

**SÉRGIO MANOEL D'ALMEIDA JATOBÁ**

**R.A.:963243**

**ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS DO CORPO**  
**HUMANO NO AMBIENTE AQUÁTICO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**2000**



**SÉRGIO MANOEL D'ALMEIDA JATOBÁ**

**R.A.:963243**

**ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS DO CORPO  
HUMANO NO AMBIENTE AQUÁTICO**

**Monografia apresentada na disciplina  
MH 620 – Monografia II – Faculdade  
de Educação Física – Universidade  
Estadual de Campinas (UNICAMP),  
para a conclusão do curso de  
Educação Física – Bacharelado em  
Treinamento Esportivo  
Orientador: Prof. Dr. Luiz Barco  
Coorientação: Prof. Ms. Gilson  
Rambelli e Randal Fonseca**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**2000**

**Dedico este trabalho a todos que de alguma maneira fazem ou fizeram parte de minha vida, tornando alguns momentos únicos... em especial ao meu grande e verdadeiro amigo...meu Avô Sérgio (Saponan).**

## Agradecimentos

Ao meu avô, presente em todos os momentos da minha vida, fazendo-me entender o verdadeiro significado da palavra “Homem” e tornando belo até meus momentos mais difíceis...

À minha grande e melhor amiga, minha mãe, que mesmo tão distante esteve sempre tão presente, acreditando e me motivando, sempre!!!

Ao meu pai que de sua forma pouco ortodoxa de ser, me possibilitou caminhar, e entender ainda melhor minha jornada...

Aos meus irmãos, que foram sempre muito mais do que irmãos, e sim meus grandes companheiros...

Aos meus tios, avós e amigos, por terem tornado minha vida tão especial e terem acreditado em mim em todos os momentos!!!!

À linda Daniela Falchi (namorada), que com seu jeito “louco” e especial, caminhou ao meu lado em momentos tão distintos...!!!

Ao meu amigo, Prof. Ms. Gilson Rambelli, pela orientação, apoio e principalmente amizade e paciência possibilitando a realização da minha pesquisa.

Ao meu mestre e amigo, Randal Fonseca, por possibilitar meu primeiro contato e manter o acesso à esse universo tão fantástico do ambiente aquático...

Aos professores, funcionários e amigos da UNICAMP!

Enfim, a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Valeu galera!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
<b>CAPÍTULO I – ASPECTOS FÍSICOS DA ÁGUA.....</b>	<b>9</b>
1.1 - Densidade.....	9
1.2 - Fenômenos Ondulatórios.....	10
1.3 - Temperatura.....	12
1.4 - Pressão.....	13
1.5 - Hidrodinâmica.....	20
<b>CAPÍTULO II – FISIOLOGIA APLICADA AO AMBIENTE AQUÁTICO.....</b>	<b>22</b>
2.1 – Temperatura.....	22
2.2 – Sistema Nervoso.....	23
2.3 – Temperatura e o Sistema Nervoso Central.....	25
2.4 – Pressão Hidrostática e o Sistema Nervoso.....	26
2.5 – Sistema Cardiovascular.....	27
2.6 – Pressão Arterial.....	29
2.7 – Capilares.....	29
2.8 – Veias.....	30
2.9 – Temperatura e o Sistema Cardiovascular.....	30
2.10 – Sistema Respiratório.....	31
2.11 – Mecânica da Ventilação.....	34
2.12 – Pressão e o Sistema Respiratório.....	34
2.13 – Gasto Energético.....	36
2.14 – Fatores que interferem no Gasto Energético.....	37
2.15 – Flutuação Homem X Mulheres.....	39
2.16 – Equipamentos Insulares.....	39
<b>CAPÍTULO III – EMERGÊNCIAS NO AMBIENTE AQUÁTICO.....</b>	<b>41</b>
3.1 – Emergências relacionadas à Temperatura.....	41
3.1.1 – Hipotermia.....	41
3.1.2 – Hipertermia.....	43

3.1.3 – Cãibras.....	43
3.2 – Emergências relacionadas à respiração de gases sob alta Pressão.....	44
3.3 – Mal Descompressivo e/ou Doença Descompressiva.....	45
3.4 – Lesões decorrentes da Hiperexpansão Pulmonar.....	46
3.5 – Barotraumas.....	48
3.6 – Narcose por Nitrogênio.....	49
3.7 – Afogamento e Pré-Afogamento.....	50
3.8 – Tipos de Afogamento.....	52
3.9 – Causas do Afogamento.....	53
3.10 – Fisiologia normal do Alvéolo.....	53
3.11 – Afogamento em Água Doce e Água Salgada (Conceito Antigo).....	53
3.12 – Conceitos Antigos.....	54
3.13 – Afogamento em Água Doce e Água Salgada (Conceito Atual).....	54
3.14 – Prevenção.....	54
3.15 – A Importância do treinamento em Primeiros Socorros.....	55
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>57</b>

# ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS DO CORPO HUMANO NO AMBIENTE AQUÁTICO

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho pretende analisar as mudanças fisiológicas ocorridas no corpo humano relacionado ao ambiente aquático e suas conseqüências sobre a homeostase humana.

Com a grande disseminação das práticas aquáticas por todo o mundo, em todos os âmbitos sociais, fica indispensável o conhecimento das reações ocasionadas pela água no corpo humano. Nosso trabalho analisa essas alterações, e possibilita ao leitor entender e estender seus horizontes dentro do raciocínio fisiológico, permitindo abordagens mais conscientes e inteligentes.

Neste sentido, esses fenômenos fisiológicos nos chama atenção sobre a importância da realização de um estudo mais aprofundado e sistemático sobre o tema, no intuito de permitir à educadores físicos e outros profissionais, o acesso à informações tão preciosas, e que infelizmente são escassas no Brasil.

Assim, no intuito de melhor discutirmos esta temática, tão importante no universo da Educação Física e outros, dividimos nosso trabalho em três capítulos. O primeiro capítulo apresenta os principais aspectos físicos da água, suas causas e seus efeitos sobre a homeostase humana.

O segundo capítulo trata dos aspectos fisiológicos do organismo humano e suas adaptações frente às influências da água, pois pesquisas realizadas nos mostram uma enorme

quantidade de alterações metabólicas. Esses conhecimentos nos permitem uma melhor compreensão e interação com o ambiente aquático.

No terceiro e último capítulo desenvolvemos um estudo sobre algumas situações extremas, que o organismo humano poderá passar, em decorrência à inadequada interação com o ambiente aquático, envolvendo a prática do mergulho autônomo, da natação e diversas outras atividades realizadas, enfatizando alguns aspectos relacionados às emergências e primeiros socorros.

E finalmente nas considerações finais, iremos ressaltar a importância desses conhecimentos para todos – profissionais e outros – que atuam no ambiente aquático.

## CAPÍTULO I

### ASPECTOS FÍSICOS DA ÁGUA

A água, sem partículas em suspensão, é uma substância inodora e incolor. Seu peso específico – densidade relativa = 1,0 (a 4°C) – é utilizado como padrão de densidade entre outras substâncias, que podem ter sua densidade menor ou maior que a água<sup>1</sup>. Por exemplo, é cerca de 700 a 800 vezes mais densa do que o ar. Enquanto a maioria das substâncias possuem maior densidade na fase sólida a água possui na fase líquida. (Carron, 1997)

Vale ressaltar, que a água, com partículas em suspensão, torna-se mais densa, por exemplo: a água do mar. Com o aumento da densidade, temos um ambiente mais propício para a flutuabilidade, pois um corpo imerso sofrerá um maior empuxo. Um exemplo típico desse fenômeno ocorre no Mar Morto, no Oriente Médio, que por possuir maior concentração de partículas em suspensão, devido a alta salinidade, estabelece um altíssimo grau de flutuação para os banhistas.

#### 1.1 - Densidade

O corpo humano também possui uma densidade relativa – não universal –, pois depende da composição corporal de cada indivíduo, ou seja, se esse possui maior ou menor adiposidade, maior ou menor massa muscular, maior ou menor densidade óssea, ou se é do gênero masculino ou feminino<sup>2</sup>, sua origem étnica, etc...

---

<sup>1</sup> - Exemplos de pesos específicos (densidades relativas): Gordura = 0,8; Músculo = 1; Ossos = 1,5 - 2,0; Ar = 0,0012; Gelo = 0,92; Ferro = 7,8; Chumbo = 11,2; etc.

<sup>2</sup> - Devido à maior porcentagem de tecido adiposo nas mulheres, essas tendem a flutuar melhor do que os homens. (McArdle & Katch, 1996; Carron, 1997)

Existem três categorias nas quais os indivíduos, de acordo com as características citadas anteriormente, podem ser classificados. São elas: positiva (tendência a flutuar); negativa (tendência a afundar); e neutra (não afunda nem flutua).

Essa variação de flutuabilidade ocorre em função da relação do volume corporal e da massa de cada indivíduo, em relação a água (SSI Open Water Diver Manual, 2000). Se a massa for maior que o volume de água que o corpo desloca, o indivíduo irá afundar, se for menor irá flutuar, este fenômeno é conhecido como *Empuxo* ou *Princípio de Arquimedes*. Desta forma, qualquer objeto imerso em um meio líquido receberá uma força de baixo para cima – empuxo – igual ao volume do líquido deslocado pelo objeto.

Um corpo na água, de acordo com o fenômeno descrito acima, está submetido a duas forças em oposição, a gravidade, através do centro de gravidade, e a flutuação, através do centro de flutuação ou metacentro. Nem sempre o centro de gravidade e de flutuabilidade se localizam no mesmo ponto, por exemplo, o corpo de um nadador pode ter maior dificuldade de flutuação em certas regiões corporais, para que isso não ocorra, ele deverá procurar equilibrar esses pontos.

