

A COMPOSIÇÃO CORPORAL ATRAVÉS DA TÉCNICA DA PESAGEM HIDROSTÁTICA

Marcelo Salem¹, Ana Beatriz M.C. Monteiro², José Fernandes Filho³,
Cândido Simões Pires Neto⁴

1. Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - RJ

2. Universidade Estácio de Sá - RJ

3. Universidade Castelo Branco - RJ

4. Universidade Tuiuti do Paraná - PR

Resumo

Segundo Petroski (1995), hoje em dia, os estudos envolvendo composição corporal vão além dos aspectos morfológicos. Para que possam ser desenvolvidas técnicas mais práticas e simples para o cálculo da composição corporal, é necessário que se domine a técnica padrão (Gold Standard), a partir da qual todos os outros métodos são desenvolvidos. A maioria das equações de predição é desenvolvida usando técnicas de laboratório tais como o peso hidrostático (Norton & Olds, 1996). Esse método leva em consideração que o corpo é composto por dois componentes distintos: a massa gorda (MG) e a massa livre de gordura (MLG) e é baseado no princípio matemático de Arquimedes, Behnke, Feen e Welham (1942). No procedimento da Pesagem Hidrostática, os gases internos (VR) influenciam diretamente no resultado das medidas dentro da água e podem ser calculados pela equação de Goldman & Becklake (1959), a qual leva em consideração sexo, idade e altura do indivíduo, VR (litros) para mulheres = $0,009 \times (\text{idade em anos}) + 0,032 \times (\text{altura em cm}) - 3,9$ e VR (litros) para homens = $0,017 \times (\text{idade em anos}) + 0,017 \times (\text{altura$

em cm) - 3,447. A densidade da água é outro fator que irá influenciar diretamente no cálculo da Densidade Corporal. Esta densidade varia de acordo com a temperatura e valores em torno de 36° C tornam o teste mais agradável. Para realização da técnica da pesagem hidrostática, vários procedimentos devem ser seguidos, tanto pelos avaliados como também pelos avaliadores. A não observação da metodologia adequada pode comprometer, em muito, a precisão do teste. Após a obtenção da massa corporal (MC) fora d'água, da idade, da estatura e após o cálculo do volume residual (VR), da densidade, da água (DA) e do peso submerso (PS), pode-se calcular a densidade corporal através da equação: $(MC / (((MC - PS) / (DA)) - (VR + 0,1)))$ e, a partir da densidade, utilizar uma equação para a conversão da mesma em porcentagem de gordura (% G), que é igual a $((4,95 / D) - 4,5) \times 100$ (SIRI, 1961). Com a % G calculada, pode-se calcular a massa gorda (MG) e, a massa corporal magra (MCM) da seguinte maneira: $MG, \text{kg} = (MC \times \% G) / 100$ e $MCM, \text{Kg} = MC - MG$.

Palavras-Chave: pesagem hidrostática e composição corporal.

Abstract

According to Petroski (1995), modern studies on body composition go beyond morphological features. In order to develop simpler and more practical techniques for the calculation of body composition, it is essential that the standard

technique (Gold Standard) be well-known, since all other methods are based on it. Most prediction equations are developed by means of laboratory techniques such as hydrostatic weighing (Norton & Olds, 1996). This method considers two distinct body components — fat mass (FM) and lean mass (LM) — and bases itself on the mathematical

principles of Archimedes, Behnke, Feen and Welham (1942). In the hydrostatic weighing procedure, internal gases have direct influence on underwater measures and can be calculated by means of Goldman and Becklake equation (1959), which considers the subject's gender, age, height, RV (liters) for women = $0,009 X$ (age in years) + $0,032 x$ (height in cm) - 3,9 and RV (liters) for men = $0,017 x$ (age in years) + $0,017 x$ (height in cm) - 3,447. Water density also has direct influence over body density calculation. This density may vary depending on temperature. A 36° C temperature makes the test more tolerable. For hydrostatic weighing, several procedures must be followed, both by subjects and by professionals conducting the

