

GUSTAVO DE SENA SOUSA

**AVALIAÇÃO DESCRITIVA DO ESTRESSE TÉRMICO
AMBIENTAL EM UMA ACADEMIA DA ZONA
NOROESTE DE BELO HORIZONTE NO VERÃO**

**BELO HORIZONTE
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA UFMG
2002**

GUSTAVO DE SENA SOUSA

**AVALIAÇÃO DESCRITIVA DO ESTRESSE TÉRMICO
AMBIENTAL EM UMA ACADEMIA DA ZONA
NOROESTE DE BELO HORIZONTE NO VERÃO**

Monografia apresentada ao Departamento de Esportes da Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para Obtenção do título de Especialista em Treinamento Esportivo e Musculação.

Orientador:

Prof.Dr. Luciano Sales Prado

Membros da banca examinadora:

Prof.Dr. Leszek Schmuchrowski

Prof. Ms. Lácio César Gomes

**BELO HORIZONTE
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA UFMG
2002**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	02
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Produção e dissipação do calor durante o exercício.....	03
2.2. Capacidade de sudorese.....	04
2.3. Condições térmicas ambientais.....	05
3. OBJETIVO.....	07
4. METODOLOGIA.....	07
5. RESULTADOS.....	08
6. DISCUSSÃO.....	09
7. CONCLUSÃO.....	10
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11

1. INTRODUÇÃO

O organismo do ser humano está continuamente submetido à temperatura do ambiente em que vive e também produz calor por meio do seu próprio metabolismo. Os ambientes podem ser quentes, frios ou neutros e a produção de calor corporal pode ser mínima, como no metabolismo basal (MET), ou estar aumentada, como durante um exercício ou, ainda, estar aumentada em resposta ao estresse térmico.

A temperatura ambiental e a corporal combinadas são de fundamental importância para a sobrevivência em cada momento. O funcionamento ótimo do metabolismo celular ocorre dentro de determinados limites de temperatura variada entre o nível mais baixo, que provoca congelamento dos líquidos corporais, e o nível mais alto, onde ocorre desnaturação das proteínas celulares.

Manter a temperatura corporal dentro de uma determinada faixa de oscilação é uma função vital. De qualquer forma, mesmo quando a variação da temperatura não ameaça a sobrevivência, o organismo dispõe de mecanismos termorreguladores com o objetivo de sustentar a eficiência na capacidade produtiva. Variações maiores podem ser observadas com o exercício em ambientes muito quentes ou frios. Além de permitir a adaptação do organismo a diferentes situações térmicas, a função dos centros termorreguladores também está intimamente envolvida com os aspectos emocionais da sensação do nível de conforto térmico. Variações anormais da temperatura corporal são observadas durante estados febris, decorrentes de infecções, lesões celulares e processos inflamatórios (RODRIGUES, SILAMI-GARCIA & SOARES, 1999).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção e dissipação do calor durante o exercício

Uma parte da energia consumida durante o exercício se transforma em calor, este que precisa ser dissipado para a manutenção do equilíbrio interno (homeostase). Quanto maior a intensidade do exercício, maior o custo calórico e menor a eficiência no aproveitamento da energia e, conseqüentemente, maior o calor produzido que pode ou não ser armazenado.

O balanço entre as perdas e ganhos de calor fica armazenado no corpo. A produção de calor no corpo se origina da taxa metabólica a partir da oxidação de carboidratos, lipídeos e proteínas. A diferença entre a taxa metabólica e o trabalho realizado representa o calor produzido numa determinada situação, dependendo do aproveitamento da energia metabólica pela eficiência mecânica (STITT 1993; AINSWORTH e col., 1993).

O calor produzido pela atividade física pode ser trocado com o ambiente por meio de algumas vias de permuta como: a **irradiação**, por acúmulo ou dissipação de energia a partir de ondas térmicas eletromagnéticas emitidas para a pele ou da pele em direção a outras superfícies; a **condução** que envolve a transferência direta de calor através de um líquido, sólido ou gás que esteja em contato com a pele; a **convecção**, que é a eficácia da perda de calor por condução através da rapidez com que o ar (ou água) adjacente ao corpo é permutado após ter sido aquecido, a perda de calor é aumentada a medida que as correntes de convecção transportam calor para longe. A **evaporação** constitui a principal defesa fisiológica contra o super aquecimento, onde a perda de calor ocorre por meio da vaporização da água a partir das vias respiratória e da superfície da pele (McARDLE e col., 1998).

