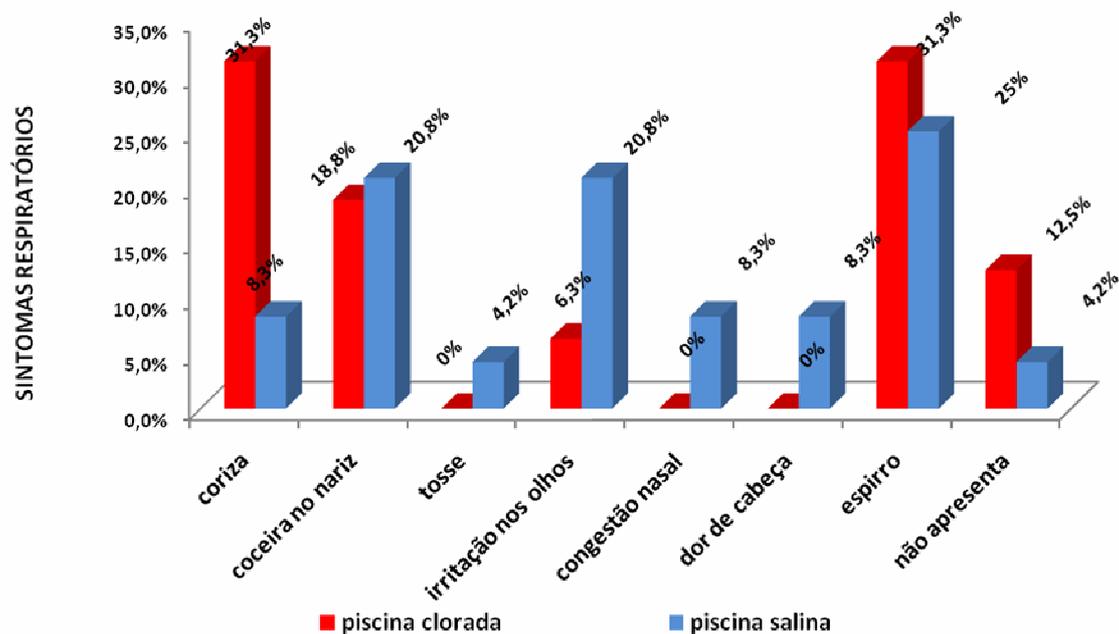


Figura 13 - Frequência (em porcentagem) dos sintomas respiratórios apresentados pelos profissionais dos ambientes de piscina salina e clorada.

Na Figura 14 observa-se um maior percentual de trabalhadores na piscina salina que sempre realizaram este tipo de atividade laboral, enquanto que na piscina clorada quase 30% dos profissionais. Este fato talvez explique o maior número de queixas respiratórias entre os trabalhadores da piscina salina, já que estão expostos ao ambiente de piscina coberta há mais tempo como demonstra a figura 13.

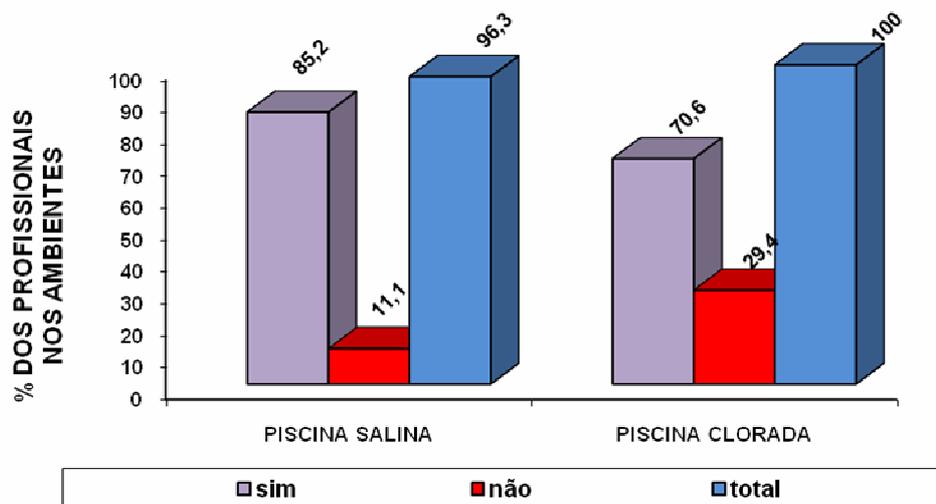


Figura 14- Percentual de profissionais que sempre trabalhou em piscina coberta

Os resultados da Figura 13 estão relacionados àqueles apresentados na Figura 14, que demonstram que quase 81% dos profissionais da piscina salina trabalham em ambientes fechados há mais de um ano, contra 57% da piscina clorada. Há uma concordância de dados nas figuras 13,14e 15, mostrando que os profissionais da piscina salina estão a mais tempo trabalhando em ambiente de piscina coberta que os profissionais da piscina clorada.