test. In case this methodology is not followed adequately, precision may be harmed. After measuring body mass (BM) outside water, age, height and after calculating residual volume (RV), water density (WD) and underwater weight, it is possible to calculate body density by means of the equation $(BM/(((BM - PS)/(WD)) - (RV + 0,1)))$ and, considering density, it is possible to use an equation to convert it into fat percentage (%F), which is equal to $((4,95/D) - 4,5) x 100$ (Siri, 1961). Having calculated %F, it is possible to calculate fat mass (FM) and lean mass (LM) as follows: FM, kg = $(BM x \%F)/100$ and LM, kg = $BM - FM$.

Keywords: hydrostatic weighing and body composition.

INTRODUÇÃO

Os estudos de BEHNKE deram início ao grande interesse em se fracionar a composição corporal para que se pudessem obter informações detalhadas e importantes sobre as dimensões do corpo humano, pois, segundo Mc Cloy (1936), o tipo corporal fornece muito mais informações do que simplesmente proporções corporais (apud Beurnen & Borms, 1990).

Figura 1 - Foto de ALBERT BEHNKE (Ross, Carr & Carter, 1999).



Segundo Heyward & Stolarczyk (1996), além de avaliar a quantidade total e regional de gordura corporal para identificar riscos à saúde, são várias as aplicações da composição corporal, apresentadas a seguir:

- Identificar riscos à saúde associados a níveis excessivamente altos e baixos de gordura corporal total;
- Identificar riscos à saúde associados ao acúmulo excessivo de gordura intra-abdominal;
- Proporcionar entendimento sobre os riscos à saúde associados à falta ou ao excesso de gordura corporal;
- Monitorar mudanças na composição corporal associados a certas doenças;
- Avaliar a eficiência de intervenções nutricionais e de exercícios físicos na alteração da composição corporal;
- Estimar o peso corporal ideal de atletas e não-atletas;
- Formular recomendações dietéticas e prescrições de exercícios físicos;
- Monitorar mudanças na composição corporal associadas ao crescimento, desenvolvimento, maturação e idade.

Segundo Petroski (1995), hoje em dia, os estudos envolvendo composição corporal vão além dos aspectos morfológicos, com preocupações envolvendo diferenças entre grupos e influência entre etnias, regiões e culturas.

Para a determinação da composição corporal, ou seja, para se fracionar o corpo humano em dois componentes, é preciso dominar uma técnica que seja relativamente simples, que não importe o avaliado, que seja executado por avaliadores capazes e obtenha resultados altamente precisos. A técnica mais comumente usada é a antropométrica, que utiliza dobras cutâneas, perímetros e diâmetros. Esta técnica ganhou popularidade em decorrência de necessitar de pouco tempo, equipamentos e espaço, conforme sugerem Pollock & Wilmore (1993).

A Antropometria, por ser uma técnica muito simples e prática, pode ser utilizada em academias, em laboratórios e até em casa, se assim for necessário.

Os estudos de Petroski & Pires Neto (1995) comprovam a existência de várias vantagens no uso da técnica antropométrica, entre elas a boa relação das medidas antropométricas com a densidade corporal obtida através das técnicas laboratoriais; o uso de equipamentos de baixo custo financeiro; a facilidade e rapidez na coleta de dados; e a não invasividade da técnica.

Para que possam ser desenvolvidas técnicas mais práticas e simples, é necessário que se domine a técnica padrão (Gold Standard), a partir da qual todos os outros métodos são desenvolvidos.

Segundo Petroski & Pires Neto (1992), a pesagem hidrostática tem sido considerada como a técnica de laboratório não invasiva mais aceita para os estudos da composição corporal e que, mesmo após todas as adaptações que a técnica original já sofreu, é, ainda hoje, considerada o procedimento padrão em muitos laboratórios, com aplicação na aptidão física, nutrição e controle de peso.

A maioria das equações de predição é desenvolvida usando técnicas de laboratório como a pesagem hidrostática, ou seja, a medição da densidade corporal utilizando a pesagem submersa (Norton & Olds, 1996).