A evaporação não depende das diferenças entre as temperaturas da pele e do ambiente e, sim, da saturação do ar em relação ao vapor d'água (umidade relativa do ar). Em situações onde o ambiente se encontra saturado, a evaporação do suor se torna pouco eficiente e o suor produzido escorre pelo corpo sem que ocorra redução da temperatura corporal (STITT, 1993). A situação ideal para remoção máxima do calor

seria ter constantemente uma fina camada de suor formada (e imediatamente evaporada) sobre toda a superfície do corpo (WOLINSKY & HICKSON JR, 1996).

Os principais mecanismos para aumentar a dissipação do calor são: a vasodilatação periférica; o aumento do fluxo sanguíneo para a periferia, o que aumenta a radiação para a pele; a produção de suor e a respiração ofegante, onde o calor é retirado da superfície corporal e das vias aéreas (HARDY, 1980).

Uma capacidade termorregulatória insuficiente, diante de um exercício realizado em um ambiente que represente estresse térmico, pode resultar em hipertermia, que causa uma série de distúrbios relacionados ao calor, constituindo-se uma situação potencialmente fatal (RODRIGUES, 1998).

Se caso os mecanismos termorregulatórios não fossem ativados em função da elevação da temperatura corporal, ocorreria uma produção metabólica de calor de 15 a 20 vezes maior que a taxa metabólica basal, o que levaria a um aumento de 1°C a cada 5 minutos em atividades de grande intensidade (PANDOLF, SAWKA, GONZALEZ, 1986).

A perda de calor do organismo para o ambiente depende principalmente da secreção e evaporação de suor. Com o aumento da temperatura corporal, a sudorese também aumenta para evitar acúmulo excessivo de calor no organismo (HAYMEES & WELLS, 1986). Mas, quando a desidratação alcança níveis elevados em altas temperaturas ambientais, ocorre um declínio na taxa de sudorese pela fadiga das glândulas sudoríparas, o que representa uma garantia das funções cardiovasculares.

2.2. Capacidade de sudorese

A taxa de sudorese (TS) está sujeita a variações que dependem da temperatura corporal, do tipo de exercício e intensidade, das condições ambientais e do estado de aclimação (SAWKA e col., 1992). A sudorese é proporcional à intensidade da atividade e à dificuldade na dissipação do calor produzido pelo metabolismo. Além disso, a TS pode ser influenciada por fatores fisiológicos, tais como: idade, sexo, estado de hidratação, capacidade aeróbica, aclimação e também pela presença de algumas patologias.

Caso a TS diminua com a idade para uma determinada intensidade de esforço em determinados ambientes, provavelmente é devido a menor resposta das glândulas sudoríparas aos estímulos neurais simpáticos (KENNEY, 1997), embora esta questão ainda esteja sendo estudada.

Os homens jovens parecem ter a mesma capacidade de sudorese que as mulheres jovens, mas não se sabe exatamente a influência dos fatores hormonais femininos e masculinos sobre a capacidade de sudorese (DRINKWATER & HORVATH, 1979).

A perda hídrica pela sudorese pode levar a uma desidratação se a sua reposição não for suficiente, o que poderia acarretar em uma menor tolerância ao esforço, além da queda no rendimento esportivo. Quanto maior a desidratação, menor é a capacidade de redistribuição do fluxo sanguíneo para a periferia, menor a sensibilidade hipotalâmica para a sudorese e menor a capacidade aeróbia para um dado débito cardíaco (ARMSTRONG e col., 1997).

O melhor indicador isolado da capacidade termorregulatória de um indivíduo é a capacidade aeróbica, uma vez que os ajustes decorrentes do treinamento (maior volume sanguíneo, maior capacidade cardíaca, melhor controle na distribuição do fluxo sanguíneo e maior TS) são também benefícios para a termorregulação (AOYAGI e col., 1997).

A aclimação aos ambientes quentes e aos quentes e úmidos significa uma maior tolerância ao esforço nestas condições em virtude dos ajustes neurais, cardiovasculares e hormonais, que permitem ao organismo produzir uma maior TS para um dado estresse térmico. Além disso, o suor excretado pelos indivíduos aclimatados é mais diluído, o que permite a economia de eletrólitos (NIELSEN e col., 1997).

