

DANUSA DIAS SOARES

EFEITOS DA ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA SOBRE O TEMPO
TOTAL DE EXERCÍCIO, A PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO
E AS RESPOSTAS TERMORREGULATORIAS DURANTE EXERCÍCIO
SUBMÁXIMO REALIZADO EM AMBIENTE TERMONEUTRO

Danusa Dias Soares

EFEITOS DA ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA SOBRE O TEMPO
TOTAL DE EXERCÍCIO, A PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO
E AS RESPOSTAS TERMORREGULATORIAS DURANTE EXERCÍCIO
SUBMAXIMO REALIZADO EM AMBIENTE TERMONEUTRO

Dissertação apresentada durante o curso de mestrado da Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Educação Física.

Area de concentração: Ciências do Esporte

Orientador: Prof. Dr. Emerson Silami Garcia

Belo Horizonte

Escola de Educação Física da UFMG

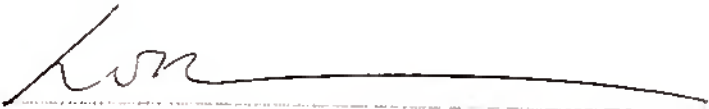
1993

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais, sob a orientação do Prof. Dr. Emerson Silami Garcia, durante o curso de mestrado em Educação Física, com o auxílio financeiro da CAPES.

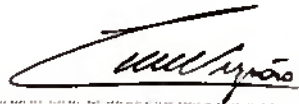
Dissertação defendida e aprovada, em 27 de novembro de 1960, pela banca examinadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Ezequiel de Aguiar Garcia - orientador



Prof. Dr. Luiz Velloso de Albuquerque



Prof. Dr. Carlos Eduardo Mendes

Dedico este trabalho àqueles que sempre
foram amigos e incentivadores: meus pais.

Agradecimentos

Primeiramente ao meu orientador, Emerson Silami Garcia, que me incentivou e orientou durante todo o período de realização deste trabalho. Sou especialmente grata à confiança em mim por ele depositada, não somente agora mas desde a conclusão do meu curso de graduação, quando não poupou esforços para me ajudar a trilhar os caminhos da pós-graduação.

Aos demais membros da banca examinadora pelo auxílio prestado durante a fase final do meu trabalho.

Ao professor, amigo e grande incentivador Luiz Oswaldo Carneiro Rodrigues, que muito cedo no curso de graduação, despertou em mim através da difícil, porém fascinante tarefa de "conviver com a dúvida", a paixão pelo conhecimento científico. Sou também grata pelo apoio e orientação científica que vem me prestando nos últimos 9 anos, desde o período da Iniciação Científica até a conclusão desta dissertação, o que sem dúvida, tem norteado minha formação acadêmica.

Aos voluntários, que se submeteram com responsabilidade e boa vontade às situações experimentais deste trabalho e, sem os quais o mesmo não teria sido realizado.

A todos da minha família, pelo incentivo e apoio incondicional durante a realização do mestrado.

Ao José Eymard pela ajuda na confecção das tabelas, e

principalmente, pelo apoio amigo, pelo carinho e paciência com que soube entender a minha ausência ou ansiedade em muitos momentos.

A todos os meus amigos, pelo incentivo e compreensão que me dispensaram durante o período do mestrado, principalmente na fase de elaboração desta dissertação.

Aos meus sobrinhos Ana Paula e Rui, que me ajudaram ora na elaboração de tabelas, ora na realização de algumas fotografias.

Ao Gué e a Júnia por terem me acolhido várias noites em sua casa para a confecção dos gráficos.

A Alessandra Cavalieri, Reginaldo Gomes, Márcia Neto Magalhães Alves e Wanilde M. Ferrari Aurek, pela ajuda fundamental e incondicional que me prestaram durante todo o período de coleta de dados.

A todos os colegas do curso de mestrado, os quais sempre me incentivaram.

A Maria Tereza Guimarães, pelo auxílio em algumas questões metodológicas, e também, pela ajuda na compreensão de alguns testes estatísticos.

Ao amigo Ulisses de Paula Filho, que durante todo o período de convivência no Lafise nunca mediu esforços para me ajudar.

Ao Nilo Resende Viana Lima por ter colaborado em muitas discussões científicas.