A TÉCNICA DA PESAGEM HIDROSTÁTICA

O termo densitometria refere-se ao processo geral da estimativa da composição corporal por densidade corporal. Embora várias técnicas possam ser usadas para estimar a densidade corporal, a

densitometria tem se tornado praticamente sinônima da pesagem hidrostática, também chamada pesagem subaquática ou hidrodensitometria (Lohman, 1996). Esse método leva em consideração que o corpo é composto por dois componentes distintos, a massa gorda (MG) e a massa livre de gordura, (MLG) e é baseado no princípio matemático de Arquimedes, Behnke, Feen e Welham (1942).

De acordo com Wilmore e Behnke (1974), podemos determinar a densidade de um corpo relacionando sua massa e o seu volume, usando a seguinte relação:

$$\text{densidade} = \text{massa corporal} / \text{volume}$$

Considerando que o corpo seja fracionado em dois compartimentos, a gordura e a massa sem gordura, pode-se determinar a distribuição percentual através da densidade do sistema Wilmore e Behnke (1974).

Pelo princípio de Arquimedes, pode-se concluir que a massa de um corpo dentro d'água terá um valor menor do que se medido fora dela. Esta perda de massa deverá ser igual ao volume de líquido deslocado, corrigido pela densidade da água. A equação que determina este volume é a seguinte:

$$\text{volume} = (MC - MC (\text{dentro d'água})) / (\text{densidade da água})$$

A densidade da água tomada em função de sua temperatura pode ser verificada no Quadro 1. A MC medida fora d'água é medida em balança antropométrica comum (Wilmore e Behnke, 1974) e a MC submersa é medida, em gramas, através do procedimento da pesagem hidrostática.

No volume total do corpo são incluídos dois volumes de ar: o volume residual (VR), que pode ser estimado ou medido diretamente com a técnica da diluição em hélio ou nitrogênio, e o ar existente no trato gastrointestinal, que foi estimado por Buskirk (1961) em 100 ml (Lohman, 1996). Após as correções propostas, chega-se à seguinte equação do volume:

$$V = (((MC - MC (\text{dentro d'água})) / (\text{densidade da água})) - (VR + 0,1))$$

Após conhecer o volume corporal, pode-se calcular a densidade corporal, pois, tendo a massa, pode-se usar a fórmula do volume e calcular a densidade, pois esta será a massa dividida pelo volume, como demonstrado na seguinte fórmula:

volume = massa corporal / densidade

Após algumas adaptações matemáticas, a fórmula final para calcular a densidade corporal, partindo da fórmula do volume Wilmore e Behnke (1974), é a seguinte

$$D \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{MC}{[(MC - PS) / Da] - (VR + 0,1)}$$

Onde:

D = densidade corporal (g/cm³)

MC = massa corporal em kg

PS = peso submerso na água em kg

Da = densidade da água

VR = volume residual em litros

0,1 = constante de gás gastrointestinal (100 ml)

Algumas limitações têm restringido o uso da pesagem hidrostática, apesar do grande uso em pesquisas da composição corporal (Mcclenaghan e Rocchio, 1986, apud Petroski & Pires Neto, 1992). São elas:

- O tempo demasiado para realizar as pesagens mínimas necessárias, até a aquisição do valor ideal;
- O complexo protocolo de testagem;
- A necessidade de grande colaboração dos avaliados;
- A necessidade da boa aptidão dos avaliados para resistirem a repetidos períodos de submersão; e
- O excessivo tempo requerido para a análise.

Para os cálculos da densidade corporal através do método da pesagem hidrostática, Norton & Olds (1996) explicam que os valores da densidade são generalizados em 0,90 g/cm³ e em 1,10 g/cm³ para a massa gorda e massa livre de gordura, respectivamente. Estes são valores médios baseados em adultos jovens e de meia-idade.