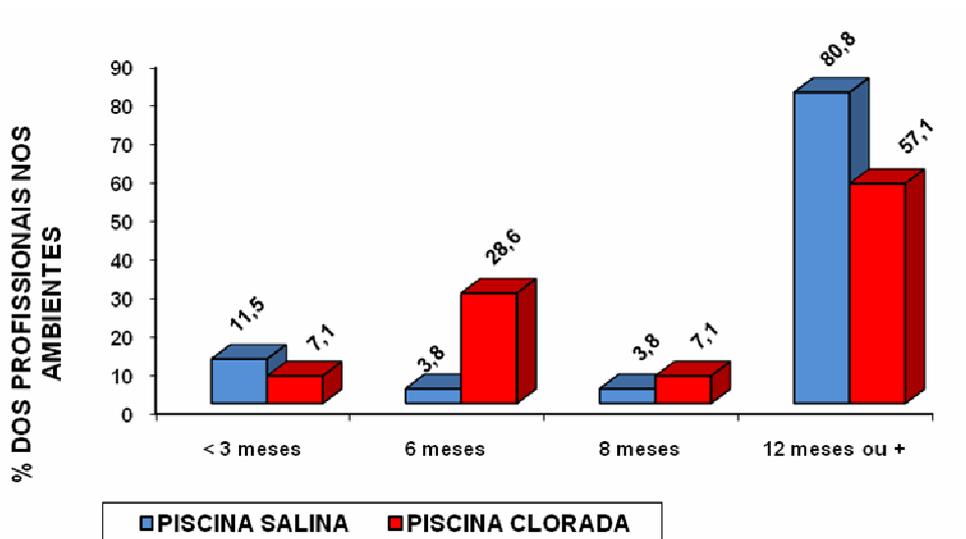


Figura 15- Comparação do tempo de trabalho dos profissionais de ambientes de Piscina Salina e Clorada.

A Figura 16 demonstra que a maioria dos profissionais que possui doença respiratória sempre exerceu sua atividade laboral em piscinas cobertas, independentemente do processo de desinfecção utilizado na água. No entanto, observa-se uma maior prevalência de doenças respiratórias entre os profissionais da piscina salina.

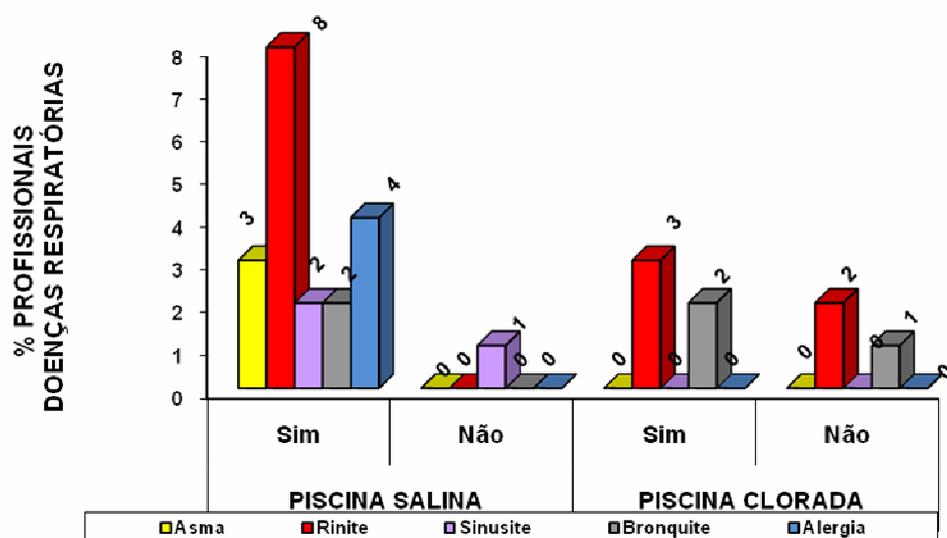


Figura 16 - Relação dos profissionais da piscina salina e da piscina clorada que possuem doença e que sempre exerceram a atividade em piscina coberta.

A Figura 17 apresenta a relação entre a predominância de doenças respiratórias e o tempo de trabalho dos profissionais.

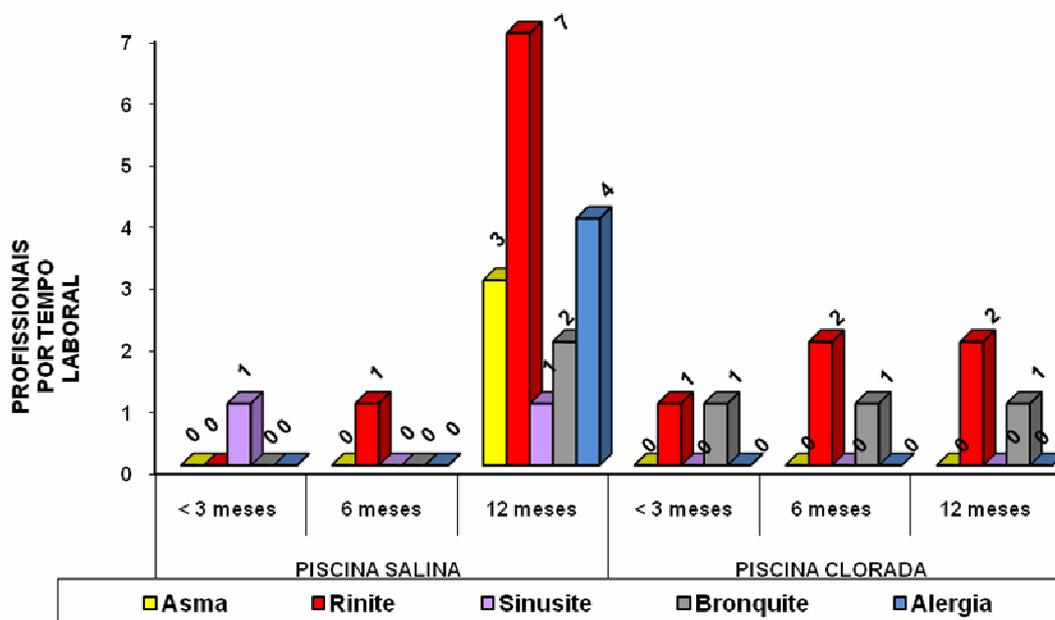


Figura 17 - Relação dos profissionais de ambientes de piscina salina e clorada sobre a ocorrência de doenças respiratórias com o tempo há que exerce a atividade em piscina fechada