A todos aqueles que nos últimos 9 anos, fizeram e fazem

parte do Lafise, por terem contribuído de maneira fundamental para a minha formação pessoal e profissional.

A professora Maria Gláucia da Escola de Educação Física, e ao professor Enrico do Departamento de Estatística do ICEX, pela ajuda valorosa durante a fase de análise estatística.

A professora Myriam Evelise Mariani, pelo seu empenho como chefe do colegiado de pós-graduação. Estendo minha gratidão às demais funcionárias daquele colegiado.

Ao Cláudio , Dário e demais porteiros da Escola de Educação Física, pela prontidão e pontualidade para ligar o aquecedor do tanque onde foram realizados alguns experimentos.

As(os) funcionárias (os) da biblioteca da Escola de Educação Física, juntamente com o pessoal responsável pelo SIBRADID, pela ajuda fundamental na aquisição de muitas referências bibliográficas.

Ao pessoal da mecanografia da Escola de Educação Física, pela ajuda na reprodução do material bibliográfico.

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da elevação prévia da temperatura interna de seres humanos, sobre o tempo total de exercício, a percepção subjetiva do esforço, e as respostas termorregulatórias durante a realização de um exercício submáximo (70% da potência máxima) realizado em ambiente termoneutro. Participaram do estudo 8 indivíduos do sexo masculino, com idade variando entre 23 e 26 anos e com um consumo máximo de oxigênio estimado, em média, de 56,38 ml O₂/ Kg. min. Cada um dos voluntários participou de duas condições experimentais, realizadas sempre na parte da manhã, e separadas entre si pelo prazo de uma semana. As condições experimentais constituíam da realização de um exercício no cicloergômetro a 70% da potência máxima, medida previamente, e cuja duração se estendia até o momento da exaustão. Em uma das duas condições (AQUECIDO) experimentais, os indivíduos eram submetidos, previamente à realização do exercício, à imersão do corpo em um tanque com água a 40 °C, até que a temperatura interna (retal) atingisse 38,5 °C. Na outra situação experimental (EUTERMICO), os indivíduos realizavam o exercício em condições basais de temperatura interna. Em ambas as situações, a temperatura da sala onde foram realizados os

experimentos foi em média de 20,87 °C, e a umidade relativa do ar em média de 73,25 %. A ordem dos experimentos foi sorteada e balanceada, para evitar o efeito de treinamento. As respostas termorregulatórias analisadas foram a temperatura retal (Tre), temperatura média da pele (TMP), temperatura média do corpo (TMC) e frequência cardíaca (FC). A Tre foi medida utilizando-se uma sonda introduzida 10 cm além do esfíncter anal. A temperatura da pele foi medida no braço, peito, perna e coxa, utilizando-se termístores de superfície. A FC foi medida através de um cardiofrequencímetro por telemetria. A percepção subjetiva do esforço (PSE), foi analisada através da escala de BORG (1973). Todas as variáveis foram registradas no 1 minuto de exercício, e depois a cada 3 minutos, até a exaustão. O tempo total de exercício (TTE) foi medido em minutos.

O TTE foi em média 27,9% menor na situação AQUECIDO. A partir do terceiro minuto de exercício, a PSE foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) na situação AQUECIDO. As respostas termorregulatórias estudadas, isto é a Tre, a TMP, a TMC e a FC, foram significativamente mais elevadas ($p \leq 0,05$) ao longo do exercício na situação AQUECIDO.

LISTA DE TABELAS

1 - Escala para avaliação da percepção subjetiva do esforço	72
2 - Características físicas dos voluntários	78
3 - Condições ambientais	79
4 - Potência no cicloergometro	84
5 - Tempo total de exercício	86
6 - Notas para a percepção subjetiva do esforço	88
7 - Temperatura retal	93
8 - Temperatura média da pele	95
9 - Temperatura média do corpo	97
10 - Frequência cardíaca	99

LISTA DE FIGURAS

1 - Imersão na água quente (40 C)	67a
---	-----

LISTA DE GRAFICOS

1 - Temperatura Retal - Imersão	81
2 - Frequência Cardíaca - Imersão	82
3 - Percepção Subjetiva do Esforço	89
4 - Temperatura Retal	91
5 - Temperatura Média da Pele	94
6 - Temperatura Média do Corpo	98
7 - Frequência Cardíaca	101