Esse conceito vale para qualquer objeto: **D (densidade) = M (massa) / V (volume)**

## 1.2 - Fenômenos Ondulatórios

### Refração

A luz no vácuo se propaga a 300.000 Km/s e na água a 225.000 Km/s. Essa alteração na velocidade da luz devido à mudança do meio de propagação chama-se refração luminosa. (Carron, 1997)

A olho nu, a visão na água não é nítida, os índices de refração da água e dos tecidos do olho em relação ao ar são próximos, sendo assim a convergência diminui e a imagem se forma atrás da retina, como no caso da hipermetropia. Um dos benefícios dos óculos de natação e da máscara de mergulho, é restabelecer o espaço aéreo em torno dos olhos, normalizando o foco. Em contrapartida, as lentes dos óculos e da máscara e o espaço de ar, combinados com a água fazem os objetos parecerem 25% mais próximos e 33% maiores do que o normal. Isso ocorre porque a luz é refratada (dobrada), duas vezes: da água para dentro da máscara e da máscara para os olhos. (Molle, 1992; SSI Open Water Diver Manual, 2000)

### **Absorção de Luz**

Este fenômeno afeta a visão das cores embaixo d'água. A luz diminui rapidamente com a profundidade. A intensidade luminosa é de aproximadamente  $\frac{1}{4}$  a 5 metros;  $\frac{1}{8}$  a 15 metros e  $\frac{1}{30}$  a 40 metros, que a registrada no ar.

A luz branca é a sobreposição de sete cores: violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. Em função do comprimento de onda, cada cor é absorvida em profundidades diferentes, a cor vermelha, de alta frequência, é absorvida primeiro ( $\pm 10$  metros), enquanto as cores de baixa frequência e comprimento de onda maior, como o verde e o azul, ficam visíveis por mais tempo ( $\pm 30$  metros). A 40 metros, tudo parece cinza e preto. Com o uso de uma lanterna, podemos enxergar as cores verdadeiras.

Para melhor entendermos este fenômeno, as cores "quentes" são as que possuem alta frequência (ex: vermelho, laranja) e são absorvidas primeiro, e as cores "frias" (ex: azul, anil, violeta), de baixa frequência, são absorvidas por último.

A visão na água depende de alguns fatores, como a quantidade de luz sobre a superfície (nuvens, altura do sol), a profundidade e a transparência da água. Em águas

turvas, existem partículas em suspensão (materiais orgânicos e/ou minerais), e esse poderá ser outro fator limitante da visão. (Molle, 1992; SSI Open Water Diver Manual, 2000)

## Acústica

O som é uma onda mecânica. As ondas mecânicas precisam de um meio material para se propagarem, logo o som não se propaga no vácuo. A água devido a sua maior densidade é melhor condutora acústica que o ar, portanto, o som na água é propagado quatro vezes mais rápido do que no ar<sup>3</sup>. Desta forma, imerso em ambiente aquático fica difícil distinguir a direção da origem do som. (Carron, 1997)

Da mesma forma as frases ditas embaixo d'água são difíceis de se compreender, pois as cordas vocais fazem vibrar ar atrás da garganta, e este ar não pode transmitir suas vibrações na água.

### 1.3 - Temperatura

A dilatação térmica dos líquidos é diretamente proporcional ao volume inicial do líquido e à variação de temperatura, isto indica que a densidade da água varia de acordo com a temperatura (Carron, 1997) como já citado anteriormente.

A água é uma ótima condutora térmica, e transfere calor 25 vezes mais rápido do que no ar. Se estiver em movimento essa transferência é cerca de 250 vezes mais rápida do que no ar. Veremos detalhadamente no tópico de fisiologia, que este fenômeno é extremamente perigoso para um indivíduo que estiver imerso, pois poderá levá-lo

---

<sup>3</sup> - A velocidade do som no ar = 340 m/s; e a velocidade do som na água = 1.482 m/s.

rapidamente a uma hipotermia, caso a água esteja mais fria do que seu corpo, ou a uma hipertermia, caso a água esteja mais quente de que seu corpo.

A temperatura da água na superfície é diferente em diversos lugares do mundo, assim como, varia também de acordo com as estações do ano.

## 1.4 - Pressão

### Definição

Uma pressão é o resultado de uma força aplicada sobre uma superfície.

$P = \text{pressão} = \text{BARs ou ATMs (1 BAR} = 1 \text{ ATM)}$

$F = \text{força} = \text{Kilogramas}$

$$P = F / S$$

$S = \text{superfície} = \text{centímetros quadrados (cm}^2\text{)}$

Assim, uma pressão de 1 bar (ou  $1,02\text{Kg/cm}^2 = \pm 1\text{Kg/cm}^2$ ) é o resultado de uma força de 1Kg aplicada sobre uma superfície de  $1\text{cm}^2$ .

### Pressão Atmosférica

A terra é envolvida por camadas de ar. O peso deste ar exerce uma pressão sobre todos os corpos.

Esta pressão varia segundo a altitude, quanto maior, menor é a camada de ar que envolve o corpo. Logo, a pressão atmosférica é menor. Por exemplo, se formos para o Lago Titicaca<sup>1</sup>, no Peru, a pressão atmosférica será de aproximadamente 0,7 ATM.

<sup>1</sup> - Em altitude a pressão diminui, pois a camada de ar é menos importante. A 2.000 m  $\pm$  0,76 bar e a 5.000 m  $\pm$  0,5 bar.

Ao nível do mar, a pressão atmosférica é = 760mm Hg (1 ATM), isto quer dizer que ela corresponde aproximadamente, a pressão exercida por uma coluna de ar - hipotética - de 100 km (da atmosfera até o nível do mar), sobre 1 cm<sup>2</sup> de superfície corporal.

Esta pressão é igual a 1,013 bar, ou ainda 1,033 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente a 10,330 metros de água pura.

Para simplificar nossos cálculos, consideramos que:

**a Pressão atmosférica = 1bar = 1kg/cm<sup>2</sup> = 10 m de água**

### A Pressão na Água

Um corpo imerso na água vai sofrer uma pressão igual ao peso da coluna d'água situada sobre ele. Esta pressão é chamada de Pressão Relativa (PR) ou Hidrostática (PH), e varia de acordo com a profundidade.

Uma coluna de 10 m de altura e de 1cm<sup>2</sup> de seção contém 1 litro de água (1.000cm x 1cm<sup>2</sup> = 1.000cm<sup>3</sup> = 1dm<sup>3</sup> = 1 litro).

- 1 litro de água doce pesa 1kg.
- 1 litro de água salgada pesa 1,026kg.

Para simplificar nossos cálculos, consideramos que 1 litro de água, doce ou salgada, pesa 1kg.

A pressão relativa de um corpo imerso a 10 m de profundidade será de 1bar ou de 1kg aplicado sobre 1cm<sup>2</sup>.

Uma coluna d'água de 20 m de altura e de 1cm<sup>2</sup> de seção contém 2 litros. Logo, a pressão relativa a 20 m de profundidade será de 2bars ou 2kg/cm<sup>2</sup> e assim sucessivamente.

Desta forma, podemos constatar que a pressão relativa aumenta 1bar a cada 10 metros:

10 metros:  $PR = 1\text{bar} \pm 1\text{kg/cm}^2$

20 metros:  $PR = 2\text{bars} \pm 2\text{kg/cm}^2$

30 metros:  $PR = 3\text{bars} \pm 3\text{kg/cm}^2$

40 metros:  $PR = 4\text{bars} \pm 4\text{kg/cm}^2$

Mas, a pressão relativa (PR) não é a única pressão a qual o corpo imerso está submetido, pois este sofre igualmente a pressão exercida pela atmosfera: 1bar a mais (ao nível do mar).

A soma da pressão relativa (PR) e da pressão atmosférica (PAtm) chama-se Pressão Absoluta (PA):

$$PA = PR + P_{\text{Atm}} \quad \text{ou melhor} \quad PA = PR + 1 \text{ BAR}$$

Para calculá-la, basta somar 1bar a pressão relativa

Assim: a 10 metros  $PA = 2 \text{ bars}$

a 20 metros  $PA = 3 \text{ bars}$

a 30 metros  $PA = 4 \text{ bars}$

a 40 metros  $PA = 5 \text{ bars}$

O aumento da pressão dentro de um líquido, depende de sua massa específica, da aceleração da gravidade e da profundidade.

A Lei de Pascal afirma que a pressão do líquido é exercida igualmente sobre toda a superfície de um corpo imerso em repouso, a uma dada profundidade. (Carron, 1997)

Líquidos e sólidos praticamente não são comprimidos, porém os gases são. Logo, os espaços de ar que existem no corpo humano, estão na eminência de serem comprimidos pela pressão hidrostática.

Aos 10 metros de profundidade, todos os espaços aéreos de um indivíduo serão reduzidos pela metade, este fenômeno é explicado pela Lei de Boyle, que define: “A uma temperatura constante, o volume de um gás é inversamente proporcional à pressão” (SSI Open Water Diver Manual, 2000: 103).

Conseqüentemente um indivíduo praticando mergulho autônomo, nunca deverá prender a respiração durante a subida até a superfície, isso poderá literalmente explodir seus alvéolos, pois ao subir, os gases que estiverem dentro dos alvéolos se expandirão (diminui a pressão, o volume aumenta).

Normalmente a variação de temperatura é muito baixa, é portanto desconsiderada na aplicação desta lei.