Para Jackson, Pollock, Graves & Mahar (1988), o erro técnico para pesagem hidrostática é de 0,003 g/cc, equivalente à 1,1 % gordura e 1,2% gordura para homens e mulheres, respectivamente (Lohman, 1992).

Pollock & Wilmore (1993) relatam que, em relação aos erros potenciais que possam ocorrer na determinação da densidade corporal pelo méto-

do da pesagem hidrostática, o volume residual, o peso dentro d'água e o peso medido fora d'água, são considerados fatores críticos.

Alguns problemas comuns são associados à leitura do peso dentro d'água, tais como a balança desequilibrada, incapacidade do avaliado em colaborar e as oscilações criadas pelo movimento da água. Para corrigi-los, Pollock & Wilmore (1993) recomendam calibragens constantes da balança com pesos conhecidos, realização de múltiplas pesagens na tomada do peso dentro d'água e utilização de uma cadeira estável e confortável, para que o avaliado possa relaxar e se movimentar lentamente, em um pequeno tanque, minimizando os problemas de oscilação.

Para solucionar os problemas relatados anteriormente, a célula de carga é calibrada a cada pesagem, isto é, o sujeito entra no tanque, se posiciona ao lado da cadeira e submerge o corpo com a água até a altura do pescoço, e, após a tara da célula de carga, através do mostrador digital, o teste pode ser iniciado.

CÁLCULO DO VOLUME RESIDUAL

No procedimento da pesagem hidrostática, os gases internos influenciam diretamente no resultado das medidas dentro da água. Dependendo da quantidade de ar residente dentro do corpo, o peso dentro d'água pode alterar para mais ou para menos, influenciando diretamente no resultado da gordura corporal.

O volume residual é a quantidade de ar presente nos pulmões após a expiração máxima.

Uma maior permanência de ar nos pulmões fará com que o indivíduo que está sendo medido flutue mais, afetando a validade da medida. Então, para garantir uma média precisa da densidade corporal pela pesagem hidrostática, o volume residual (VR) deve ser medido ou estimado.

Segundo Roche, Heymsfield & Lohman (1996), a medida direta do volume residual, que pode ser feita em sistema de circuito fechado por diluição e eventual equilíbrio de nitrogênio, oxigênio ou hélio, envolve equipamentos de alto custo e difícil acesso.

Além do volume residual, outro componente que pode influir na pesagem hidrostática é o volume

do ar do trato intestinal. Apesar de sua variação, Buskirk (1961) recomenda o uso de um fator de correção constante de 100 ml.

O volume residual pode ser estimado pela equação de Goldman & Becklake (1959), a qual leva em consideração sexo, idade e altura do indivíduo Petroski (1995).

VR (litros) para mulheres = $0,009 \times$ (idade em anos) + $0,032 \times$ (altura em cm) - 3,9.

VR (litros) para homens = $0,017 \times$ (idade em anos) + $0,017 \times$ (altura em cm) - 3,447.

A estimativa do volume residual também pode ser feita pela fórmula recomendada por Miller, Swensen & Wallace (1998) para homens e mulheres normais e com sobrepeso, como é apresentado abaixo:

Homens e Mulheres com peso normal

$RV = 0,0275$ (idade) + $0,0189$ (estatura) - 2,6139

Homens e Mulheres com sobrepeso

$RV = 0,0277$ (idade) + $0,0048$ (Massa corporal) $0,0138$ (estatura) - 2,3967

Obs: Idade em anos, massa corporal em Kg e estatura em cm.

Katch & Mcardle (1975) mostraram que 72% da variação do VR são um resultado da variabilidade biológica, enquanto 19% podem ser atribuídos ao erro técnico e 9% ao efeito da aprendizagem e do cansaço da técnica de submersão.

Wilmore (1969) demonstrou que a diferença na densidade corporal média entre os grupos empregando valores estimados e valores medidos para o volume residual era inferior a 0,001 g/ml. Assim, para a utilização em grandes grupos, o volume residual estimado pode ser considerado aceitável.