SUMARIO

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO	16
1.1 Justificativas	20
1.2 Objetivos	21
1.3 Hipóteses	22
1.4 Delimitações do estudo	23
1.5 Limitações do estudo	23
1.6 Definição de termos	24
CAPITULO 2 - REVISAO DA LITERATURA	25
2.1 Regulação da temperatura corporal	25
2.2 Atividade física em ambientes quentes	32
2.2.1 Exercício, hipertermia e termorregulação	33
2.2.2 Respostas metabólicas	36
2.3 Percepção subjetiva do esforço	38
2.3.1 PSE e Temperatura Corporal	48
2.4 Mecanismos da Fadiga	55
CAPITULO 3 - METODOLOGIA	60
3.1 Cuidados éticos	60
3.1.1 Esclarecimentos gerais sobre o estudo	60
3.1.2 Termo de compromisso	62
3.2 Amostra	62
3.3 Exercício	63
3.3.1 Imersão na água quente (40 C)	66

3.4	Condições ambientais	69
3.5	Parâmetros fisiológicos e sensoriais avaliados ...	69
3.5.1	Consumo máximo de oxigênio (VO ₂ máx)	69
3.5.2	Percepção subjetiva do esforço (PSE)	70
3.5.3	Frequência cardíaca	71
3.5.4	Temperaturas corporais	73
3.6	Delimitação experimental	75
3.7	Análises estatísticas	75
CAPITULO 4 - RESULTADOS		77
4.1	Sujeitos	77
4.2	Ambiente	77
4.3	Imersão na água quente (40 °C)	80
4.4	Potência no cicloergômetro	83
4.5	Tempo total de exercício (TTE)	83
4.6	Percepção subjetiva do esforço (PSE)	87
4.7	Temperatura retal (T _{re})	90
4.8	Temperatura média da pele (T _{MP})	92
4.9	Temperatura média do corpo (T _{MC})	96
4.10	Frequência cardíaca (FC)	96
CAPITULO 5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS		102
5.1	Ambiente	103
5.2	Amostra estudada	105
5.3	Imersão na água quente (40 °C)	107
5.4	Tempo total de exercício (TTE)	108
5.5	Temperatura retal (T _{re})	122

5.6	Temperatura média da pele (TMP)	125
5.7	Temperatura média do corpo (TMC)	126
5.8	Frequência cardíaca (FC)	129
5.9	Percepção subjetiva do esforço (PSE)	136
CAPITULO 6 - CONCLUSÕES		154
CAPITULO 7 - ANEXOS		155
7.1	ANEXO A - Consentimento	155
7.2	ANEXO B - Recomendações	156
7.3	ANEXO C - Fichas para coleta de dados	157
7.4	ANEXO D - Dados individuais	161
CAPITULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS		172

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO

Os seres humanos são extremamente adaptáveis, sendo capazes de não somente sobreviver mas como também desempenhar várias atividades, inclusive físicas, em uma ampla variedade de ambientes. Somos capazes de nos adaptarmos ao deserto, às montanhas, ao frio e mesmo aos ambientes poluídos.

Graças ao desenvolvimento de mecanismos complexos e metabolicamente dispendiosos, temos a capacidade de, apesar de grandes alterações na temperatura ambiente, mantermos nossa temperatura interna dentro de limites estreitos.

Somos por isso, juntamente com as aves e os demais mamíferos, chamados de homeotérmicos, diferindo-nos daqueles que por não apresentarem esta propriedade (invertebrados, peixes, anfíbios e répteis), têm sua temperatura geralmente próxima à do ambiente a que estão expostos. Estes são chamados pecilotérmicos.

A manutenção da temperatura corporal relativamente estável sob diferentes condições ambientais, pressupõe duas condições básicas: um sistema efetor eficiente, ou seja uma alta produção de calor metabólico, e vias de dissipação de calor capazes de ajustes rápidos e precisos em resposta à alterações nas temperaturas corporal e ambiental. Em outras palavras, deve existir uma maneira sensível de integrar os

mecanismos efetores de termorregulação.