Se **P** é a Pressão antes da imersão e **V** é o volume do gás antes da imersão

e **P'** a Pressão durante a imersão e **V'** o volume do gás durante a imersão

A lei de Boyle pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$\mathbf{P \times V = P' \times V' = Constante}$$

**Exemplo da Aplicação desta lei:**

Experiência com um balão de borracha com cinco litros de ar:

$$P = 1\text{bar} \quad V = 5\text{litros} \quad \text{logo} \quad P \times V = 5$$

A 10 m de profundidade, ele diminui a metade:

$$P_1 = 2\text{bars} \quad V_1 = 2,5\text{litros} \quad \text{logo} \quad P \times V = 5$$

A 30 m, o balão tem 1/4 de seu volume inicial:

$$P_2 = 4\text{bars} \quad V_2 = 1,25\text{litros} \quad \text{logo} \quad P \times V = 5$$

A 70 m, o balão tem 1/8 de seu volume inicial:

$$P_3 = 8\text{bars} \quad V_3 = 0,625\text{litros} \quad \text{logo} \quad P \times V = 5$$

Na subida, verifica-se o volume de ar aumentar na mesma proporção que diminuiu na descida.

Em nosso caso, podemos utilizar o exemplo acima para visualizarmos o que se passa com nossos pulmões na medida em que vamos imergindo:

Profundidade	Pressão Absoluta	vol. pulmonar (merg. livre)	vol. pulmonar (merg. autônomo)
0 m	1 bar	5 litros	5 litros
10 m	2 bars	2,5 litros	10 litros
20 m	3 bars	1,6 litros	15 litros
30 m	4 bars	1,25 litros	20 litros

Obs.: O efeito maior se dá nos primeiros 10 m, pois a pressão dobra e o volume é reduzido pela metade.

Os diferentes gases que compõem o ar, terão uma ação sobre o corpo de um indivíduo, de acordo com a pressão na qual eles são respirados. É importante saber calcular a pressão parcial (PP) de cada um dos componentes do ar, e principalmente do nitrogênio e do oxigênio.

<b>Composição do ar:</b>	Oxigênio	20,9%
	Nitrogênio	79%
	Gás Carbônico	0,03%
	Gases nobres	0,07%

Para simplificar nossos cálculos, consideramos O<sub>2</sub> = 20% e N<sub>2</sub> = 80%.

A Lei de Dalton (Físico inglês, 1766-1844) nos diz: “A pressão total de uma mistura de gases é igual à soma da pressão parcial de cada gás nessa mistura”. (SSI Open Water Diver Manual, 2000: 120)

$$PP = PA \times \frac{X}{100}$$

A Pressão Parcial do N<sub>2</sub> a 40 metros pode ser calculada da seguinte forma:

$$PPN_2 = 5 \times 80/100 = 4 \text{ bars.}$$

Ao nível do mar, a uma pressão de 1,0 ATM, sabemos que a pressão parcial do O<sub>2</sub> (PO<sub>2</sub>) é de 0,2 ATM e a do Nitrogênio (PN<sub>2</sub>) é de 0,8 ATM, as quais somadas, teremos 1 ATM. (SSI Open Water Diver Manual, 2000). Pelo fato de estarmos adaptados a respirar sob uma pressão máxima de 1 ATM (nível do mar), o organismo humano fica saturado de nitrogênio a uma pressão (PN<sub>2</sub>) de no máximo 0,8 ATM. Desta forma, podemos constatar, que no ambiente aéreo (P<sub>Atm</sub>) diferentemente do

ambiente aquático (PH), a concentração de nitrogênio nos tecidos não aumenta nem diminui, não nos causando problemas.

Outra lei Física que está associada à Lei de Dalton, é a Lei de Henry<sup>5</sup>, que explica que a quantidade de gás dissolvida em um líquido é diretamente proporcional à pressão parcial desse gás, portanto quanto maior for a pressão, maior será a quantidade de gás dissolvida no líquido. (SSI Open Water Diver Manual, 2000)

“Isto significa que devido ao aumento da pressão de oxigênio e nitrogênio nos pulmões, uma maior quantidade desses gases será absorvida pelo sangue e levada para os tecidos corporais” (Op.cit.:121)

#### **Fatores de dissolução no mergulho autônomo**

- natureza do gás;
- natureza do líquido (tecidos);
- pressão (profundidade);
- temperatura (37°C);
- tempo (duração do mergulho);
- superfície de contato (tecidos + ou - vascularizados);
- agitação (esforço excessivo).

Esta Lei, é a origem dos acidentes de descompressão

<sup>5</sup> - Lei de Henry (Físico americano, 1797-1878): “Em temperatura constante e em saturação, a quantidade de gás dissolvida em um líquido é proporcional a pressão exercida por este gás em contato com o líquido.”

Na pressão atmosférica, o sangue e os tecidos do corpo estão saturados em nitrogênio. O mergulhador autônomo respira o ar a uma pressão parcial superior que a pressão atmosférica. O sangue e os tecidos absorvem mais N<sub>2</sub> (pois sua PP é superior que a normal), até uma nova saturação, proporcional a pressão/profundidade atingida. Quando o mergulhador sobe, a pressão diminui. Seus tecidos estão em estado de sobre-saturação e o nitrogênio por excelência retoma sua forma gasosa. (Molle, 1992)

Se o mergulhador faz sua subida lentamente, este nitrogênio pode ser eliminado a cada expiração. Mas, se ele sobe rapidamente, o nitrogênio não pode ser eliminado totalmente pelos pulmões, provocando assim acidentes graves, podendo levar a morte.

Para se evitar este tipo de acidente, são utilizadas "tabelas de mergulho". Estas tabelas indicam velocidade de subida, tempos de saturação do N<sub>2</sub> em diferentes profundidades, eventuais paradas de descompressão, intervalos de superfície para mergulhos repetitivos.

### **1.5 - Hidrodinâmica**

Existe um fenômeno conhecido como Princípio Isocinético, o qual determina que o deslocamento na água se torna cada vez mais difícil, quanto maior for a velocidade de deslocamento, pois, a água exerce uma pressão que é relativa ao quadrado da velocidade, por exemplo, se uma corrente está se deslocado a uma velocidade de 9 nós (1852 metros/hora), e a água está exercendo uma pressão de 100 Kg, ao aumentarmos a velocidade de deslocamento da água para 18 nós, a pressão que a água exercerá sobre um corpo será de 400 Kg e não de 200Kg. (Resgate Aquático para Profissionais, 2000)

Sendo assim, um indivíduo em ambiente aquático, para aumentar sua velocidade de deslocamento, tem que diminuir seu atrito e aumentar seu deslize, para isso, ele deve

permanecer mais tempo dentro d'água para aumentar a quantidade de água que desloca, porém, ele também terá aumentado a resistência da água em relação ao seu corpo (Princípio Isocinético).

## CAPÍTULO II

### FISIOLOGIA APLICADA AO CORPO HUMANO NO AMBIENTE AQUÁTICO

#### 2.1 - Temperatura

“A exposição de seres humanos aos extremos do frio produz uma solicitação fisiológica e psicológica significativa que ocupa uma posição proeminente entre os diferentes ambientes terrestres em termos de conseqüências potencialmente letais.” (McArdle & Katch, 1996: 492)

A água é um excelente meio onde pode ser estudado o ajuste fisiológico ao frio, pois conduz calor cerca de 25 vezes mais rápido do que o ar. A imersão em água fria (apenas 28°C a 30°C), pode levar a um estresse térmico capaz de causar grandes ajustes termorreguladores em um curto período de tempo.

Os seres humanos são menos capazes de se adaptar, prolongadamente, à ambientes frios do que à ambientes quentes.

Num exercício ligeiro e moderado em água fria, a captação de O<sub>2</sub> é maior e a temperatura corporal mais baixa em comparação com o mesmo exercício realizado em água mais quente, isto quer dizer que a captação de O<sub>2</sub> e conseqüentemente o gasto energético é maior na água mais fria. Isto ocorre pois, a captação adicional de O<sub>2</sub> está relacionada ao maior custo energético dos calafrios que ocorrem no corpo com o intuito de combater a perda de calor corporal. (McArdle & Katch, 1996)

As diferenças de composição corporal entre indivíduos, exercem uma significativa diferença, por exemplo, nadadores oceânicos possuem muito mais gordura subcutânea quando comparados com nadadores não oceânicos. Essa gordura a mais, aprimora ainda mais o isolamento térmico do nadador.

Percebe-se então que cada indivíduo possui uma temperatura ideal de água para a realização de uma atividade física. Pessoas com maior adiposidade podem se exercitar em águas mais frias, pois além de um maior gasto energético (que para esses indivíduos é um fator interessante), são mais protegidos do estresse térmico causado pelo frio. Já para pessoas mais magras essa temperatura mais baixa será mais agressiva e debilitante.

Para crianças, a água fria é um fator estressante ainda mais violento. As crianças possuem relações entre a superfície corporal e o peso, nitidamente maior do que nos adultos. Apesar disso ser um fator que facilita a perda de calor em ambientes quentes, em estresses induzidos pelo frio, o calor corporal será perdido mais rapidamente.

Em ambientes menos estressantes como o ar atmosférico, as crianças compensam sua superfície corporal (relativamente maior) durante o estresse causado pelo frio, pois têm uma captação de O<sub>2</sub> e uma vasoconstrição periférica dos membros mais eficaz, em comparação com os adultos. (McArdle & Katch, 1996)

## **2.2 - Sistema Nervoso**

O Sistema Nervoso humano é uma estrutura extremamente complexa, basta saber que todas as nossas reações são comandadas por este sistema.

Para termos a aplicação correta da força nos movimentos minimamente complexos, dependemos de padrões neuromusculares que estejam extremamente coordenados (coordenação intramuscular e intermuscular), e não apenas da força dos grupos musculares recrutados.

O Sistema Nervoso é basicamente dividido em duas partes:

**Sistema Nervoso Central:** O Sistema Nervoso Central (SNC) como o próprio nome já diz, é a parte do sistema que está localizado dentro da caixa craniana. É dele que saem todas as “ordens” para todo o corpo. Suas estruturas são:

**Encéfalo:** Cérebro

Cerebelo

**Tronco Encefálico:** Mesencéfalo

Ponte

Bulbo

**Medula**

**Sistema Nervoso Periférico:** O Sistema Nervoso Periférico (SNP) é a parte responsável em mandar e/ou receber as informações para o SNC.