Observa-se que na piscina salina a maior predominância de doenças respiratórias ocorre entre os profissionais que exercem esta atividade laboral há mais de um ano, enquanto que na piscina clorada não há diferença significativa entre o tempo de trabalho e a ocorrência das doenças. Nesta última, a predominância das doenças é a mesma tanto em profissionais que exercem a atividade há 6 meses como os que a exercem há 12 meses.

Constatou-se também que os sintomas rinite, alergia e bronquite relatados pelos profissionais de ambientes de piscina clorada e salina estão relacionados ao fato de trabalharem também em outro ambiente de piscina, como demonstrado na Figura 18.

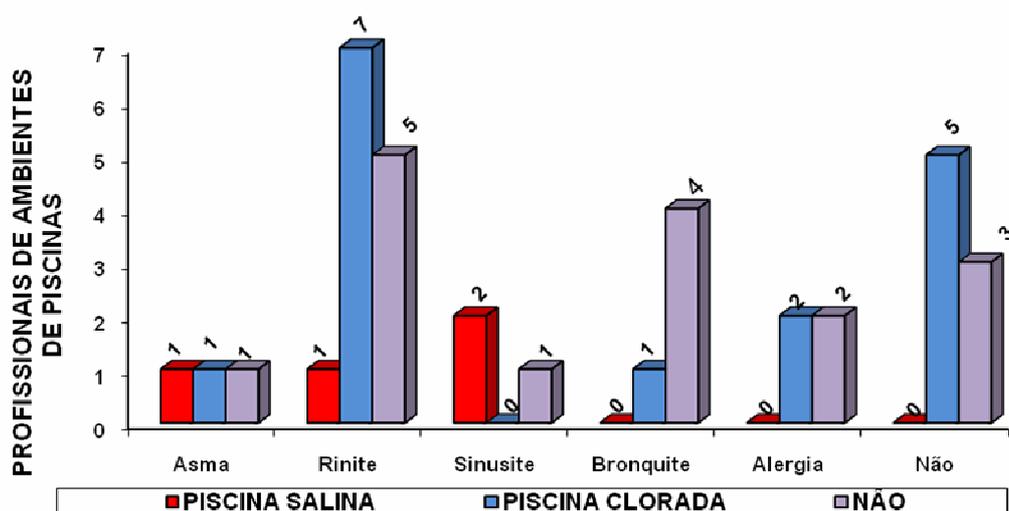


Figura 18 - Ocorrência de doença respiratória relacionada ao fato do indivíduo trabalhar também em outro ambiente de piscina

No entanto, a bronquite é a doença mais referida no ambiente da piscina clorada, enquanto que na piscina salina as doenças com maior ocorrência são rinite, bronquite, alergia e sinusite.

Na Figura 19, observa-se que há uma maior incidência de doenças respiratórias nos profissionais, de ambos os ambientes, expostos àqueles ambientes quatro vezes por semana ou mais.

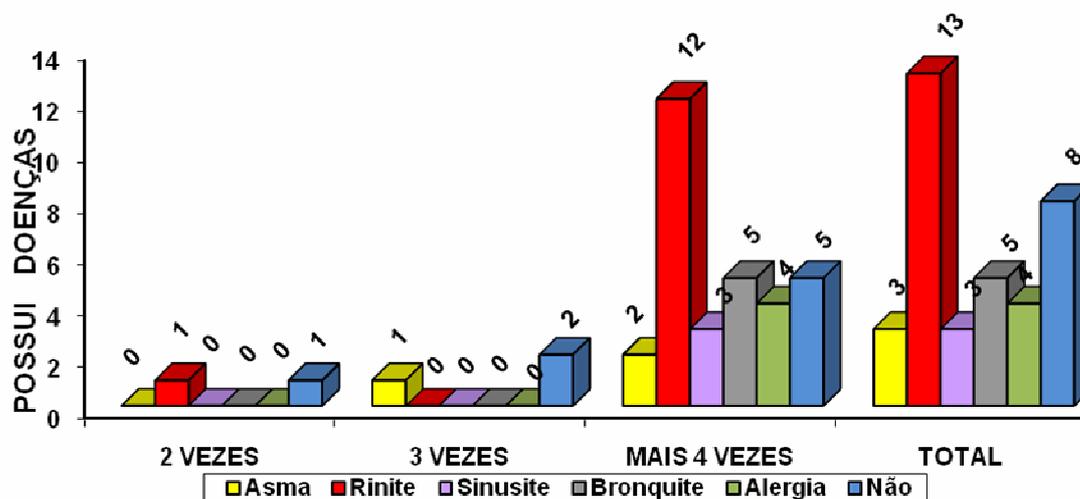


Figura 19 - Relação dos profissionais de ambientes de piscina salina e clorada sobre a ocorrência de doença respiratória relacionada ao número de dias por semana em que o indivíduo está exposto ao ambiente da piscina.