No nosso organismo, está no hipotálamo o nosso centro termorregulador. Desempenha as tarefas de receber informações sensoriais acerca de variações na temperatura, integrá-las e ativar mecanismos efetores que irão agir ora no sentido de preservar, ora no de liberar calor do nosso corpo. (GUYTON, 1991).

Para os mais variados problemas que as diferentes condições ambientais nos impoem, apresentamos algumas soluções fisiológicas. Os problemas fisiológicos que enfrentamos devido à adversidades ambientais afetam praticamente todos os sistemas do nosso organismo, principalmente os sistemas cardiovascular, respiratório, renal e nervoso. (HAYMES & WELLS, 1986).

Quando nos expomos ao calor e, mais ainda, quando realizamos atividades físicas no calor, submetemos nosso organismo a vários problemas fisiológicos, afetando muitos dos nossos sistemas, pois teremos que nos adaptar ao mesmo tempo à alta temperatura ambiental e às modificações metabólicas causadas pelo exercício. Apesar de todo o estresse causado juntamente pelo calor e o exercício, nossos sistemas agem no sentido de tentar manter nossa temperatura interna em limites compatíveis com a manutenção da vida (CLARK & EDHOLM, 1985), o que pode, entre outras consequências, levar à interrupção antecipada do exercício.

A magnitude dos efeitos do calor sobre o desempenho

físico, independe da maneira pela qual o estresse hipertérmico foi criado, isto é, se por radiação, imersão em água quente ou exercício físico (ASMUSSEN & BOJE, 1945; BERGH & EKBLUM, 1979), pois estes efeitos são respostas às elevações da temperatura do nosso corpo (SAWKA & WENGER, 1988).

É interessante observar que, apesar de vivermos em um país tropical, no qual durante grande parte do ano estamos submetidos a temperaturas ambientes elevadas, os pesquisadores da área da Educação Física, da Medicina Desportiva ou da Medicina do Trabalho no Brasil, têm direcionado pouca ou quase nenhuma atenção às questões referentes à prática da atividade física ou do trabalho em condições de temperatura corporal elevada. Não é difícil, vermos competições esportivas realizadas no verão durante o período do dia, quando a radiação solar é acentuada, como também trabalhadores realizando tarefas físicas expostos ao sol ou em ambientes fechados nos quais a temperatura é elevada, sem que qualquer cuidado no sentido de prevenir a fadiga nestas condições seja tomado.

Várias podem ser as causas da fadiga e, esta deve ser entendida dentro de uma concepção integral, que seria a falha em qualquer etapa de ligação da cadeia de comandos da contração muscular, iniciada no sistema nervoso central, e que se estende até as estruturas localizadas no músculo (MACLAREN et al, 1989). Apesar de pouco discutida na

literatura, a temperatura corporal parece ser fundamental nos mecanismos envolvidos nos processos da fadiga (HAYMES & WELLS, 1986 ; GUIMARAES, 1993 e SAWKA & WENGER,1988), uma vez que alterações na temperatura corporal podem provocar modificações nas respostas fisiológicas ao exercício, de modo a comprometer o perfeito funcionamento da cadeia de comandos que envolve a contração muscular.

Um outro fator que tem sido considerado como determinante da fadiga, é a percepção subjetiva do esforço (PSE) (ENOKA & STUART, 1992 ; KILBOM et al, 1983), que é a maneira pela qual somos capazes de perceber, subjetivamente, a intensidade do esforço físico que estamos realizando (BORG,1990). Assim como a fadiga, a percepção do esforço deve ser entendida como uma resposta resultante da integração multifatorial de vários parâmetros, tais como , intensidade do exercício, frequência cardíaca, ventilação, concentração de lactato, temperatura corporal e disponibilidade de substrato (MIHEVIC,1981). É provavelmente fruto de diversas informações sensoriais integradas (BORG,1982) que chegam ao córtex sensorial por descargas corolárias de comandos motores que saem do córtex motor (ENOKA & STUART, 1992 e ROBERTSON, 1982). Apesar das controvérsias existentes na reduzida literatura disponível sobre o assunto (BERGH & EKBLUM,1979; KAMON et al,1974 ; PANDOLF et al,1972 e WATT & GROVE, 1993), a temperatura corporal tem sido considerada uma destas informações