O sistema nervoso periférico consiste em 31 pares de nervos raquidianos e 12 pares de nervos cranianos, sendo que são: 8 pares cranianos, 12 pares torácicos, 5 pares lombares, 5 pares de nervos sacrais e 1 par coccígeo. Suas estruturas são:

**Nervos**

**Gânglios**

**Terminações nervosas**

Um nervo ou seus ramos terminais inervam aproximadamente 250 milhões de fibras musculares, sendo que essa inervação depende da função desse músculo, por exemplo, o trabalho minucioso e preciso dos músculos dos olhos, requerem que um neurônio inerve menos de 10 fibras musculares, enquanto que para movimentos menos

complexos de grandes grupos musculares, um motoneurônio pode inervar até 3.000 fibras musculares.

Dentro do SNC ocorre o tempo todo, milhões de sinapses, as quais são as informações que estão percorrendo todo o corpo pelos neurônios – estruturas microscópicas que formam todo o complexo Sistema Nervoso. São informações eletroquímicas que ocorrem através de pequenas descargas elétricas. Em seguida, o neurônio estimulado libera substâncias chamadas neurotransmissores, que são responsáveis pelas sensações de alegria, tristeza, medo, frio, calor, entre outras. É a menor ou a maior quantidade de neurotransmissores e o local no encéfalo que determinam nossas reações. (Op. Cit: 1996; Powers & Howey, 2000)

### **2.3 - Temperatura e o Sistema Nervoso Central**

“O hipotálamo contém o centro coordenador para os vários processos de regulação da temperatura” (McArdle & Katch, 1996: 475), e se encontra na base do crânio, esse “termostato” regula sempre a temperatura em torno de  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Os mecanismos reguladores são ativados de duas maneiras:

1 - “Por receptores térmicos na pele que causam influxo para a área de controle central.” (Op. Cit.: 475)

2 - “Por estimulação direta do hipotálamo através de modificações na temperatura do sangue que perfunde essa área.” (Op. Cit.: 475)

Um centro regulador central é extremamente importante, pois, além de receber o influxo periférico, as células da porção anterior do hipotálamo são capazes de identificar a variação de temperatura do sangue, e em seguida desencadear uma série de respostas,

tanto para a conservação de calor (hipotálamo posterior) como para a perda de calor (hipotálamo anterior).

Com a diminuição da temperatura externa, o hipotálamo posterior será estimulado na tentativa de manter a temperatura corporal conservada, porém se essa diminuição da temperatura permanecer por um tempo prolongado, as tentativas do hipotálamo posterior não serão suficientes culminando então na hipotermia, essa hipotermia causará um estresse no SNC que rapidamente levará o indivíduo ao rebaixamento de consciência, chegando até à inconsciência.

No ambiente aquático, como citado anteriormente, devido a maior condutibilidade de calor, o processo de hipotermia poderá se instalar mais rapidamente.

#### **2.4 - Pressão Hidrostática e o Sistema Nervoso**

Um dos problemas relacionados à pressão hidrostática, que poderá ocorrer afetando diretamente o SN é a narcose por nitrogênio. A alta PN<sub>2</sub> possui efeito narcótico nos seres humanos, este efeito pode levar a alteração de consciência, perda de concentração, perda do estado de alerta, perda da memória, dificuldade respiratória, etc. Ainda não se sabe exatamente porque o nitrogênio possui esse efeito.

No início os sintomas podem ser moderados, porém com o aumento da profundidade eles tendem a aumentar. Com isso o mergulhador autônomo não conseguirá realizar tarefas simples como ler seus instrumentos, tomar decisões, manusear equipamentos, etc. Conseqüentemente teremos um acidente de mergulho. (SSI Open Water Diver Manual, 2000)

A profundidade em que os sinais e sintomas da narcose começam a se apresentar, não podem ser definidos com precisão pois depende de cada indivíduo. O

elemento tempo não influencia no desaparecimento ou no surgimento da narcose. “Os sintomas aparecem no momento em que o mergulhador atinge uma determinada profundidade e desaparecem quando ele volta para uma profundidade menor (...)

Entretanto a comunidade internacional de mergulho concorda que raramente a narcose ocorre em profundidades inferiores a 30 metros”. (Op. cit.: 122)

A possibilidade de ocorrer ao mergulhador um mal decompressivo é outro problema relacionado ao aumento e a brusca diminuição da pressão. O nitrogênio residual poderá se expandir, lesionando diversos tecidos no corpo. Caso venha a lesionar a coluna vertebral ou o SNC, poderá causar paralisias, perda temporária de visão, tontura, convulsões inconsciência entre outros, podendo levar o indivíduo à morte.

## **2.5 - Sistema Cardiovascular**

O sistema cardiovascular, é o responsável pela distribuição de nutrientes e oxigênio (O<sub>2</sub>) por todo o corpo, e também pela captação de resíduos metabólicos tais como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

O sistema cardiovascular é composto por:

- Coração
- Artérias
- Veias
- Capilares
- Órgãos linfóides
- Sistema linfático (truncos, vasos, capilares)

Se conseguíssemos estender em uma só linha todos os vasos sanguíneos do corpo humano, teríamos cerca de 160.000 Km de extensão (daria para dar quatro voltas em nosso planeta), outro dado curioso, é que em repouso, o sangue movimentado pelo coração é de aproximadamente 5.300.000 litros/dia. (McArdle & Katch, 1996)

O músculo cardíaco (miocárdio), é um tipo de músculo estriado semelhante ao músculo esquelético, porém suas fibras, individualmente são multinucleadas e treliçadas, conseqüentemente quando ocorre uma polarização ou despolarização, os potenciais de ação se espalham através do miocárdio para todas as células cardíacas, fazendo o coração funcionar como uma unidade.

Como vimos anteriormente, o principal objetivo do sistema circulatório é mandar nutrientes e executar a troca gasosa ( $O_2/CO_2$ ), em todos os tecidos, é portanto o sistema condutor do nosso corpo.

Isso ocorre através de dois processos, circulação pulmonar e circulação sistêmica:

- **Circulação Pulmonar:** Ocorre com a chegada do sangue venoso de todo o corpo para o Átrio direito, deste irá para o Ventrículo direito e por fim para o pulmão através da artéria pulmonar (este é o único momento que o sangue venoso passa por uma artéria), será no Pulmão que ocorrerá a troca gasosa (aeração).

- **Circulação Sistêmica:** Ocorre quando o sangue proveniente do Pulmão chega ao Átrio esquerdo, deste indo para o Ventrículo esquerdo, e finalmente para todo o sistema.

### **Sistema Arterial**

As artérias são tubos de alta pressão que conduzem o sangue rico em  $O_2$  para os tecidos. São formadas por tecido conjuntivo e músculo liso, as paredes desses vasos são

tão espessas que não ocorre permuta gasosa entre o sangue arterial e os tecidos circundantes. O sangue bombeado do coração (ventrículo esquerdo), acaba sendo distribuído por todo o corpo através de uma complexa rede de artérias e ramos arteriais menores que são denominados de arteríolas.

## **2.6 - Pressão Arterial**

“Uma onda de sangue penetra na aorta com cada contração do ventrículo esquerdo. Como os vasos periféricos não permitem que o sangue ‘escoe’ para dentro do sistema arterial com mesma rapidez com que é ejetado pelo coração, parte desse sangue é armazenado na aorta. Isso cria uma certa pressão dentro de todo o sistema arterial e acarreta uma onda de pressão que se desloca da aorta até os ramos mais afastados da árvore arterial.” (McArdle & Katch, 1996: 257)

Essa onda de pressão e o recuo elástico da artéria podem ser facilmente percebidos em qualquer artéria superficial do corpo na forma de pulso. A qualidade da pressão arterial de um indivíduo está diretamente relacionado com seu estilo de vida, atividade física, alimentação, etc.

## **2.7 - Capilares**

Essas arteríolas mencionadas anteriormente, continuam se ramificando em ramos menores conhecidos como metarteríolas, que também vão se ramificando em ramos menores até transformarem-se em capilares, estruturas microscópicas com aproximadamente 0,01mm de diâmetro, nesses vasos estão contidos cerca de 5% do volume sanguíneo total. Alguns capilares são tão estreitos que possibilitam a passagem

de somente uma célula sanguínea por vez. Foi estimado que a densidade capilar do músculo esquelético humano fica entre 2.000 e 3.000 capilares por milímetro quadrado de tecido, essa densidade é ainda maior no tecido cardíaco. Porém, esse número pode ser alterado dependendo da frequência, intensidade e tipo de atividade física desenvolvidas pelo indivíduo. Por exemplo, com um treinamento aeróbico, haverá um aumento dessa capilarização. (Op. Cit. 1996)

## 2.8 - Veias

A continuação do sistema vascular é mantida quando os capilares lançam o sangue desoxigenado para as vênulas<sup>6</sup>, que são as estruturas responsáveis por transportar o sangue pobre em O<sub>2</sub> e rico em CO<sub>2</sub>, para que seja liberado o CO<sub>2</sub> e capturado o O<sub>2</sub>, recomeçando assim todo o ciclo novamente. Isso ocorre quando o sangue venoso proveniente das partes superiores e inferiores do corpo se encontram (sangue venoso misto) e são lançados para o átrio direito e daí para o ventrículo direito e por fim para o pulmão, através da artéria pulmonar. Será no pulmão que se realizará novamente a troca gasosa.