2.3. Condições térmicas ambientais

Segundo Guimarães & Silami-Garcia (1993) não existe na literatura uma definição numérica precisa para o que seja ambiente frio, termo neutro ou quente.

Para se avaliar o risco de hipertermia é necessário analisar o ambiente em que se vai realizar a atividade física, considerado os diversos fatores do estresse térmico: a temperatura seca, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a quantidade de radiação calorífica direta que o corpo estaria exposto (McCANN & ADAMS, 1997).

O indicador de estresse mais utilizado internacionalmente nos últimos anos (MORAN & PANDOLF, 1999) tem sido uma combinação das temperaturas obtidas com o termômetro de Bulbo Úmido - Temperatura de Globo (IBUTG) de acordo com as seguintes equações (ROBERTS, SHUMAN & SMITH, 1987):

Equação 1

$$\text{IBUTG } (^{\circ}\text{C}) = 0,7 \text{ Tu} + 0,2 \text{ Tg} + 0,1 \text{ Ts (para ambientes externos)}$$

$$\text{IBUTG } (^{\circ}\text{C}) = 0,7 \text{ Tu} + 0,3 \text{ Ts (para ambientes internos)}$$

O IBUTG define os limites de tolerância humana para o estresse térmico ambiental (McCANN & ADAMS, 1997; SILAMI-GARCIA & RODRIGUES, 1998). Ele pode orientar a prevenção das complicações decorrentes do acúmulo excessivo de calor no corpo (hipertermia), de acordo com o grau de risco apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Classificação do risco de hipo e hipertermia em função da temperatura IBUTG

IBUTG	RISCO
23-28°C	Alto para hipertermia
18-23°C	Moderado para hipertermia
< 18°C	Baixo para hipertermia
< 10°C	Risco para hipotermia

Fonte: (POWERS & HOWLEY, 1994)

O American College of Sports Medicine (1995) recomenda, para a prevenção das complicações decorrentes ao acúmulo excessivo de calor no corpo, a adequação

da intensidade e duração da atividade em função do risco de hipertermia, a exposição inadequada a ambientes quentes e úmidos, além de recomendar o uso de roupas que facilitem a perda de calor do corpo e a constante hidratação.

Para SAWKA (1992), a desidratação seria um dos fatores de risco mais comuns na origem da hipertermia, destacando, assim, a necessidade da ingestão de água em quantidades suficientes para a reposição das perdas hídrica pelo suor.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi avaliar o estresse térmico ambiental de uma academia de ginástica da zona noroeste de Belo Horizonte no verão.

3.2. Objetivos específicos

Avaliar o estresse térmico de dois ambientes da academia:

- Sala de musculação;
- Sala de lutas (antes da instalação de janelas e após instalação de janelas, com as mesmas abertas).

4. METODOLOGIA

Os proprietários e os responsáveis pela academia foram devidamente informados e esclarecidos sobre os objetivos do estudo e sobre os procedimentos que seriam realizados. Todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido após concordarem com estudo.

A coleta de dados desse estudo foi realizada em quatro dias escolhidos aleatoriamente ao longo dos meses de fevereiro e março. Foram verificados dois ambientes da academia: sala de musculação (dois dias de coleta) e sala de lutas (dois

dias de coleta, sendo um dia anterior a instalação das janelas e outro dia já com as janelas instaladas e abertas).

O horário da coleta dos dados foi de 06:00 às 22:00 horas, onde se registrou o Índice de Bullbo Úmido - Temperatura de Globo (IBUTG) de hora em hora através da equação para ambientes internos. Esta faixa de horário foi escolhida propositalmente por ser a de funcionamento da academia.

O equipamento utilizado para registrar as condições ambientais foi o termômetro de IBUTG da marca *Heat Stress Monitor* – RSS – 214 DL.

Para a análise descritiva do IBUTG foi calculado a média e o desvio padrão.