sensoriais envolvidas no estabelecimento da PSE (BERGH et al, 1986; BROOKS & FAHEY, 1985 ; MIHEVIC,1981 ; e SKINNER et al, 1973). Entretanto, não se sabe ainda com clareza , quais os mecanismos envolvidos na regulação da temperatura corporal que possam participar do controle da PSE, o que vem reforçar a recente suposição de WATT & GROVE (1993) de que o maior problema no campo da percepção do esforço, é o fato de ser esta uma área de estudo que vem se expandindo tanto em volume quanto em importância, sem que exista ainda uma teoria concreta sobre o assunto, o que torna urgente a síntese da vasta, porém fragmentada informação científica existente até o presente.

1.1 Justificativas

Justificamos a realização deste experimento por várias razões:

- tem-se pesquisado muito pouco sobre a relação existente entre a temperatura corporal e a percepção subjetiva do esforço, principalmente em situação de hipertermia. Em recente pesquisa realizada junto ao SIBRADID (Sistema Brasileiro de Documentação e Informação Desportiva) sobre percepção subjetiva do esforço, das quase 220 citações, somente 5 faziam referência à relação entre PSE e a temperatura corporal,

- os poucos trabalhos realizados com o objetivo de investigar a relação entre PSE e temperatura corporal apresentam resultados contraditórios,

- embora existam na literatura vários trabalhos abordando os mecanismos da fadiga, o papel da temperatura corporal não tem sido frequentemente discutido dentro deste contexto, e praticamente inexistem no Brasil trabalhos publicados sobre o problema da elevação da temperatura corporal e sua influência sobre o desempenho em atividades esportivas ou de trabalho.

1.2 Objetivos

O presente estudo tem como objetivos:

- estudar os efeitos da elevação prévia da temperatura interna sobre o tempo total de exercício, percepção subjetiva do esforço, frequência cardíaca, temperatura retal, temperatura média da pele e temperatura média do corpo, durante exercício submáximo (70% da potência máxima) realizado em ambiente termoneutro.

1.3 Hipóteses

Nula: não existe diferença significativa no tempo total de exercício, realizado na intensidade de 70% da potência máx. (estimada previamente) na bicicleta ergométrica, com ou sem elevação prévia da temperatura interna do corpo para 38,5 °C.

Não existem diferenças significativas entre as respostas termorregulatórias estudadas (temperatura retal, temperatura média da pele, temperatura média do corpo, frequência cardíaca) durante exercício submáximo (70% da potência máx., estimada previamente) em bicicleta ergométrica, quando realizado com ou sem elevação prévia da temperatura interna do corpo para 38,5 °C.

Não existe diferença significativa entre a percepção subjetiva do esforço durante exercício submáximo (70% da potência máx., estimada previamente) em bicicleta ergométrica, quando realizado com ou sem elevação prévia da temperatura interna do corpo para 38,5 °C.

Alternativa: Existe diferença significativa no tempo total de exercício, realizado na intensidade de 70% da potência máx. (estimada previamente) na bicicleta ergométrica, com ou sem elevação prévia da temperatura interna do corpo para 38,5 °C.

Existem diferenças significativas entre as respostas termorregulatórias estudadas (temperatura retal, temperatura

media da pele, temperatura média do corpo, frequência cardíaca) durante exercício submáximo (70% da potência máx., estimada previamente) em bicicleta ergométrica, quando realizado com ou sem elevação prévia da temperatura interna do corpo para 38,5 °C.

Existe diferença significativa na percepção subjetiva do esforço durante exercício submáximo (70% da potência máx., estimada previamente) em bicicleta ergométrica, quando realizado com ou sem elevação prévia da temperatura interna do corpo para 38,5 °C.

1.4 Delimitações do estudo

A delimitação deste trabalho é quanto a sua amostra. Os resultados deste experimento são atribuíveis a uma amostra de indivíduos do sexo masculino, com capacidade aeróbia máxima de no mínimo 50 ml de O₂/Kg.min., com idade variando entre 23 e 26 anos.

1.5 Limitações do estudo

O consumo máximo de oxigênio foi estimado, utilizando-se o teste de Balke para cicloergômetro.

A temperatura corporal interna foi representada pela temperatura retal.