## 2.9 - Temperatura e o Sistema Cardiovascular

Devido à temperatura mais baixa da água (e não devido à ação da pressão hidrostática, como acreditam os leigos), a frequência cardíaca é instantaneamente rebaixada (Bradicardia), pois ocorre uma vasoconstrição periférica e conseqüentemente o metabolismo basal do indivíduo é diminuído, isso ocorre principalmente para manter

---

<sup>6</sup> - Pequenos vasos sanguíneos que levam o sangue capilar às veias.

os órgãos vitais mais irrigados. Na verdade, este é um processo de defesa do próprio organismo às novas particularidades ambientais, pois com o rebaixamento de suas funções, o organismo aumenta suas chances de sobrevivência. Porém, esse mesmo processo poderá levar o indivíduo a hipotermia.

“A estimulação dos receptores cutâneos pelo frio causa constrição dos vasos sanguíneos periféricos, o que reduz imediatamente o fluxo de sangue quente para a superfície corporal mais fria e o redireciona para o centro mais quente.” (Op. cit.: 476)

Devemos ressaltar que a grande maioria dos ambientes aquáticos, são ambientes mais frios do que a temperatura corporal humana. A água pode ser considerada fria quando está abaixo de 25°C.

## **2.10 - Sistema Respiratório**

O Sistema Respiratório é composto por: nariz, faringe, laringe, traquéia, brônquios, bronquíolos, pulmão, alvéolos

### **Pulmões**

“Os pulmões proporcionam a superfície de separação entre o sangue e o meio ambiente externo gasoso alveolar circundante. Sua função principal é a permuta gasosa.” (McArdle & Katch, 1996: 209)

Apesar de seu volume médio ser de aproximadamente 4 a 6 litros, sua área superficial é considerável e se estendido teria aproximadamente de 50 a 100 metros quadrados, cobriria cerca de 20 a 50 vezes a superfície corporal externa humana. (Op. cit. 1996)

## **Alvéolos**

Os pulmões contêm cerca de 300 milhões de alvéolos (McArdle & Katch, 1996), os alvéolos são estruturas membranosas e elásticas com paredes finas (0,3 mm de diâmetro) e são responsáveis pela permuta gasosa entre o sangue e o tecido pulmonar. O tecido alveolar é a parte do corpo que possui o maior suprimento sanguíneo, suas paredes são circundadas por milhões de finos capilares e a troca gasosa ocorre através das finíssimas paredes do tecido alveolar. “Além disso, pequenos poros (denominados poros de Kohn) dentro de cada alvéolo permitem o intercâmbio do gás entre os alvéolos adjacentes. Isso torna possível a ventilação indireta de alguns alvéolos que estão lesados ou bloqueados em virtude de doenças pulmonares obstrutivas crônicas tipo enfisema.” (Op. cit.: 209)

## **Troca Gasosa**

É do sistema respiratório a função de fazer a troca gasosa na corrente sanguínea, e portanto, junto ao sistema cardiovascular e ao sistema nervoso, forma a tríade básica de sustentação da vida.

A troca gasosa ocorre quando (na inalação), os alvéolos (cerca de 300 milhões), se enchem de ar (que possui cerca de 21% de O<sub>2</sub>) e através da rede de capilares, que formam a membrana externa desses alvéolos, esses gases são trocados no sangue venoso, através de um processo chamado difusão<sup>7</sup>.

Nessa troca, apenas aproximadamente 5% de oxigênio é absorvido pelo organismo, devolvendo, portanto cerca de 16% de O<sub>2</sub> para o ambiente.

---

<sup>7</sup> - Se o fornecimento de O<sub>2</sub> dos seres humanos dependesse somente da difusão que ocorre através da pele, seria impossível atender a demanda energética basal e obviamente muito menos a troca gasosa de 3 a 4 litros por minuto necessários para correr num ritmo próximo de 5 minutos por milha. (McArdle & Katch, 1996)

É importante salientar que durante o processo respiratório, não é a falta de O<sub>2</sub> que nos indica a hora de respirarmos, mas sim a alta concentração de CO<sub>2</sub>, que estimula o bulbo para mandar (através do nervo frênico) o estímulo respiratório.

Analisando o mecanismo da respiração, fica-nos claro, que é de grande importância uma respiração cadenciada e não demasiadamente rápida, pois poderá incorrer em uma má expiração do CO<sub>2</sub> presente no organismo. Como consequência desse acúmulo de CO<sub>2</sub>, o bulbo irá sinalizar a necessidade de respirar ainda mais rápido, o que desencadeará a necessidade do indivíduo acelerar o ritmo respiratório (para compensar a sensação de falta de ar), levando por fim o indivíduo à ansiedade, estresse e outras complicações.

Outra ocorrência comum é o apagamento, que ocorre com mergulhadores livres (apneistas). Alguns desses indivíduos hiperventilam antes de mergulhar, diminuindo a concentração de CO<sub>2</sub>, aumentando conseqüentemente o tempo de apnéia. Com a diminuição da PCO<sub>2</sub> do mergulhador, este terá o estímulo respiratório (gerado pelo bulbo), muito tarde e já não mais possuirá O<sub>2</sub> suficiente, ocorrendo o apagamento em seguida.

A falta de O<sub>2</sub> pode ser explicada pois, com o aumento da pressão ambiente (devido à pressão exercida pela água), ocorrerá um aumento da PO<sub>2</sub> (pressão parcial de oxigênio) e apesar da quantidade de O<sub>2</sub> estar reduzida, com a PO<sub>2</sub> alta (devido à pressão externa mais alta), o ar que está nos pulmões sendo absorvido terá aumentado de densidade e continuará com uma PO<sub>2</sub> adequada para continuar saturando a hemoglobina, porém, durante a subida do mergulhador, a pressão ambiente estará diminuindo e conseqüentemente, a PO<sub>2</sub> também, sendo assim, a PO<sub>2</sub> alveolar ficará tão baixa, que as moléculas de O<sub>2</sub> que estavam dissolvidas no sangue, começarão a migrar

para dentro dos alvéolos e com isso o mergulhador poderá desmaiar bruscamente (apagamento) sem nenhum alerta reconhecível.

Outro problema relacionado à respiração quando o indivíduo está imerso em meio aquático é que, por ser um ambiente que possui uma maior concentração de água que o corpo humano, ocorre um processo de desidratação mais rápido do que o normal, pois a água tem a tendência de migrar para o ambiente de maior concentração (osmose). Isso pode ser agravado em água fria, pois a eliminação de água pelo ar expirado em um ambiente frio é muito maior.

### **2.11 - Mecânica da Ventilação**

Na inspiração ocorre a elevação das costelas e o abaixamento do diafragma (aumentando a cavidade torácica), a pressão interna torna-se menor do que a pressão atmosférica, fazendo com que o ar entre. Já quando as costelas abaixam e o diafragma é relaxado, ocorre o processo inverso, a pressão interna aumenta temporariamente e o ar sai. Diversos músculos estão envolvidos no processo respiratório, e são divididos em músculos inspiratórios e músculos expiratórios, dentre os músculos inspiratórios temos: diafragma, intercostais externos, esternocleidomastóideo, elevadores da escápula, serrateis anteriores, entre outros. Nos músculos expiratórios, temos: abdominais, intercostais internos, posteriores, entre outros.

### **2.12 - Pressão e o Sistema respiratório**

O suprimento corporal de O<sub>2</sub> depende da concentração e da pressão desse gás no ar ambiente. Esse ar ambiente permanece relativamente igual em sua composição,

contendo aproximadamente 20,93% de O<sub>2</sub> e 79,04% de N<sub>2</sub><sup>8</sup> (e mínimas concentrações de outros gases inertes), 0,03% de CO<sub>2</sub> e em geral uma pequena quantidade de vapor d'água. Ao nível do mar essas moléculas exercem uma pressão de 760 mm / Hg (1 ATM). Essa pressão é consideravelmente menor nas grandes altitudes. Assim, temos como adaptação fisiológica a maior produção de glóbulos vermelhos e hemoglobinas, no intuito de melhorar o transporte do "pouco" O<sub>2</sub> presente no organismo do indivíduo. É esse mesmo processo da PO<sub>2</sub> (pressão parcial de oxigênio) que acomete o corpo humano em ambientes de maior pressão (hiperbárico), como no caso do mergulho autônomo.

Como vimos anteriormente (Capítulo I), a Lei de Henry juntamente com a Lei de Dalton podem explicar esse tipo de acometimento no corpo humano. Vale lembrar, que com o aumento da pressão, teremos um aumento da concentração desses gases nos tecidos. Esse aumento significa que o ar está mais denso (mais moléculas de gases dissolvidos), pois a quantidade de gás que se dissolve num líquido é diretamente proporcional à Pressão Parcial desse gás, quanto maior a pressão, maior a quantidade de gás dissolvido.

Com o aumento da concentração de gases no corpo humano, temos também o aumento da PN<sub>2</sub>, o que poderá ocasionar problemas como o Mal Descompressivo.

O mal descompressivo poderá causar danos ao Sistema Respiratório, pois a lesão proveniente da expansão do N<sub>2</sub> pode atingir os alvéolos pulmonares e as demais estruturas do sistema respiratório.

---

<sup>8</sup> - Gostaríamos de chamar atenção, que para efeito de cálculos consideramos O<sub>2</sub> = 20% e N<sub>2</sub> = 80%.

### 2.13 - Gasto Energético

O gasto energético na água é muito grande, principalmente em temperaturas inferiores a 25°C. Isso ocorre especialmente com indivíduos mais magros, que não são beneficiados com o isolamento térmico resultante do maior acúmulo de gordura. Outro fator associado ao menor percentual de gordura corporal é o da flutuabilidade, devido a isto e a outros fatores de densidade corporal, indivíduos com maior densidade corporal têm maior dificuldade de flutuação, logo despendem mais energia para manterem-se na superfície da água.