5. RESULTADOS

As condições térmicas ambientais da sala de musculação e da sala de lutas, assim como a temperatura seca (°C) da cidade fornecida pelo Instituto de Meteorologia, estão apresentadas na tabela 2:

Tabela 2: Resultados

	IBUTG pico	IBUTG média e d.padrão	INSTITUTO DE METEOROLOGIA média e d.padrão
Sala de Musculação 26/02/2002	22.6°C	21.16°C ± 0.79	22.37°C ± 1.07
Sala de Musculação 01/03/2002	23.2°C	21.87°C ± 0.83	24.53°C ± 3.23
Sala de Lutas (sem janelas) 04/03/2002	30.1°C	24.63°C ± 1.97	23.47°C ± 3.19
Sala de Lutas (com janelas abertas) 22/03/2002	24.3°C	22.71°C ± 1.09	22.60°C ± 1.55

6. DISCUSSÃO

Este estudo se limitou a descrever as condições térmicas ambientais no interior de uma academia através do IBUTG.

O serviço de meteorologia de Belo Horizonte nos forneceu os dados necessários sobre as condições climáticas da cidade nos dias avaliados. Estas condições climáticas foram diferentes nos quatro dias de coleta de dados, o que impossibilitou um estudo comparativo.

As condições térmicas ambientais da sala de musculação foram avaliadas no primeiro e no segundo dia, sendo que o IBUTG pico de cada dia foram respectivamente 22.6°C e 23.2°C. A média e o desvio padrão foram 21.16°C ± 0.79 e 21.87°C ± 0.83, podendo representar um risco moderado para hipertermia, conforme classificação de risco de POWERS & HOWLEY (1994).

No terceiro dia foram avaliadas as condições térmicas ambientais da sala de lutas antes da instalação das janelas. Neste dia, o IBTG chegou a 30.1°C, a média e o desvio padrão foram 24.63°C ± 1.97, valores estes que podem comprometer a integridade física dos alunos, já que podem representar um alto risco para hipertermia (POWERS & HOWLEY, 1994). Além disso, a roupa usada para a prática de artes marciais, o *Kimono*, dificulta a perda de calor do corpo para o ambiente. A duração das aulas é de aproximadamente uma hora e, nem sempre, o aluno realiza uma pausa para hidratar-se, contribuindo para o aumento da desidratação e conseqüentemente acentuando o risco de hipertermia (SAWKA, 1992). A sala observada neste estudo possuía ventilação precária e era próxima da piscina aquecida e coberta, o que contribui para o aumento da umidade relativa do ar no interior da sala, que por sua vez, dificulta a evaporação do suor produzido pelo corpo sem que ocorra redução da temperatura corporal (STITT, 1993).

No quarto dia foi avaliada esta mesma sala de lutas, porém já tinham sido instaladas janelas e estas estavam abertas. Não podemos afirmar, portanto, que as condições térmicas ambientais no interior da sala modificaram, pois mesmo com o IBUTG pico chegando a um valor inferior (24.3°C) ao da sala sem janela (30.1°C) as condições climáticas da cidade foram diferentes entre os dois dias avaliados, impossibilitando a comparação. A média e o desvio Padrão do IBUTG neste dia foram

22.71°C ± 1.09, podendo comprometer também a integridade física dos alunos, já que este valor representa um alto risco para hipertermia (POWERS & HOWLEY, 1994).

O American College of Sports Medicine (1995) recomenda, para a prevenção das complicações decorrentes do acúmulo excessivo de calor no corpo: adequar a intensidade e duração da atividade em função do risco de hipertermia; evitar a exposição inadequada a ambientes quentes e úmidos, usar roupas que facilitem a perda de calor do corpo, além da hidratação.

7. CONCLUSÃO

As condições térmicas ambientais no interior da sala de musculação e da sala de lutas da academia avaliada apresentaram risco para hipertermia de moderado a alto, no verão, de acordo com a classificação do risco de Powers & Howley (1994), podendo comprometer a saúde e a integridade física dos alunos. Novos estudos são necessários para verificar o estresse térmico ambiental em locais onde se praticam atividades físicas, como em academias clubes e escolas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, B.E., HASKELL, W.L., LEON, A.S., JACOBS JR, D.R., MONTOYE, H.J., SALLIS, J.F., PAFFENBARGER JR, R.S. *Compendium of physical activities: Classification of energy costs of human physical activities*. *Medicine and Science Sports and Exercise*, 25(1): 71-80, 1993.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – POSITION STATEMENT – *Exercise and fluid replacement*, *Medicine and Science Sports and Exercise*, 29:1 – v11, 1996.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – POSITION STATEMENT – *The prevention of thermal injuries during distance running*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 19(5): 529-533, 1995.