A relação apresentada entre a incidência das doenças de acordo com a idade dos profissionais está ilustrada na Figura 20. Com exceção da rinite e da sinusite, que apresentaram maior incidência nos profissionais de 25 a 35 anos. Há maior incidência das doenças nos profissionais entre 15 e 25 anos.

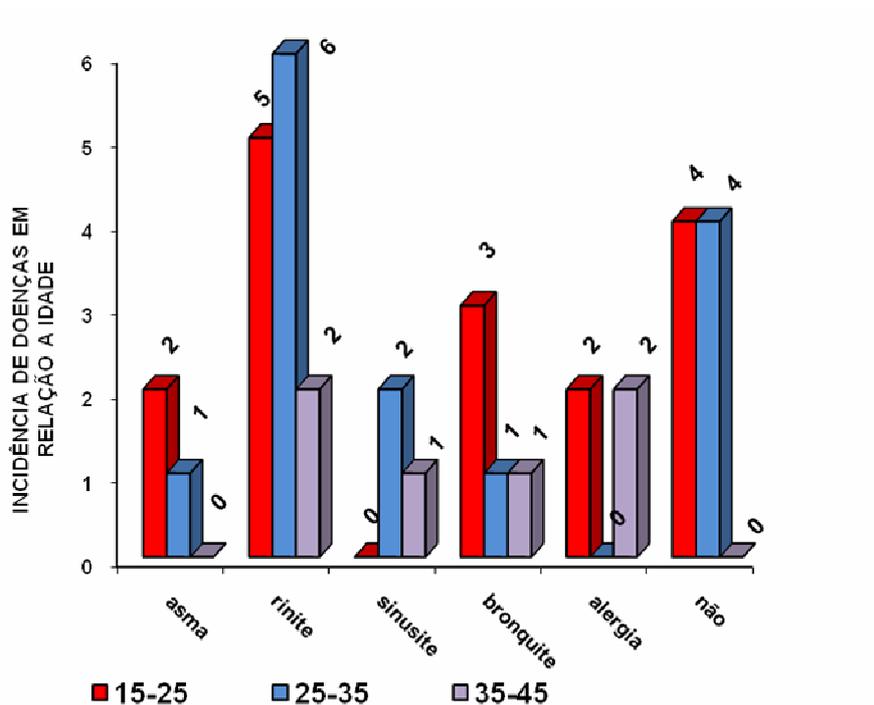


Figura 20 – Ocorrência de doenças respiratórias de acordo com a idade dos profissionais

A incidência dos sintomas respiratórios de acordo com a idade dos profissionais segue ilustrada na Figura 21 aonde é possível observar a prevalência de maior número de indivíduos nas idades de 15 a 25 e 25 a 35, ou seja, indivíduos mais jovens.

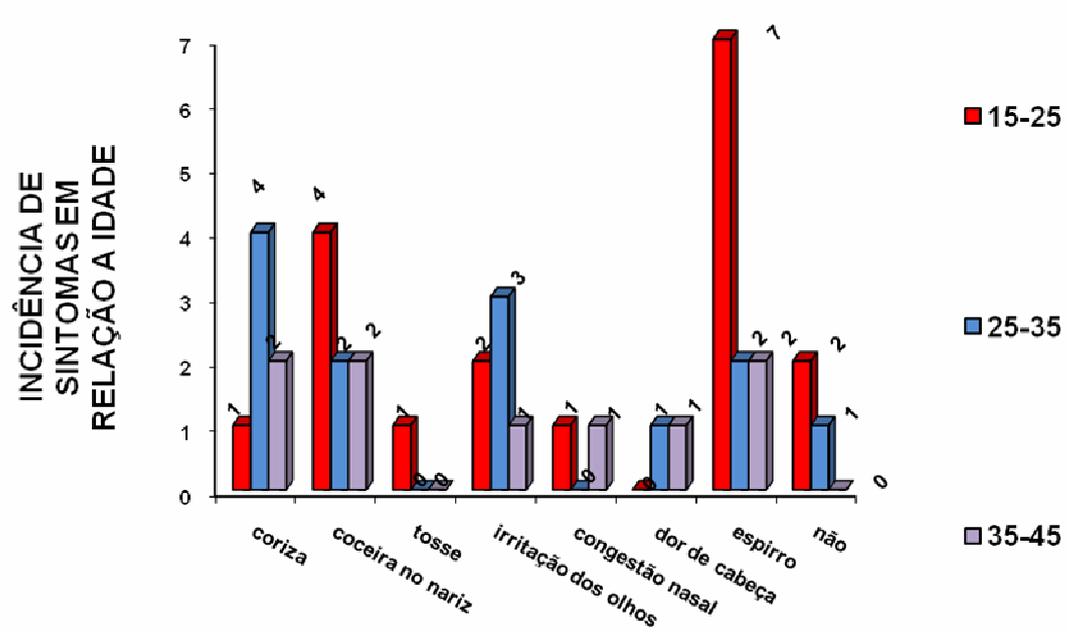


Figura 21 – Ocorrência de sintomas respiratórios de acordo com a idade dos profissionais.