1.6 Definição de termos

Para melhor entendimento deste trabalho, alguns termos são abaixo definidos:

Percepção Subjetiva do Esforço (PSE) : De acordo com BORG (1990), a PSE é definida como a maneira pela qual o ser humano percebe, subjetivamente, a intensidade do esforço físico ao qual está submetido, de acordo com a variação da intensidade do exercício.

Calor: Forma de energia que é transferida de um sistema para outro em virtude de um gradiente de temperatura existente entre estes sistemas (SANTEE & GONZALES, 1988).

Temperatura: é a energia cinética média das moléculas de uma determinada substância. É uma medida do potencial para trocas térmicas entre duas substâncias (SANTEE & GONZALES, 1988).

Umidade relativa do ar: De acordo com CLARK & EDHOLM (1985), a umidade de qualquer ambiente pode ser expressa pela pressão parcial de vapor de água no ar. Se esta pressão parcial é dividida pela pressão de saturação de vapor, na mesma temperatura que o ar, então este quociente é conhecido como umidade relativa, expressa como percentual.

CAPITULO 2 - REVISAO DA LITERATURA

2.1 - Regulação da Temperatura Corporal

A temperatura corporal no homem e em outros mamíferos permanece relativamente constante apesar de grandes mudanças na produção de calor pelo organismo e nas condições ambientais a que está exposto. Esta estabilidade é alcançada graças a um controle regulatório ativo na taxa de perda de calor e também, em menor intensidade, na taxa de produção de calor pelo organismo (CLARK & EDHOLM, 1985). Estes seres são chamados de homeotérmicos, e diferem dos pecilotérmicos no sentido em que estes últimos possuem um bradimetabolismo comparado ao dos homeotérmicos e não por que, ao contrário do que muitos pensam, os pecilotérmicos não possuem um sistema adequado de regulação da temperatura. É sabido, entretanto, que a habilidade de termorregulação dos pecilotérmicos, ao contrário dos homeotérmicos, depende bastante das condições térmicas do ambiente e está restrita a algumas fases do ciclo diurno (SIMON, PIERAU & TAYLOR, 1986).

No homem, existe um órgão responsável pela regulação térmica, que é o hipotálamo, também denominado termostato humano, e que está localizado logo acima do nervo óptico, no centro do sistema límbico. No caso da regulação da temperatura o hipotálamo age como um sensor térmico, um

integrador de informações vindas de outras partes do corpo e por fim, como um centro regulador dos vários mecanismos efetores que estão sempre prontos tanto para aumentar como para diminuir a nossa capacidade de conservar ou dissipar calor (GUYTON,1991).

Variadas respostas termorregulatórias podem ser desencadeadas quando a temperatura da área pré-optica e da porção anterior do hipotálamo são modificadas. O aquecimento da área pré-optica e do hipotálamo anterior promove respostas dissipadoras de calor, enquanto, em contrapartida, o seu resfriamento ativa os mecanismos de produção de calor pelo organismo (BOULANT & DEAN,1986).

De acordo com HELLON (1983), um dos principais mecanismos de controle na termorregulação é a alteração da circulação através da pele, governando desta maneira a taxa de fluxo de calor do interior do nosso corpo para o ambiente. Segundo o autor, pode-se dizer que as alterações vasomotoras na pele fornecem um controle fino no sistema de termorregulação. Quando a área pré-optica é aquecida, inicia-se imediatamente uma sudorese profusa na pele, enquanto que ao mesmo tempo os vasos sanguíneos da pele em todo o corpo tornam-se extremamente vasodilatados, uma reação imediata que faz com que o corpo perca calor, ajudando a temperatura corporal voltar para os níveis normais. Além disso, a produção excessiva de calor é inibida (GUYTON,1991).

Todos os mecanismos efetores de termorregulação, incluindo

a circulação, parecem ser mediados por vários receptores de temperatura, localizados na superfície corporal, em vários locais no interior do corpo, no sistema nervoso central e em vários outros locais, que enviam informações ao centro regulador da temperatura, de modo que respostas termorregulatórias adequadas sejam desencadeadas (SAWKA & WENGER, 1988).