DENSIDADE DA ÁGUA

A densidade da água é outro fator que irá influenciar diretamente no cálculo da densidade corporal. A densidade da água varia de acordo com a sua temperatura. Esta temperatura geralmente é mantida em aproximadamente 35°C, valor próximo à temperatura cutânea (Katch & Mcardle, 1998).

Na Tabela 1 são apresentadas as densidades da água de acordo com a sua temperatura.

Tabela 1. Tabela de conversão para a determinação da densidade da água nas diversas temperaturas (Pollock, 1993, p. 314).

T (°C)	D (g/cm³)	T (°C)	D (g/cm³)
23	0,997569	31	0,995372
24	0,997327	32	0,995057
25	0,997075	33	0,994734
26	0,996814	34	0,994403
27	0,996544	35	0,994063
28	0,996264	36	0,993716
29	0,995976	37	0,993360
30	0,995678		

Conforme apresentado na Tabela 1, a densidade da água varia com a sua temperatura e requer um fator de conversão padronizado que será incluído na fórmula para o cálculo da densidade corporal.

Pollock & Wilmore (1993) consideram que, para o conforto do avaliado, a temperatura da água, no momento da pesagem, deveria estar em torno de 32 e 35°C e que variações de aproximadamente 3°C são consideradas desprezíveis e não influenciam negativamente no resultado dos cálculos.

Nos estudos realizados no Laboratório de Antropometria do IPCFEx, a temperatura da água é mantida a 36°C, pois foi esta a temperatura considerada mais agradável pelos avaliados durante os estudos até hoje realizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização de estudos na área da composição corporal, foi construído, no Laboratório de Antropometria do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército, um tanque de pesagem hidrostática conforme as recomendações de Lohman (1992), Pollock & Wilmore (1993), Petroski & Pires Neto (1995), Heyward & Stolarczyk (1996) e Norton & Olds (1996).

A construção de um instrumento padrão requer uma série de cuidados técnicos, não só na construção, como na escolha dos equipamentos utilizados para pesagem, obtenção dos resultados,

acomodação do avaliado, aquecimento, filtragem e tratamento da água. Para que se superassem as dificuldades apresentadas na literatura, o tanque foi construído com as características, mencionadas a seguir.

– O tanque foi construído acima do chão e possui, na parte da frente, um vidro de 50 X 60 cm para comunicação entre o avaliado e o avaliador, diminuindo, assim, a ansiedade de quem estiver sendo pesado e, conseqüentemente, as oscilações da água.

– Um aquecedor automático foi instalado no tanque para que, ao atingir a temperatura ideal da pesagem (36° C), o mesmo desligue. O inverso acontecerá quando a água desaquecer, pois, ao decréscimo de 2° C, o aquecedor se liga automaticamente para que a água volte à temperatura inicial. Mas, para que o reaquecimento não cause turbulência na água, os canos de retorno da água quente foram posicionados no fundo do tanque, a 10 cm acima do solo, fazendo com que, ao entrar pelo fundo do tanque, o aquecimento seja naturalmente realizado, sem agitar a superfície da água, o que dificultaria a estabilização da balança.

– A filtragem da água também é automatizada e realizada por um timer ligado aos filtros, em dois períodos de duas horas: o primeiro, logo após as pesagens e o segundo, imediatamente quando do início das mesmas no dia seguinte.

– A cloração da água também é feita automaticamente, através de um clorador automático ligado ao filtro, que mantém o nível correto de cloro da água a cada filtragem.

– Para minimizar as oscilações que ocorrem em piscinas, o tanque tem apenas 120 X 120 cm, o que facilita, em muito, a leitura.

– O tanque tem a altura de 190 cm, sendo que a água só alcança 150 cm de altura. Esta medida, além de ser suficiente para a realização da pesagem, é a ideal para que os aquecedores tenham máxima eficiência e a água atinja a temperatura ideal no menor tempo possível e com maior economia.