Com exceção da asma e bronquite, a prevalência das doenças respiratórias ocorre em maior número nos indivíduos do sexo masculino, como demonstra a Figura 22.

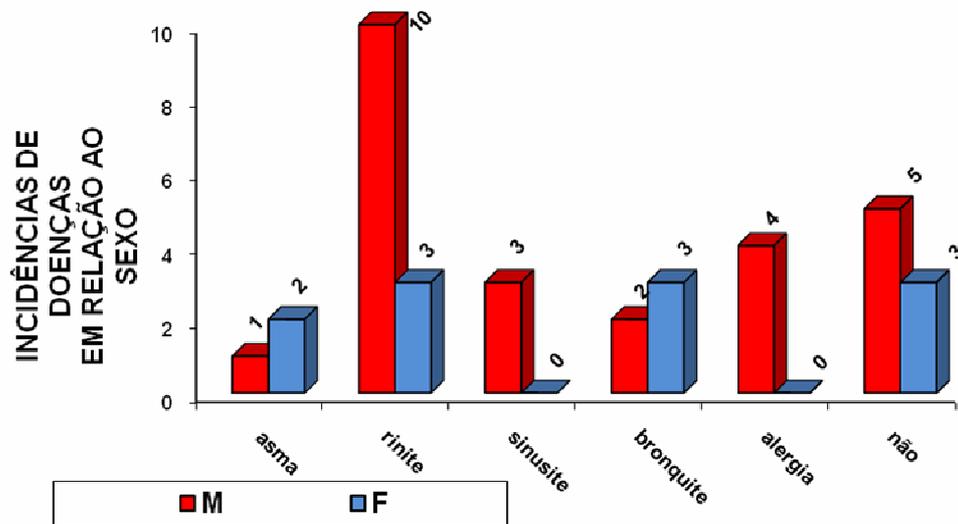


Figura 22 – Ocorrência de doenças respiratórias de acordo com o sexo dos profissionais.

Os sintomas respiratórios também são relatados majoritariamente pelos profissionais do sexo masculino em relação aos do sexo feminino. O gráfico da Figura 23 indica essa prevalência sobre todos os sintomas referidos.

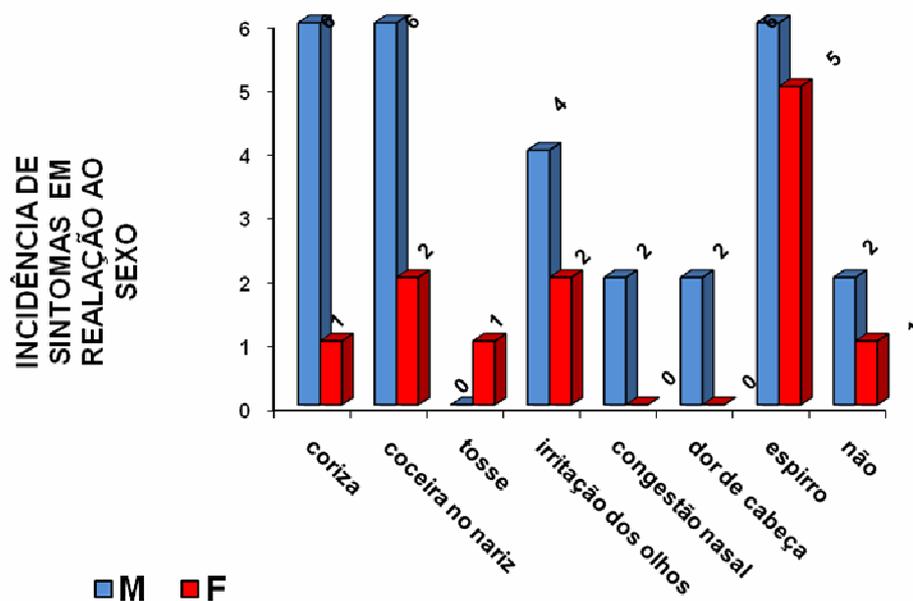


Figura 23 – Ocorrência de sintomas respiratórios de acordo com o sexo dos profissionais.

Um estudo semelhante realizado por Jacobs et al, (2007) na Holanda comparou os resultados do questionário de sintomas respiratórios à população em geral não freqüentadora de ambientes de piscinas e identificou um aumento significativo das queixas de sintomas respiratórios nos profissionais das piscinas. As queixas de desconforto no ambiente tais como temperatura inadequada, ventilação insuficiente, presença de cloro no ar, e umidade elevada foram fortemente associadas com os sintomas respiratórios e alérgicos. A exposição prolongada às tricloraminas foi significativamente associada com sintomas nas vias aéreas superiores.

Massin et al. (1998) também estudaram a relação entre os níveis de tricloramina e sintomas respiratórios crônicos, índices de função pulmonar e hipersensibilidade bronquial em 334 salva-vidas franceses. A exposição àquele composto foi associada aos sintomas respiratórios apresentados pelos profissionais avaliados.

De acordo com os resultados apresentados pelos questionários, é possível identificar que a presença de sintomas e doenças respiratórias parece estar relacionada ao período e a frequência ao qual o profissional está exposto ao ambiente de piscina coberta, ao fato de sempre exercer esta atividade laboral, e ao fato de trabalhar também em outra piscina além da pesquisada. Estas observações valem para os profissionais de ambos os ambientes, tanto o da piscina salina como o da piscina clorada.