AOYAGI, Y., McLELAN, T.M., SHEPARD, R.J. *Interactions of physical training and heat acclimation. The thermophysiology of exercising in a hot climate*. *Sports Med.*, 23:173-210, 1997.

ARMSTRONG, L.E., MARESH, C.M., GABARAA, C.V., HOFFMAN, J.R., KAVOURAS, S.A., KENEFICK, R.W., CASTELLANI, J.W., AHLQUIST, L.E. *Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration, and water intake*. *Journal Applied Physiology*. 82(6), p. 2028-2035, 1997.

DRINKWATER, B.L., HORVATH, S.M. *Heat tolerance and aging*. *Medicine and Science in Sports*, v.11, n°1, p. 49-55, 1979.

GUIMARÃES, M.T & SILAMI-GARCIA, E. *Water replacement and thermoregulatory responses during prolonged exercise*. *Brazilian Journal of Medical and Biological Science*, 26: 1237-1240, 1993.

HARDY, J.D. *Body temperature regulation*. In: Vernon B. Mountcastle, *Medical Physiology*. 14. Ed. The CV Mosby Company, London, p. 1417-1458, 1980.

HAYMES, E.M & WELLS, C.L. *Environment and human performance*. Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign, IL., 1986.

KENNEY, W.L. *Thermoregulation at rest and during exercise in healthy older adults*. *Exerc. Sports. Sci. Ver.*, v. 25, p 41-76, 1997.

McCANN, D.J. & ADAMS, W.C. *Wet bulb globe temperature index and performance in competitive distance runners*. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29(7): 955-961, 1997.

McARDLE, W.D., KATCH, F.I., KATCH, V.L., *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. 4.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A, 1998.

MORAN, D.S & PANDOLF K.B. *Wet bulb globe temperature (WBGT) – to what extent is GT essential?* Aviat. Space Environ. Med., 70(5): p. 480-484, 1999.

NIELSEN, B., STRANGE, S., CHRISTENSEN, NJ., WARBERNG, J., and SALTIN, B. *Acute and adaptative responses in humans to exercise in a warm, humid environment*. Eur. Physiiol., 434: p. 49-56, 1997.

PANDOLF, K.B., SAWKA, M.N., GONZALEZ, R.R. *Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes*. USA: Cooper Publishing Groups, 1986.

POWERS, S.K. & HOWLEY, E.T. *Exercise Physiology – Theory and Application to Fitness and Performance*. 2ª Ed ., Brown & Benchmark, USA. 1994.

ROBERTS, D.L.; SHUMAN, S.H.; & SMITH, D.J.; *Preventing heart – related hazards important for outdoor workers*. Occup Safety Health, 6: 21-25, 1987.

RODRIGUES, L.O.C., *Rio de Janeiro: mortes pelo calor?* Revista do Conselho Federal de Medicina, 93(5) p. 14-15, 1998.

RODRIGUES, L.O.C., SILAMI-GARCIA, E ., SOARES, D.D. *Fisiologia da Termorregulação*. In: Novos conceitos em treinamento esportivo. Brasília: Instituto Nacional de desenvolvimento do desporto, 1999.

SAWKA, M.N. *Physiological consequences of hypohydration : exercise performance and thermoregulation*. Med. Sci. Sports Exer., 6: p.657-670, 1992.

SAWKA, M.N. e greenleaf, j.e. *Current concepts concerning thirst, dehydration, and fluid replacemnt: overview*. Med. Sci. Sports. Exercise. 24(6): p. 643-644, 1992.

SALAMI-GARCIA, E.; RODRIGUES, L.O.C. *Hipertermias durante a prática de exercícios físicos: riscos, sintomas e tratamento*. Revista Brasileira de Ciências do Esporte, v19, p 85-94, 1998.

STITT, JT. *Central regulation os body temperature*. In: Cerl V. Gisolfi, David R. Lamb & Ethan R. Nadel. *Perspective in Exercise Science and Sports Medicine*, v.6. Exercise, heat and thermoregulation. 1.ed. American College os Sports Medicine and Cooper Publishing Group, p.148, 1993.

WOLINSKY, I., HICKISON JR, J.F. *Nutrição no exercício e no esporte*. 2. Ed. Roca São Paulo, p. 548, 1996.