Vale lembrar, que “o custo energético para nadar uma determinada distância é cerca de 4 vezes maior do que o custo para correr a mesma distância.” (McArdle & Katch, 1996: 175)

Outra diferença importante que existe, são as diferenças entre os gastos energéticos de homens e de mulheres. É comprovado que o gasto energético médio da mulher em relação ao homem na água é 30% menor, isto devido à porcentagem média de gordura corporal feminina ser bem maior do que no seu congênere do sexo masculino e também devido à sua menor densidade óssea e muscular, fatores que determinam junto à concentração adiposa, a flutuabilidade.

Visto que o gasto energético dentro da água é tão grande, devemos também atentar, para o rápido desgaste mental que ocorre com o indivíduo mal adaptado ao meio líquido, pois além do estresse psicológico de estar num ambiente inóspito, estará ocorrendo uma rápida “queima” de energia (glicose) o que implicará em um desgaste mais rápido do sistema nervoso (o cérebro só se “alimenta” de glicose) e conseqüentemente isso levará o indivíduo mais rápido ao estresse.

Devido a camada de gordura ajudar significativamente o equilíbrio térmico e a flutuabilidade do ser humano, é percebido em nadadores de alto nível, uma adaptação

fisiológica no sentido de manter uma camada de gordura subcutânea mais espessa comparativamente a corredores de alto nível, tanto em provas de curta duração como de longa duração.

## **2.14 - Fatores que Interferem no Gasto Energético**

### **Atrito**

A força total de atrito que um indivíduo encontra em ambiente aquático consiste em três componentes: atrito das ondas, atrito de fricção cutânea e atrito da pressão viscosa (Op. cit. 1996).

O atrito das ondas consiste no atrito causado pelas ondas que o nadador produz ao deslocar-se na água, em baixas velocidades esse atrito não é muito significativo, porém em altas velocidades sua influência aumenta significativamente. O atrito de fricção cutânea é produzido quando a água desliza sob a superfície da pele, porém esse atrito é pequeno na sua contribuição para o atrito total. E por fim, o atrito da pressão viscosa, é causado pela pressão diferencial criada à frente e atrás do nadador (princípio isocinético) e contribui substancialmente para os esforços em velocidades lentas e rápidas (McArdle & Katch, 1996; Resgate Aquático para Profissionais, 2000).

### **Velocidade e Habilidade**

“Nadadores de elite conseguem nadar com um tipo de braçada para determinada velocidade, com captações de oxigênio mais baixas que os nadadores relativamente destreinados ou amadores.” (McArdle & Katch, 1996 pág. 177). Nadadores com maior

experiência, conseguem percorrer uma maior distância por braçada, do que nadadores inexperientes, que gastam muita energia apenas para movimentar a água.

## **Temperatura**

A água ligeiramente fria causará uma adaptação de todo o sistema fisiológico, que induzirá o nadador a ajustes metabólicos e cardiovasculares diferentes daqueles ocorridos em água mais quente. Essa adaptação se dá, principalmente, para manter a temperatura central regularizada, isso ocorre principalmente em temperaturas mais baixas do que 25°C.

A perda da temperatura corporal ocorre mais frequentemente em nadadores mais magros, pois esses possuem uma menor camada de gordura subcutânea e essa camada de gordura funciona como um isolante térmico.

Powers & Howley (2000: 455) tratando sobre a questão da gordura subcutânea, citam que “Pugh e Eldholm (61) observaram que um homem gordo foi capaz de nadar durante sete horas numa água com uma temperatura de 16°C sem alteração da temperatura corporal, enquanto um homem magro teve de deixar a água em trinta minutos com uma temperatura interna de 34,5°C (...).”

A captação de O<sub>2</sub> aumenta inversamente proporcional à diminuição da temperatura da água, independente da velocidade, as maiores captações de O<sub>2</sub> ocorrem na água mais fria. (McArdle & Katch, 1996). O gasto energético extra em O<sub>2</sub> na água fria, é resultante principalmente dos calafrios que ocorrem no corpo na tentativa de regularizar a temperatura central.

## **Flutuação – Homens X Mulheres**

Mulheres em qualquer idade possuem, em média, uma maior porcentagem de gordura corporal do que homens. Como a gordura possui uma densidade relativa menor do que a água, a mulher ganha uma “elevação” hidrodinâmica, principalmente, das pernas, o que diminui o atrito com a água, além de propiciar menor gasto energético para continuar flutuando, isso ocorre também, devido à maior proteção térmica proporcionada pela maior concentração de gordura.

Certamente esses são fatores que explicam a maior economia energética observada em mulheres, 30% menos gasto energético do que os homens.

## **Equipamentos Insulares**

Dentro do meio líquido, como vimos, todas as nossas funções fisiológicas são modificadas, desde nossa frequência cardíaca às nossas adaptações neuromusculares. Todos os nossos sentidos deverão ser retreinados para podermos então, interagir adequadamente com esse novo ambiente.

Para tal, foi desenvolvido ao longo dos séculos, diversas técnicas e equipamentos no intuito de melhorar nossa adaptação no meio líquido, esses equipamentos são chamados de insulares, constituem-se de roupas e equipamentos especiais, tais como: roupas de proteção isotérmica, óculos de natação, máscaras de mergulho, equipamento SCUBA (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus), etc.

Dependendo da temperatura, pureza da água, conforto do mergulhador, e outros, cada equipamento tem suas especificações.

**Roupa isotérmica:** É fabricada em diversos materiais, tais como: Lycra, neoprene, borracha vulcanizada (roupa seca). Sua função é diminuir a perda de temperatura corporal.

**Roupas de Lycra:** A roupa de Lycra é utilizada em temperaturas maiores do que 27°C.

**Roupas de neoprene:** Possuem diversas particularidades e espessuras diferentes (de 2mm à 7mm) cada qual para uma dada temperatura:

**Exemplos:** 2mm – 24°C a 25°C

3mm – 21°C a 24°C

5mm – 16°C a 21°C

7mm – 10°C a 16°C

Apesar de seu objetivo ser manter a temperatura corporal, as roupas de neoprene deixam o corpo do mergulhador molhado, diferente da roupa seca que visa isolar completamente o corpo do mergulhador.

**Roupas secas:** desenvolvidas para temperaturas ainda mais baixas, 1°C a 10°C. Elas utilizam uma camada de ar como isolante térmico.

**Nadadeiras:** as nadadeiras foram desenvolvidas para melhorar o deslocamento do mergulhador, pois alia uma diminuição do gasto energético e melhora a eficiência da natação.

**Máscara:** é um equipamento desenvolvido para proteger olhos e nariz, possibilitar a manobra para a equalização do ouvido, e proporcionar uma visão nítida embaixo d'água.

**Equipamento SCUBA (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus):** possibilita a respiração do mergulhador embaixo d'água.

## CAPÍTULO III

### EMERGÊNCIAS NO AMBIENTE AQUÁTICO

Nos capítulos anteriores vimos como alguns aspectos físicos da água interagem com a fisiologia humana. Alguns desses aspectos, podem provocar algumas situações de estresse e de emergência para o corpo humano.

#### **3.1 – Emergências Relacionadas à Temperatura**

##### **3.1.1 - Hipotermia**

Como vimos anteriormente, o ambiente aquático na grande maioria das vezes é mais frio do que o ambiente aéreo. Uma emergência muito comum no ambiente aquático é a hipotermia (temperatura corporal abaixo de 35°C). Esse tipo de problema deve fazer parte do conhecimento dos profissionais que atuam em ambiente aquático, pois trata-se de uma emergência grave que pode levar o indivíduo a morte, caso não seja atendido devidamente.

Existem dois tipos de hipotermia – hipotermia branda e hipotermia profunda. É a temperatura interna corporal que irá determinar qual delas o indivíduo poderá ser acometido.

Para mensurar a temperatura, será necessário um termômetro especial que capte temperaturas baixas, portanto o termômetro convencional não servirá, pois está calibrado para temperaturas de 35°C a 44°C. O tipo de termômetro recomendado é um que seja capaz de mensurar temperaturas entre 28,6°C a 44°C ( First Aid and CPR, 1996)

## Sinais e sintomas

**Hipotermia Branda (acima de 32°C):** Discurso incompreensível, tremedeira, lapsos de memória, tremedeira nas mãos, etc. Normalmente as vítimas estão conscientes. (Op. cit., 1996)

**Hipotermia Profunda (abaixo de 32°C):** Não há mais tremedeira, os músculos estão rígidos, parecem “rigor mortis”, a pele está azulada e não possui sensibilidade a dor, pulso e respiração muito rebaixados (bradicardia e bradipnéia) e pupilas dilatadas. O indivíduo parece estar morto. De 50% a 80% das vítimas de hipotermia profunda morrem. (Op. cit., 1996)

## Procedimentos de Primeiros Socorros

Os melhores procedimentos de primeiros socorros que devem ser executados no caso de **hipotermia branda** são:

- Monitorar sinais vitais
- Remover a vítima para um local aquecido
- Secá-la
- Cobri-la e evitar perdas de calor adicionais
- A vítima deve interromper as atividades aquáticas até estar novamente aquecida.

A **hipotermia profunda** é uma emergência extremamente grave e requer atendimento médico especializado imediato, porém alguns cuidados podem ser realizados:

- Monitorar sinais vitais
- Mexer o mínimo possível a vítima.

- Caso seja necessário, mexa com o máximo de cuidado, pois a vítima poderá ter uma fibrilação ventricular.
- Não tentar reaquecer a vítima. (Op. cit., 1996)

### **3.1.2 - Hipertermia**

Da mesma forma que a hipotermia, a água por condução, transmite calor para o corpo humano 25 vezes mais rápido. O indivíduo poderá rapidamente chegar à uma desidratação, pois tanto no frio como no calor, ocorrerá uma desidratação de origem osmótica.