## 5 CONCLUSÃO

Os valores de concentração de tricloramina detectadas neste trabalho, embora provenientes de uma amostragem pequena, estão muito abaixo daquelas descritas na literatura e também do limite preconizado pela Organização Mundial da Saúde. No entanto, pesquisas com um maior número de estabelecimentos devem ser efetuadas para confirmar tais observações. Os estudos relacionados aos riscos à saúde causados pela exposição às tricloraminas ainda devem ser aprimorados como estratégia de proteção aos atletas, aos funcionários, e ao público freqüentador de piscinas cobertas em geral, principalmente as crianças.

Até que novas e conclusivas informações estejam disponíveis, deve-se garantir que os ambientes fechados que abriguem piscinas sejam adequadamente ventilados, independente do sistema utilizado para a desinfecção da água, para minimizar o acúmulo das cloraminas no ar daqueles ambientes. Além disso, o controle do processo de cloração, a temperatura e, principalmente, o controle rigoroso da higiene dos usuários são métodos relativamente simples para controlar a formação de cloraminas e outros subprodutos da desinfecção da água da piscina. Outras possibilidades tais como modificação ou otimização dos métodos de tratamento e desinfecção, embora mais complexas, não devem ser descartadas. Adicionalmente, as pausas entre as atividades daqueles profissionais que passam a maior parte do dia dentro de ambientes fechados de piscinas são fundamentais para minimizar a exposição.

Sugere-se que o sistema de desinfecção da água pelo método de hidrólise de cloreto de sódio, que é comercializado com o argumento de oferecer menor risco à saúde dos usuários, seja mais bem investigado, já que os sintomas relatados pelos usuários deste sistema parecem ser motivos plausíveis para uma investigação mais aprofundada. Até o presente momento,

a exposição à tricloramina parece ser a causa mais importante para a elevada prevalência dos sintomas aqui relatados.

Além disso, uma nova avaliação da capacidade respiratória dos profissionais que trabalham nas academias seja realizada, mas utilizando os próprios indivíduos como parâmetro de si mesmo.

Considera-se que os objetivos deste estudo foram plenamente alcançados.

## REFERÊNCIAS

BAGATIN, E; COSTA, E A. Doenças das vias aéreas superiores. **J. bras. pneumol.** v.32 n.1 São Paulo, 2006.

BAR-OR, O.; INBAR O. Swimming and asthma. Benefits and deleterious effects. **Sports Med.** 14: 397–405, 1992.

BARBEE, S. J., THACKARA, J. W., RINEHART, W. E. Acute Inhalation Toxicology of Nitrogen Trichloride. **Am. Ind. Hyg. Assoc. J.** v.44, n.2: 145-146, 1983.

BELEZA,V.M.; COSTA, R.M.S.S. Renovação do ar e da água em piscinas cobertas:sua correlação. [www.appages.com/docs/piscinasvmBeleza](http://www.appages.com/docs/piscinasvmBeleza). Acesso 28 de junho de 2006 às 10h e 10 min.

BERNARD, A., LAUWERYS, R. Low molecular weight proteins as markers of organ toxicity with special reference to Clara cell protein (CC16). **Toxicol. Lett.** 77: 145–151, 1995.

BERNARD, A.; CARBONELLES, S.; MICHEL, O.; HIGREET, S.; BURBURE, C. BUCHET, J. P.; HERMANS, C.; DUMONT, X.; DOYLE, J. Lung hyperpemeability and asthma prevalence in schoolchildren: unexpected associations with the attendance in indoor chlorinated swimming pools. **Occupational and Environmental medicine.** v.60:385-394, 2003.

BERNARD, A., CARBONNELLE, S., NICKMILDER, M., DE BURBURE, C. Non-invasive biomarkers of pulmonary damage and inflammation: application to

children exposed to ozone and trichloramine. **Toxicol. Appl. Pharmacol.** 206: 185-190, 2005.

BETHLEN,N. **Pneumologia**.São Paulo: Atheneu ,2001.

BOWEN, A.B., KILE, J.C., OTTO, C., KAZEROUNI, N., AUSTIN, C., BLOUNT, B.C., WONG, H-N., BEACH, M.J., FRY, A.M. Outbreaks of Short-Incubation Ocular and Respiratory Illness Following Exposure to Indoor Swimming Pools. **Environmental Health Perspectives.** 115: 2, 2007.

CAMARGOS, P. A. M.. Asma e Rinite como expressão de uma única doença; um paradigma em construção. **Revista de Pediatria.**

CARBONELLES, S.; FRANCAUX, M.; DOYLE, I.; DUMONT, X.; BURBURE, C.; MOREL, G.; MICHEL, O.; BERNARD, A. Changes in serum pneumoproteins caused by short-term exposures to nitrogen chloride in indoor chlorinated swimming pools. **Biomarkers.** v.7,n.6: 464-478, 2002.

CARBONNELLE SY, BUCHET J-P, HERMANS CR, DOYLE IR, BERNARD AM. Increased lung epithelium permeability in children regularly attending chlorinated pools. **Eur Respir J.** 18: Suppl. 33, 186S, 2001.