– Para a realização da medida do peso submerso, foi instalada uma célula de carga de marca Filizola com mostrador digital IDSI, com capacidade de 50 Kg, precisão de 5 g e leitura que pode ser realizada com 5 velocidades diferentes, para facilitar a obtenção do peso correto.

– A cadeira é presa à balança por um cabo de aço inoxidável encapado, que possui tamanho reduzido e, para tal, a balança é fixada a uma viga de madeira de lei, posicionada a 50 cm do topo do tanque, para reduzir também a oscilação que possa ocorrer logo após o posicionamento do avaliado na cadeira.

Todos os detalhes técnicos apresentados anteriormente são muito importantes para que avaliados e avaliador tenham um equipamento à altura da precisão que um procedimento “Gold Standard” promete. Mas toda esta tecnologia não adiantaria de nada se as recomendações descritas por Lohman (1992), Pollock & Wilmore (1993), Petroski & Pires Neto (1995) não fossem cumpridas pelos avaliados. Estas recomendações, que são apresentadas a seguir, devem ser cumpridas pelos avaliados, pois, caso contrário, toda a precisão do método pode estar comprometida.

– Os sujeitos devem estar descalços, usando roupa de banho apropriada para a prática de natação;

– Não deverão comer dentro das 4 h que antecederam o teste;

– Deverão procurar fazer refeições leves, principalmente a última antes do início do jejum;

– Não deverão praticar qualquer atividade física no dia que antecede a coleta de dados;

– Não deverão ingerir bebidas alcoólicas nas últimas 24 horas que antecedem o teste;

– Deverão procurar esvaziar intestinos e bexiga pela manhã;

– Não deverão ingerir bebidas gaseificadas, inclusive água, pelo menos 4 h antes do teste; e

– Deverão evitar comer feijão, ervilha, lentilha, soja, grão de bico, rabanete, repolho, couve, couve-flor e espinafre (esta medida evita a produção e o acúmulo de gases no trato gastrointestinal provenientes da digestão).

Cumpridas as recomendações necessárias por parte do avaliado para a realização do teste, ele estará pronto para realizar o peso submerso e é nesta hora que o avaliador exerce um papel muito importante no controle dos procedimentos no momento da obtenção do peso dentro d'água.

Antes de se iniciarem os procedimentos para a pesagem hidrostática, os sujeitos que forem participar do teste são convidados a esvaziarem a bexiga e defecarem, caso já não o tenham realizado.

A medição do peso hidrostático se inicia com a entrada do avaliado no tanque e a calibragem da célula de carga. Este procedimento é muito importante e deve ser repetido para cada avaliado que entre no tanque, pois as diferenças do volume corporal, verificado de pessoa para pessoa, influenciam diferentemente na calibragem da célula realizada ao ligar o equipamento.

Petroski & Pires Neto (1992) explicam que existem duas maneiras de obtenção do peso submerso: uma, com o avaliado na posição sentada e a outra, na posição grupada (como na posição de medusa, utilizada na adaptação ao meio líquido em aulas de natação), sendo esta última considerada pelos autores bem mais confortável para quem está realizando o teste e de mais fácil tomada do peso submerso.

Antes de efetuarem-se os procedimentos da pesagem, o avaliador deve permitir que os avaliados treinem os procedimentos para a expiração dentro d'água. Isto é importante para que os sujeitos adquiram confiança para a realização do teste, pois a preocupação em acertar o procedimento faz com que o avaliado, muitas vezes, fique inquieto e dificulte a obtenção do peso dentro d'água, pela instabilidade do mostrador digital, que possui grande precisão.

O registro do peso dentro d'água é realizado após a expiração máxima do avaliado, estando o sujeito totalmente submerso. Esta expiração pode ser realizada parte fora, parte dentro da água ou totalmente dentro d'água, com uso de clipe nasal ou não. O mais importante é que o avaliado possa escolher qual a melhor maneira de realizar a expiração, pois a correta execução da mesma é primordial para o sucesso do teste.