A elevação da temperatura externa poderá ser tão grande e/ou prolongada, que o estímulo hipotalâmico anterior, poderá literalmente “pifar” levando o indivíduo à uma intermação. Nesse estágio não ocorre nem mesmo a sudorese (mecanismo utilizado e estimulado pelo hipotálamo anterior), no intuito de regular a temperatura interna.

### **Procedimentos de Primeiros Socorros**

Os melhores procedimentos são:

- Monitorar sinais vitais
- Retirar a vítima do ambiente quente
- Esfriar a vítima

### **3.1.3 - Câibras**

Tanto o calor, o frio e/ou a restrição circulatória podem desencadear a câibra, que é caracterizada por contrações musculares involuntárias e muito dolorosas, que podem ocorrer tanto dentro como fora d'água.

Os principais fatores para a sua ocorrência são: alimentares e ambientais. A má alimentação tal como a má ingestão de líquidos (principalmente água), causam um estado fisiológico de baixa reserva energética e de baixa concentração de sais minerais (principalmente de sódio e de potássio) na musculatura. (Primeiros Socorros Para Mergulhadores, 1997)

### **Primeiros Socorros**

Os melhores procedimentos são:

- Alongar e massagear suavemente a musculatura afetada.
- Não golpear ou alongar abruptamente.
- Remover a vítima da água e deitá-la para que possa repousar.
- Não dar sal.
- Dar líquidos caso a vítima possa beber, de preferência água.

### **3.2 - Emergências relacionadas a respiração de gases sob alta pressão**

O sistema de respiração subaquática, deverá fornecer ar (O<sub>2</sub> ou outras misturas) com uma pressão suficiente para vencer a pressão da água sobre o tórax do mergulhador (Equipamento SCUBA).

Aos 20 metros o ar respirado deverá estar sendo absorvido pelo mergulhador a uma pressão de 3 ATM (3 X 760mm / Hg).

As variações de pressão que ocorrem no ambiente aquático podem gerar problemas, tais como: Hiperexpansão Pulmonar, Mal Descompressivo, Narcose, Barotraumas, etc.

### 3.3 - Mal Descompressivo (MD) e/ou Doença Descompressiva (DD)<sup>9</sup>

O mal descompressivo ocorre com a volta muito rápida do mergulhador autônomo à superfície. Os sinais e sintomas variam muito, podem se apresentar logo que o mergulhador sai da água, como horas depois. Os sinais e sintomas mais comuns são:

- Dor
- Dormência e/ou coceiras
- Perda da coordenação
- Dor de cabeça
- Fadiga extrema
- Tontura
- Fraqueza e fadiga muscular
- Mudanças comportamentais

Os menos comuns são:

- Náuseas
- Dificuldade para andar
- Dificuldade para respirar
- Distúrbios na visão
- Paralisia
- Desmaio ou inconsciência total

As vítimas desse tipo de acidente devem ser atendidas com os procedimentos de emergência e transportadas imediatamente para um hospital especializado que exista uma câmara hiperbárica. Nunca uma vítima de acidente de mergulho deverá ser

---

<sup>9</sup> - Mal Descompressivo: É a lesão ocorrida durante e/ou imediatamente após o mergulho. Doença Descompressiva: Consiste no problema crônico decorrente do MD.

recomprimida na água (como acreditam os leigos) pois esse tipo de procedimento é impraticável. Uma recompressão pode demorar dezenas de horas ao equivalente a uma profundidade de 50 metros.

Um outro problema associado ao MD é a **Hiperexpansão Pulmonar**. Isso ocorre com a subida rápida para a superfície associado ao bloqueio da respiração, constitui-se na mais freqüente causa dos barotraumas pulmonares.

Na hiperexpansão pulmonar, ocorre uma ruptura pulmonar e o ar fica preso dentro do corpo, os sinais e sintomas se estendem desde um pequeno desconforto, até a morte, variando conforme o local para onde o ar escapa e se aloja.

O principal procedimento que deverá ser feito, será a identificação da emergência seguida da realização dos primeiros socorros adequados. (Primeiros Socorros para Mergulhadores, 1997)

### **3.4 - Lesões decorrentes da Hiperexpansão Pulmonar**

- **Embolia Gasosa (ETA):** O ar que escapou dos pulmões migram para os capilares pulmonares e chegam ao sistema arterial, essas bolhas bloqueiam a passagem de sangue, principalmente para o cérebro. Isso levará o indivíduo à inconsciência e paralisia. Os sinais e sintomas são muito parecidos com os sinais de um AVC (Acidente Vascular Cerebral), o único tratamento será a recompressão na câmara hiperbárica. Seus sinais e sintomas são:

- tontura
- distorção visual
- dor no peito
- mudanças na personalidade

- paralisia e/ou fraqueza
- sangue pela boca ou nariz
- convulsões
- inconsciência
- dificuldade respiratória
- perda da coordenação

- **Efisema Mediastinal:** O ar se aloja no centro do tórax, chamada de mediastino. Seus sinais e sintomas são:

- dores no peito
- dificuldades para respirar
- desmaios
- mudanças na voz

- **Efisema Subcutâneo:** O ar que esta no mediastino poderá migrar ao longo do osso externo, formando um efisema subcutâneo, normalmente se alojam próximo ao pescoço e/ou clavícula. Os sinais e sintomas são:

- dificuldade para engolir
- mudanças na voz
- edema na base do pescoço e parte superior do tórax, principalmente a região da clavícula
- dor intensa ao redor do pescoço

- **Pneumotórax Simples:** O ar causa uma ruptura pleural, se alojando entre o pulmão e a membrana parietal, causando um pneumotórax. Sinais e sintomas:

- respiração rápida e curta
- dor aguda no peito
- pele boca e dedos azulados
- taquicardia

- **Pneumotórax Hipertensivo:** Há uma ruptura do pulmão durante a subida ocasionando um pneumotórax hipertensivo (lesão grave), dá-se então, um colapso pulmonar acompanhado de desvio na traquéia e no coração.

Os melhores procedimentos de primeiros socorros que podem ser realizados são:

- Monitorar sinais vitais
- RCP (se necessário)
- Administrar 100% de O<sub>2</sub>
- Proteger a vítima de temperaturas excessivas tanto calor como frio.
- Transportar a vítima com as pernas elevadas cerca de 30 centímetros para um hospital especializado. (Primeiros Socorros para Mergulhadores, 1997; Stress & Rescue, 1999)

### 3.5 - Barotraumas

As variações volume dos gases (causadas pela variação de pressão) sobre as cavidades aéreas do corpo, poderão causar lesões nos ouvidos, cavidades sinusais, olhos (máscara), etc. Normalmente essas lesões não são letais:

- **Ouvidos:** As lesões que ocorrem no ouvido, podem levar a vítima a perder permanentemente a audição ou levar a seqüelas tais como, ouvir a campainha ou até mesmo a perda do equilíbrio. Pessoas que possuam: doenças respiratórias, tímpanos

perfurados, ou bloqueio das tubas auditivas, devido a alguma infecção não poderão mergulhar. Outro fator importante de ser lembrado é que nunca deverá ser utilizado um tampão auricular para mergulhar pois a pressão externa empurrará o tampão profundamente para dentro do canal do ouvido externo.

- **Cavidades Sinusais:** As cavidades sinusais não causam problemas permanentes, mas mesmo assim o mergulhador deverá ter cuidados para evitar infecções oportunistas. Sintomas e sinais comuns nos barotraumas sinusais são: dores de cabeça, sangramento pelo nariz, sensação da face estar inchada, etc. O mergulhador poderá colocar gelo na face para atenuar a dor (somente nas partes duras).

- **Barotraumas nos olhos (Máscara)<sup>10</sup>:** No momento do mergulho, o ar na máscara esta com a mesma pressão do ambiente, portanto se não houver a equalização da máscara ou se essa equalização for mal executada, a máscara irá comprimir a face criando um vácuo entre a máscara e o rosto do mergulhador. Esse vácuo poderá propiciar diferentes lesões aos olhos. Isso poderá ocorrer mesmo em piscinas a apenas 2,5 metros de profundidade.

### 3.6 - Narcose por Nitrogênio

Durante o mergulho, sob pressão, o nitrogênio estará com sua PN<sub>2</sub> aumentada. A 10 metros, estará o dobro do que estava na superfície. Com mais moléculas dissolvidas nas células, o nitrogênio possui efeito narcótico nos seres humanos, porém, como dissemos anteriormente, ainda não se sabe ao certo o porque.

---

<sup>10</sup> - Cabe chamar atenção, que o uso de óculos de natação é totalmente contra indicado para a realização de imersões.

Seus efeitos sob o sistema nervoso são descritos como similares aos da anestesia ou do álcool. Em casos extremos, os mecanismos mentais são tão afetados que o mergulhador acredita que o uso do SCUBA é desnecessário, chegando a tirá-lo.

Esses sintomas podem até ser moderados no início do mergulho, porém vão aumentando de acordo com a profundidade. Seus efeitos narcóticos costumam aparecer a uma profundidade de 30 a 40 metros (Profundidade máxima indicada para mergulhadores recreacionais), dependendo de condições individuais. O tratamento para a narcose consiste em simplesmente subir para uma menor profundidade, sua recuperação é imediata. (SSI Open Water Diver Manual, 1996)

### **3.7 - Afogamento e Pré-afogamento**

“Afogamento é a definição dada para a morte por submersão em meio líquido (...). Pré-afogamento ocorre quando a vítima sofre o mesmo processo, mas sobrevive por pelo menos 24 horas após a submersão.” (Resgate Aquático para Profissionais, 2000)

O processo do afogamento pode variar de segundos a minutos. Crianças em geral atravessam o processo mais rapidamente do que os adultos.