No que se refere aos receptores periféricos, situados na pele, pode-se dizer que ambos os receptores, de frio e de calor, possuem as mesmas propriedades. Os dois tipos possuem uma descarga dinâmica de atividade em resposta a mudanças súbitas de temperatura: os receptores para o frio ao resfriamento, e os receptores de calor ao aquecimento. Outra propriedade comum, é que nenhum dos dois tipos de receptores são excitados por estímulo mecânico, e o estímulo adequado parece ser a taxa de alteração e a própria temperatura no órgão onde se localiza o receptor (HELLON, 1983).

O resfriamento e o aquecimento local de áreas neurais produzem respostas termorregulatórias adequadas, o que indica que a área neural contém termorreceptores centrais que têm função na termorregulação. Por exemplo, o resfriamento da área pré-óptica do hipotálamo anterior promove aumentos na produção de calor metabólico através do tremor, sendo esta resposta rapidamente revertida durante o aquecimento desta mesma área, o qual aumenta o fluxo sanguíneo para a pele e a sudorese. Existem estudos que indicam que aproximadamente 40%

dos neurônios da área pré-óptica do hipotálamo anterior, sejam sensíveis a temperatura. A porção posterior do hipotálamo difere da anterior, no sentido de que a primeira não possui termossensitividade adequada para respostas autonômicas. Nos mamíferos outras áreas neurais parecem responder à estimulação térmica. O aquecimento local do bulbo aumenta a frequência respiratória, enquanto a estimulação térmica da coluna espinhal pode às vezes, produzir uma variedade de respostas termorregulatórias comparadas àquelas induzidas pela manipulação da temperatura do hipotálamo anterior (BOULANT & DEAN, 1986).

A troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente obedece as leis da termodinâmica. O equilíbrio térmico pode ser melhor entendido através da lei de conservação de energia que simplesmente estabelece que, para que um sistema esteja em equilíbrio térmico, todas as vias de ganho ou perda de calor deste sistema se igualem a zero (BURTON & EDHOLM, 1955 e SILAMI-GARCIA & HAYMES, 1989). Segundo CLARK & EDHOLM (1985) e YOUSEF (1987), o equilíbrio entre o trabalho realizado pelo organismo, seu metabolismo e troca de calor com o ambiente pode ser expresso através da seguinte equação:

$$M \pm R \pm K \pm C - E - W \pm S = 0$$

sendo M a taxa metabólica, ou seja a taxa de produção de calor; W, o trabalho realizado; E, o calor perdido por evaporação; C, o calor trocado por convecção; R, o calor

trocado por radiação; K , o calor trocado por condução e S , a taxa de armazenamento de calor no organismo. É importante ressaltar que, com exceção de E (calor perdido por evaporação), todas as outras vias de perda de calor podem também ser fonte de ganho de calor, como descrito pela lei de conservação de energia (YOUSEF,1987).

A taxa de produção de calor metabólico (M) é a única via de produção de calor do nosso organismo, não sendo, pois, considerada uma via de troca de calor. Representa o total de energia liberada por todos os processos, aeróbios e anaeróbios. Pode ser aumentada, voluntariamente através do exercício e involuntariamente através do tremor e também pela elevação da temperatura. A radiação (R) é a troca de ondas de energia, através de ondas eletromagnéticas emitidas por um objeto e absorvidas por um outro. Quando objetos de diferentes temperaturas entram em contato ente si, o calor é trocado através da condução (K). A troca de calor através da convecção (C) requer que um dos meios esteja movendo, como ocorre com um meio fluido, líquido ou gasoso. O calor é retirado do objeto por uma corrente de moléculas que circula ao seu redor. A evaporação (E) ocorre quando a água passa do estado líquido para o estado gasoso. Para que isto aconteça, é necessário que uma quantidade de calor (energia térmica) seja fornecida. Esta energia térmica necessária é chamada calor latente específico de vaporização, equivalendo-se a 0,58 Kcal por grama de água (destilada e deionizada).

Nos seres humanos, a perda de calor por evaporação ocorre como consequência da perspiração insensível (difusão de água através da pele) , através da sudorese induzida pelo calor e da sudorese nervosa e, também, através das perdas de água do trato respiratório durante o processo da respiração (HAYMES & WELLS,1986; PYKE & SUTTON, 1992).