Após a expiração, o avaliado deve permanecer com a respiração bloqueada por, aproximadamente, 5 segundos, para a estabilização do mostrador digital e obtenção do peso. Se, por acaso, o mostrador não estabilizar, é recomendável que se faça sinal para o avaliado emergir, pois os segundos passam mais devagar para quem está embaixo d'água e é aconselhável que se repita o teste mais vezes do que deixar o avaliado submerso por muito tempo, pois isto pode causar um efeito negativo para os sujeitos.

Vários problemas podem causar a não estabilização do mostrador digital e dificultar a obtenção do peso submerso. São eles:

- Submersão muito rápida do avaliado;
- Contato do avaliado com as laterais do tanque;
- Movimentos realizados embaixo d'água; e
- Pouco esforço expiratório, causando permanência de muito ar nos pulmões, fazendo com que o corpo do avaliado não exerça pressão suficiente na cadeira.

O sinal autorizando a imersão deve ser bem alto e claro, apesar de ser autorizada a imersão a qualquer momento, se o avaliado assim o desejar.

Após cada tentativa, o avaliado é convidado a repetir o teste tão logo sua respiração esteja completamente estabilizada. Caso contrário, sua capacidade de expiração e de permanência dentro d'água estará comprometida. Vários autores, entre eles Petroski & Pires Neto (1995), recomendam que o procedimento de submersão seja repetido por 6 a 10 vezes, mas, para interrupção do teste, deve-se observar o seguinte:

- A pessoa, a cada repetição, se sente mais segura na realização do teste;
- Deve-se, a cada tentativa, incentivar o avaliado a forçar mais a expiração, fazendo com que o peso submerso aumente cada vez mais;
- Após aumentos sucessivos do peso, é natural que o mesmo estabilize com uma diferença de, no máximo, 30 g, momento no qual o teste pode ser interrompido, muito embora o desejável seja uma diferença com o menor valor possível;
- Sucessivos pesos negativos e diminuições sucessivas do peso indicam a dificuldade do avaliado em expirar corretamente; aconselha-se, então; que o avaliado treine corretamente a execução do teste ou o mesmo seja terminado;
- Muito do sucesso na obtenção do peso submerso depende da habilidade e da calma do avaliador em conduzir corretamente as tentativas.

A determinação do peso dentro d'água é feita utilizando o que prescrevem Behnke & Wilmore (1974), apresentados em Pollock & Wilmore (1993), e é obtido da seguinte maneira:

- Primeiramente, seleciona-se o peso mais alto observado, caso tenha se repetido mais de uma vez;

- Caso o item anterior não tenha sido satisfeito, seleciona-se o segundo peso mais alto que tenha sido registrado mais de uma vez;
- Quando os critérios anteriores não tenham sido satisfeitos, seleciona-se o terceiro peso mais alto e assim sucessivamente, até conseguir o peso desejado.

A melhor hora para se medir a massa corporal dentro e fora d'água é pela manhã, pois a massa corporal é bastante variável e pode alterar com o estado de hidratação, com os padrões da alimentação, com as enfermidades e com a hora do dia (Pollock & Wilmore, 1993).

Após a seleção do peso submerso, basta utilizar a fórmula apresentada a seguir e obter a Densidade Corporal (DC):

$$D \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{MC}{[(MC - PS) / Da] - (VR + 0,1)}$$

Calculada a densidade corporal pela pesagem hidrostática, poderemos estimar o % G através das equações de Siri (1956) ou Brozek (1963). Outras fórmulas para calcular o % G foram elaboradas, mas a diferença entre estas fórmulas, em geral, é inferior a 1% para níveis de gordura que variam entre 4 e 30% (Pollock & Wilmore, 1993).