CASTAGNARI, P. Utilização do Cloro em tratamento de Piscinas. **Abiclor – Associação Brasileira de Álcalis, Cloro e Derivados.** Disponível em: <http://www.abiclor.com.br/> Acesso em 25 de setembro de 2006 às 20h e 29 min.; 2005

COHLE, S.D., THOMPSON, W., EISENGA, B.H., COTTINGHAM, S.L. Unexpected death due to chloramine toxicity in a woman with a brain tumor. **Forensic Science International** 124: 137–139, 2001.

III CONSENSO BRASILEIRO NO MANEJO DA ASMA. Definição, epidemiologia, patologia e patogenia. J. Pneumologia vol.28 suppl.1 São Paulo June 2002.

COSTA, G. M.; LIMA, J.G.M.; LOPES, A.J. **Espirometria: a influência da postura e do clipe nasal durante a realização da manobra.** Pulmão RJ 2006; 15 (3): 143 – 7.

COSTANZO; L.S. **Fisiologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

CUKIER; A.; MORRANE,N.; NAKATAMI,J.. **Pneumologia** Atualização e reciclagem. São Paulo: Atheneu,1997.

DÂNGELO, J.G.; FATTINI, C.A. **Anatomia básica dos sistemas orgânicos.**São Paulo: Atheneu, 2004.

DOUGLAS, C R. **Tratado de Fisiologia Aplicada à Fisioterapia.** São Paulo: Robe, 2002.

GAGNAIRE, F., AZIM, S., BONNET, P., HECHT, G. AND HERY, M. Comparison of the sensory irritation response in mice to chlorine and nitrogen trichloride. **J. appl. Toxicol.** 14,405 – 409, 1994

GANNON, P.F.G.; NEWTON, D.T.; BELCHER, J.; PANTIN, C.F.; BURGE, P.S. The development of OASYS-2; a system for the analysis of serial measurement of peak expiratory flow in workers with suspected occupational asthma. **Thorax**, v. 51, pp. 484-489, 1996.

GRAAFF, V. ;Kent, M. **Anatomia humana.** São Paulo: Manole, 2003.

GUYTON, A.C. **Tratado de fisiologia médica.** Rio de janeiro: Interamericana, 2000.

HARVEY, D. **Modern Analytical Chemistry**. New York: McGraw-Hill, 2000.

HERMANS, C., BERNARD, A. Pneumoproteinemia, a new perspective in the assessment of lung disorders. **Eur. Respir. J.** 11: 801– 803, 1998.

HERMANS, C., BERNARD, A. State of the art. Secretory proteins of pulmonary epithelial cells: characteristics and potential applications as peripheral lung markers. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.** 159, 646– 678, 1999.

HERY, M.; HECHT, G.; GERBER, J.M.; GENDRE, J.C.; HUBERT, G.; REBUFFAUD, J. Exposure to chloramines in the atmosphere of indoor swimming pools. **Ann. Occup. Hyg.** v. 39, n. 4, pp. 427-439, 1995.

HERY, M.; GERBER, M.J.; HECHT, G.; SUBRA, I.; POSSZ, C.; AUBERT, S.J.; DIEUDONNE; ANDRE, C.J. Exposure to chloramines in a green salad processing plant. indoor swimming pools. **Ann. Occup. Hyg.** v. 42, n. 7, pp. 437-451, 1998.

HERY, M., DORNIER, G., PUZIN, M. Chloramines dans les piscines et l'agroalimentaire. **Publication de Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)**, 2000.

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. **Eur Respir Journal.** 29:690-698, 2007

JUDD, S.J.; BULLOCK, G. **The fate of chlorine and organic materials in swimming pools.** **Chemosphere**, 51(9): 869–879, 2003.

KAYDOS-DANIELS, S.C., BEACH,M.J.,SHWE,T.,MAGRI,J., BIXLER, D. Health effects associated with indoor swimming pools: A suspected toxic chloramine exposure. **Public Health** 2007, doi:10.1016/j.puhe.2007.06.011

KNUDSON, R.J.; LEBOWITZ, M.D.;HOLBERG, C. J.;BURROWS, B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. **Am Rev Respir Dis** 127:725-34 ,1983.

LADOSKY, W; ANDRADE, RT; LOUREIRO, N.G; GANDAR, J.M.B; BOTELHO, M.M. **Comparação entre valores espirométricos de referência obtidos a partir das equações de Knudson e Pereira – Adultos.** **J Pneumol** 2001; 27 (6): 315 – 20.

LEFF AR, SCHUMACKER PT. **Fisiologia Respiratória: fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro: Interlivros, 1996.

LÉVESQUE, B.; DÚCHENSE, J.F.; GINGRAS, S.; LAVOIE, R.; PRUD'HOMME, D.; BERNARD,E. The determinantes of prevalence of health complaints among young competitive swimmers. **Int Arch Occup Environ Health**, 2006.

LUNDGREN,F.L.C.; CABRAL,M.M.; CLÍMACO, D.C.S; MACEDO, L.G.; COELHO, M.A.L.; DIAS ALPLA. Determinação da eficiência do VEF6 como substituto do CVF Nna triagem diagnóstica da doença pulmonar obstrutiva crônica através da comparação entre as relações VEF1/CVF e VEF1/VEF6. **J Brás Pneumol** 2007; 33 (2): 148 – 51.

MASSIN, N.; BOHADANA, A.B.; WILD, P.;HERY, M.;TOARMAIN,J.P.;HUBERT,G. Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pools. **Occup Environ Med.** v.55, 258–263, 2008.