Independente da idade, cinco estágios se apresentam no processo do afogamento:

- Surpresa
- Apnéia involuntária
- Inconsciência
- Hipóxia convulsiva
- Morte

- **Surpresa:** Nesse estágio, a vítima percebe o perigo e assume uma posição semi-reclinada (quase vertical)<sup>11</sup> quase não movimentando os membros inferiores, porém seus braços ficam na superfície produzindo movimentos aleatórios, como se estivesse querendo pegar algo para se apoiar, diferentemente da idéia popular, a vítima não emite nenhum som de socorro, pois está desesperada tentando respirar. Devido a esse fato, o afogamento é conhecido como morte silenciosa.

- **Apnéia involuntária:** Nesse momento, a vítima produz uma apnéia involuntária, a água penetra em sua boca, provocando o fechamento da epiglote sobre a traquéia, apesar de continuar se debatendo, não conseguirá gritar pois, está sem condições de respirar. Em seguida, devido a falta de O<sub>2</sub> a vítima ficará inconsciente.

- **Inconsciência:** A vítima em parada respiratória, poderá submergir rápida ou lentamente, dependendo de fatores individuais como: massa muscular, densidade óssea, camada adiposa, etc. A menos que a respiração seja restabelecida rapidamente, a vítima fatalmente irá morrer.

- **Hipóxia Convulsiva:** A vítima estará convulsionando – devido à falta de O<sub>2</sub> no cérebro – cianótica e com o corpo rígido, podendo apresentar Trisma (mandíbula cerrada e contraída).

- **Morte:** Esse é o estágio final, a morte clínica é caracterizada logo que a circulação e a respiração param (parada cardíaca respiratória).<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> - A busca dessa posição está relacionada ao nosso bipedismo.

<sup>12</sup> - "Se a RCP - Ressuscitação Cardíaca Pulmonar for iniciada imediatamente após o coração parar, e se a desfibrilação (se necessária) for aplicada, a vítima terá maiores chances de sobrevivência. Quanto mais tempo passar após a parada do coração, maiores serão as chances do cérebro sofrer danos e maior será a possibilidade de óbito." (Resgate Aquático para Profissionais, 2000: 12)

### 3.8 - Tipos de Afogamento

Existem três tipos de afogamento:

- Silenciosos
- Inundados
- Secos

- **Silencioso:** Como o nome já diz, esse tipo não envia nenhum sinal, a vítima nem chega a se agitar na superfície, normalmente devido às condições como:

- ataque cardíaco
- trauma de crânio
- desmaio
- derrame cerebral
- álcool ou drogas
- convulsões

- **Inundado:** Ocorre quando há o relaxamento da epiglote devido a falta de O<sub>2</sub>, inundando assim os pulmões. Os números revelam que em cerca de 85% dos afogamentos, os pulmões encontram-se inundados.

- **Seco:** Como já citado anteriormente, ocorre quando a epiglote se fecha bloqueando a traquéia. Com isso a vítima não consegue inalar água, e morre sem que haja água nos pulmões.

### **3.9 - Causas do afogamento**

Afogamento em água doce, diferente do que se acreditava, é mais comum do que o afogamento em água salgada, até mesmo nas regiões litorâneas. Algumas das principais causas do afogamento ou pré-afogamento são:

- Pouca habilidade natatória
- Abuso de álcool ou drogas
- Distúrbios convulsivos
- Acidentes em banheiras (principalmente idosos)

### **3.10 - Fisiologia normal do Alvéolo**

Na ventilação normal, a troca de gases (difusão) ocorre nos alvéolos continuamente. O sangue venoso trás o CO<sub>2</sub> produzido no metabolismo celular, para ser liberado nos alvéolos e em seguida para fora do organismo. Nesse momento, o O<sub>2</sub> absorvido pela respiração entra na corrente sanguínea arterial e segue para todas as células do corpo, para ser metabolizado.

### **3.11 - Afogamento em Água Doce e Água Salgada (Conceito Antigo):**

Durante muito tempo distinguiu-se o afogamento em água doce do afogamento em água salgada, devido às supostas diferenças na fisiopatologia pulmonar. Que teoricamente dependiam da conformação da água inalada.

Hoje, porém, sabe-se que o processo é praticamente o mesmo sem importar o tipo da água absorvida no organismo. Logo, os procedimentos médicos devem ser os mesmos para qualquer caso.

### 3.12 - Conceitos Antigos

**Água Doce:** Antigamente considerava-se que na aspiração de água doce, o líquido era hipotônico e portanto se difundia para dentro da circulação, aumentando o volume sanguíneo (hipervolemia) e diminuindo a concentração dos eletrólitos séricos (sanguíneos). Isto também causaria alterações na surfactante, resultando em colapso alveolar.

**Água Salgada:** A água salgada, mobilizaria o líquido para dentro dos alvéolos (osmose), diminuindo portanto o volume sanguíneo (hipovolemia) e aumentando a concentração de eletrólitos no sangue (hipernatremia). Este líquido intra-alveolar provocaria o edema pulmonar.

### 3.13 - Afogamento em Água Doce e Água Salgada (Conceito Atual):

Ao aspirar tanto água doce como água salgada, a difusão dos gases nos alvéolos fica comprometida. A água faz com que o plasma sanguíneo migre dos capilares alveolares (venosos e arteriais) para o alvéolo. Ocorre portanto uma alteração grave da surfactante (substância que impede o colapso do alvéolo) e da membrana alveolar, provocando edema pulmonar agudo, convulsões, coma e morte.

### 3.14 - Prevenção

O afogamento mata na maioria das vezes indivíduos jovens e saudáveis, a prevenção é a melhor forma de reduzir essas mortes, principalmente através da popularização da prática da natação e de técnicas de Resgate Aquático.

Porém, infelizmente nem sempre a prevenção funciona e a probabilidade de um profissional que atua em ambiente aquático, se deparar com uma vítima de submersão é bastante grande. Esta situação de emergência exige ação rápida e eficaz.

Para tal operação serão necessários o uso de equipamentos para o resgate da vítima com eficiência e com segurança para ambas as partes.

### **3.15 - A Importância do treinamento em Primeiros Socorros**

Em qualquer atividade realizada no ambiente aquático, visto que suas peculiaridades físicas interagem agressivamente com a fisiologia humana, é necessário que todo indivíduo que atue nesse ambiente, tenha conhecimentos sobre como esses aspectos físicos interferem na homeostase (equilíbrio) humana, e conseqüentemente, saiba realizar procedimentos para evitar possíveis acidentes decorridos dessas interações (Aspectos Físicos da Água X Fisiologia Humana).

Porém, depois de caracterizado um acidente aquático, será imprescindível, que o profissional detenha o conhecimento de técnicas de primeiros socorros, específicos para o ambiente aquático, visto as grandes alterações fisiológicas que o corpo humano sofre quando imerso na água.

Portanto, um profissional responsável deverá saber reconhecer as situações de risco e preveni-las, aplicar os procedimentos de primeiros socorros adequadamente. Para tal, manter-se atualizado nas mais recentes técnicas de primeiros socorros e para completar, manter uma educação continuada, aumentando sempre seus horizontes de atuação, de acordo com seus interesses individuais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Certamente, com a maior compreensão dos fenômenos físicos e fisiológicos que ocorrem no corpo humano imerso na água, todo e qualquer profissional (ou indivíduo) que se relacione com esse ambiente, terá possibilidades de desenvolver um planejamento mais correto e adequado para a realização de suas tarefas.

A importância dessa compreensão fisiológica irá favorecer não só ao educador físico que deseja prescrever exercícios na água, como aos alunos com objetivos extremamente distintos (emagrecer ou melhorar sua performance), ou mergulhadores que devem saber os possíveis problemas que irão enfrentar com as alterações fisiológicas sofridas pelo corpo e conseqüentemente como evitar tais complicações (através do uso de equipamentos e métodos adequados), ou ainda resgatistas, que necessitam conhecer os aspectos da água para saber quais equipamentos usar e técnicas realizar, para salvar suas vítimas.

Vale ressaltar que, o ser humano, que durante sua trajetória sobre o planeta, aprendeu a caminhar sobre duas pernas, perdeu muito de sua aquacidade natural – ainda presente na maioria dos animais. Mas, com o aprofundamento de seus conhecimentos sobre o ambiente aquático e suas interações orgânicas com a sua própria fisiologia, a humanidade poderá beneficiar-se, obtendo uma “nova chance” para melhorar não só sua atual aquacidade, como ir além de seus limites naturais.

**BIBLIOGRAFIA**

- CARRON, Wilson & GUIMARÃES, Osvaldo. As Faces da Física. São Paulo: Moderna, 1997.
- First Aid and CPR – National Safety Council. Tradução de Randal Fonseca. São Paulo: Randal Fonseca, 1996.
- Manual do Instrutor de Primeiros Socorros – National Safety Council. Tradução de Randal Fonseca. São Paulo: Randal Fonseca: 1996.
- MCARDLE, William D.; KATCH, Frank L. & KATCH, Victor L.. Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho. Tradução de Giuseppe Taranto. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- MOLLE, Philippe. Enseigner et Organiser la Plongée. Paris: Amphora, 1992.
- POWERS, Scott K.; HOWLEY, Edward t.. Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho. Tradução de Marcos Ikeda. São Paulo: Manole, 2000.
- Primeiros Socorros para Mergulhadores – National Safety Council. Tradução de Randal Fonseca. São Paulo: Randal Fonseca, 1997
- Resgate Aquático para Profissionais – National Safety Council. Tradução de Randal Fonseca. São Paulo: Randal Fonseca, 2000
- SSI Open Water Diver Manual. Tradução de SSI Latin America. Palm City: SSI Latin America, 2000
- Stress & Rescue. Tradução de SSI Latin America. Palm City: SSI Latin America, 1999