Para se fracionar a composição corporal em Massa Gorda (MG) e Massa Corporal Magra (MCM),

basta utilizar uma conta simples de matemática, que é apresentada a seguir:

$$MG = (MC \times \% G) / 100 \quad \text{ou} \\ (\% G / 100) \times MC$$

$$MC = MC - MG.$$

MG = massa gorda em Kg; MCM = massa corporal magra em Kg; e

% G = percentagem de gordura

CONCLUSÃO

Pode parecer muito trabalhoso realizar a pesagem hidrostática para se obter a MG e a MCM, pois, a partir de métodos mais simples e rápidos, (antropometria) pode-se chegar praticamente às mesmas conclusões, mas o que não se pode esquecer é que, quando se buscam informações em que seja necessária uma grande precisão, a técnica padrão internacionalmente usada, ainda hoje, é a técnica da pesagem hidrostática.

Endereço para correspondência:

e-mail: marcelosalem@bol.com.br

Av. João Luiz Alves - S/Nr

Fortaleza de São João - Urca - Rio de Janeiro - RJ

CEP: 22.291-090

REFERENCIAS

BEHNKE, A. R. & WILMORE, J. H. *Evaluation And Regulation Of Body Building And Composition*. Englewood Cliffs, NY: Prentice-Hall, 1974.

GOLDMAN, H. I. & BECKLAKE, M. R. *Respiratory Function Tests: Normal Values of Medium Altitudes and the Prediction of Normal Results*. Am. Rev. Respir. Dis. n.79, p. 457-467, 1959.

HEYWARD, V. H. & STOLARCZYK, L. M. *Avaliação da Composição Corporal Aplicada*. São Paulo: Manole, 1996.

KATCH, F. I. *Apparent Body Density and Variability during Underwater Weighing*. Res. Quarterly. n.39,

v.4, p.993-999, 1968.

KATCH, F. I. & McARDLE, W. D. *Validity of Body Composition Prediction Equations for College Men and Women*. Am. J. Clin. Nutr. n.28, p. 105, 1975.

KATCH, F. I. & McARDLE, W. D. *Nutrição, Exercício e Saúde*. 4ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1996.

LOHMAN, T. G. *Advances in Body Composition Assessment*. Monograph Number 3. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1992.

NORTON, K. & OLDS, T. *Anthropometrica*. Sidney, Australia: Southwood Press, 1996.

PETROSKI, E. L. & PIRES-NETO, C. S. *Análise do Peso Hidrostático nas Posições Sentada e Grupada em Homens e Mulheres*. Kinesis. Santa Maria: UFSM, v.10, p. 49-62, 1992.

PETROSKI, E. L. *Desenvolvimento e Validação de Equações Generalizadas para a Estimativa da Densidade Corporal em Adultos*. Tese de Doutorado, Santa Maria, RS: UFSM, 1995.

PETROSKI, E. L. *Cineantropometria: Caminhos Metodológicos no Brasil*. In: FERREIRA NETO, A.,; GOELLNER, S. V. & BRACHAT, V. (org). *As Ciências do Esporte no Brasil*. Campinas, SP: Autores Associados, p. 81-101, 1995.

PETROSKI, E. L. & PIRES-NETO, C. S. *Validação de Equações Antropométricas para a Estimativa da Densidade Corporal em Mulheres*. *Revista Brasileira*

de Atividade Física e Saúde, Vol 1, n. 2, p. 65-73, 1995.
POLLOCK, M. L. & WILMORE, J.H. *Exercícios na Saúde e na Doença*. 2ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.

ROCHE, A. F.; HEYMSFIELD, S. B. & LOHMAN, T. G. *Human Body Composition*. Champaign Il: Human Kinetics, 1996.

ROSS, W. D.; CARR, R. V. & CARTER, J. E. L. *Anthropometry Illustrated*. Canada: Turnpike Eletronic Publications Inc, 1999. CDROM.

SIRI, W. E. *Body Composition from Fluid Space and Density*. In: BROZEK, J. & HANSCHERL, A. *Techniques for Measuring Body Composition*. Washington: D C, National Academy of Science. p. 223-224, 1961.

WILMORE, J. H. & BEHNKE, A. R. *An Anthropometric Estimation of Body Density and Lean Body Weight in Young Women*. *Am. J. Clin. Nutr.*, n.32, v.2, p.267-274, 1970.