NEMERY, B.; HOET, P. H. M.; NOWAK, D. Indoor swimming pools, water chlorination and respiratory health. **Eur Respir J**. v.19, 790–793, 2002.

NETTER, Frank H. **Atlas de Anatomia Humana**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2000

NICKMILDER, M., BERNARD, A. Ecological association between childhood asthma and availability of indoor chlorinated swimming pools in Europe. **Occup Environ Med**. 64: 37–46, 2007; doi: 10.1136/oem.2005.025452

PEREIRA, C. A. C. Teste de função pulmonar – Projeto Diretrizes. **Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia**. 16 de Abril de 2001.

PEREIRA, C. A. C.; BARRETO, S.P.;SIMÕES, J.G.;PEREIRA, F. W. L.; GERSTLER, J. G.;NATAKANI, J.Valores.de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. **J.Pneumologia** 18:10-22,1992

PRELLER L, DOEKES G, HEEDERIK D, VERMEULEN R, VOYELZANG PF, BOLIJS. Disinfectant use as a risk factor for atopic sensitization and symptoms consistent with asthma: an epidemiological study. **Eur Respir J** 9: 1407–1413, 1996.

RAMOS, M. de C. Sintomas respiratórios na população da cidade de Ribeirão Preto, SP (Brasil). Resultados da aplicação de um questionário padronizado. **Rev. Saúde pública**. S. Paulo, 17:41-50, 1983.

RUOTI, R. G.; MORRIS, D. M. e COLE, A. J. **Reabilitação aquática**. São Paulo: Manole, 2000.

SAFOS, M. P. e VIEGAS, C A A. Terceira Idade, atividade física e implicações sobre a função pulmonar. **Revista Digital - Buenos Aires** - Año 5 - N° 21 - Mayo 2000.

SARTY, W. Asma Ocupacional. **Medicina**, Ribeirão Preto, 30: 383-391, jul./set. 1997.

SILVA, L.C.C; RUBIN, AS; SILVA, LMC. Avaliação Funcional Pulmonar. **Revinter**. Rio de Janeiro, 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA. **Diretrizes para Testes de Função Pulmonar**. Vol 28, suplemento 3, out, 2002.

SPENCER, AP. **Anatomia humana básica**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1991.

SUNDELL, J. **On the history of indoor air quality and health**. <[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list\\_uids=15330772](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=15330772)> .Acesso em 10 de novembro de 2006

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences. Versão 13.0.

TELDESCHI ALG, SANT'ANNA C C AIRES, V L T. Prevalência de sintomas respiratórios e condições clínicas associadas à asma em escolares de 6 a 14 anos no Rio de Janeiro. **Rev Assoc Med Bras**. v.48, n.1, 54-9, 2002.

THICKETT, K.M.; et al. Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. **Eur. Respir. J**. v.19, pp. 827-832, 2002.

TORTORA, G.J. **Corpo humano: fundamentos de anatomia e histologia**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2000.

WHO. **Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals**. Geneva, World Health Organization (Environmental Health Criteria 210), 1999.

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

[www.infopedia.pt/\\$hematose-pulmonar](http://www.infopedia.pt/$hematose-pulmonar)

[www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/spiro.htm](http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/spiro.htm)



7) Qual o período em os que sintomas se manifestam?

- manhã       tarde  
 noite     depende do ambiente

8) Em que estação do ano os sintomas se agravam mais?

- Inverno       Verão  
 Primavera     Outono  
 independente

9) Você costuma apresentar com frequência alguns destes sintomas?

- coriza                       congestão nasal  
 coceira no nariz     dor de cabeça  
 tosse                       espirro  
 irritação dos olhos  não

10) Se você apresenta alguns dos sintomas acima, indique qual o período em que ocorrem com maior frequência.

- manhã       tarde  
 noite  
 durante o horário de trabalho  
 após o horário de trabalho  
 outro

11) Você sente chiado no peito?

- frequentemente  
 ocasionalmente, mesmo quando não estou resfriado  
 só quando estou resfriado  
 não sinto chiado no peito

12) Você apresenta tosse com catarro?

- eventualmente  
 sempre apresento

- somente durante a jornada de trabalho
- não apresento
- 13) Você sente cansaço ou falta de ar mesmo sem realizar esforço intenso?
- sim, sinto ambos
- sinto apenas cansaço
- sinto apenas falta de ar
- não sinto nenhum dos dois sintomas
- 14) Você sente algum dos sintomas acima citados no período de férias?
- sim                     não
- 15) Sempre trabalhou em ambientes de piscinas cobertas?
- sim                     não
- 16) Caso a resposta referente à questão anterior seja afirmativa, há quanto tempo?
- menos de 3 meses     3 meses
- 6 meses                     8 meses
- 12 meses ou mais
- 17) Qual o período de trabalho diário nesse ambiente?
- 4 horas             6 horas
- 8 horas             outro\_\_\_\_\_
- 18) Quantas vezes por semana você trabalha?
- 1 vez             2 vezes
- 3 vezes             4 vezes
- mais que 4 vezes
- 19) No intervalo entre uma atividade e outra você permanece no ambiente da piscina?
- sim                     não
- 20) Caso responda sim, qual a duração da pausa?

- 5 minutos       10 minutos  
 15 minutos ou mais

- 21) Você trabalha em outro ambiente de piscina fechada?  
 sim, piscina clorada       sim, piscina salina       não

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)