Segundo PYKE & SUTTON (1992), um ganho na temperatura corporal indica que calor está sendo armazenado, o que pode ser estimado pela alteração na temperatura média do corpo durante um período de tempo e pelo calor específico do corpo. De acordo com CLARK & EDHOLM (1985), se a temperatura corporal altera-se em 1°C / hora, a taxa de armazenamento ou perda de calor (S) é de cerca de 68 watts, ou de aproximadamente 38 watts por m^2 de área de superfície corporal, avaliada através da seguinte equação:

$$S = m \times C_p \times T_d / A_d$$

onde m é igual a massa corporal; C_p o calor específico dos tecidos; T_d alteração da temperatura média do corpo e A_d a área de superfície corporal.

O papel desempenhado por cada uma das quatro vias de troca de calor depende das interações entre a temperatura ambiental, a umidade relativa do ar e o gradiente de temperatura entre a pele e o interior do nosso organismo (CLARK & EDHOLM, 1985) .

De acordo com GONZALES (1988), pessoas vestidas, em repouso, mantêm seu equilíbrio térmico, de tal maneira que

que a temperatura interna do corpo e a temperatura da pele são constantes, sem que haja a necessidade de uma atividade fisiológica regulatória excessiva. Isto é, mecanismos tais como a sudorese, vasodilatação ou vasoconstrição cutânea não precisam ser muito ativados. Esta também é chamada de zona neutra de sensação térmica. Segundo o autor, a termoneutralidade iguala-se à temperatura escolhida como a mais confortável (conforto térmico), sendo que, durante a termoneutralidade, ocorre uma relação linear entre a temperatura da pele e a taxa metabólica e, também, entre a evaporação do suor e a taxa metabólica. O autor sugere, ainda, que o indivíduo é capaz de expressar a sensação de uma carga térmica sobre seu corpo. A carga térmica aconteceria sempre que houvesse, para aqueles indivíduos que se encontram próximos do equilíbrio térmico, uma diferença entre a produção e a dissipação de calor para o ambiente.

CLARK & EDHOLM (1985) consideram que o conceito de conforto é abstrato e, por isto, o conforto térmico deve ser descrito como a ausência da sensação de desconforto. A sensação de conforto térmico depende não somente da temperatura da pele, mas também da temperatura interna do corpo. Os autores consideram a taxa metabólica como o fator mais importante na determinação do conforto térmico. Salientam que quanto menor o gasto energético, maior deverá ser a temperatura ambiente para que seja alcançada a sensação de conforto térmico. Por outro lado, quanto maior a taxa

metabólica, menor deverá ser a temperatura para que o conforto térmico seja alcançado.

2.2 Atividade Física em Ambientes Quentes

Tem sido demonstrado que o calor, combinado ou não com uma umidade relativa do ar elevada, pode trazer efeitos prejudiciais para o desempenho físico, principalmente em esforços de longa duração (FORTNEY et al,1981; HARRISON,1986 ; HAYMES & WELLS,1986; SAWKA & WENGER,1988 ; SMOLANDER et al,1986 ; YOUNG et al,1985).

De acordo com YOUNG et al (1985) esta capacidade reduzida de tolerar exercícios submáximos prolongados em ambientes quentes deve-se, em parte , a um aumento no armazenamento de calor no organismo e a uma subsequente sobrecarga imposta ao sistema cardiovascular, resultante de uma maior demanda termorregulatória de fluxo sanguíneo para a pele e também um aumento da sudorese. SAWKA et al (1992) mostraram que ao realizar atividades físicas sobre estresse hipertérmico, indivíduos desidratados toleram menos elevações na temperatura retal do que indivíduos normalmente hidratados, e que isto se reflete em menor tempo total de exercício e frequências cardíacas mais elevadas.

Para FORTNEY et al (1981), a habilidade de sustentar o exercício físico no calor depende, da eficácia do transporte

de calor dos músculos esqueléticos ativos para a pele e , então, da pele para o ambiente.

HARRISON (1986) aponta que se o calor produzido durante uma atividade física, como por exemplo uma corrida de maratona, não fosse dissipado, a temperatura corporal de um homem de aproximadamente 60 Kg estaria acima de 70°C após 2 horas e 30 minutos de corrida. Entretanto, a temperatura corporal de um corredor de maratona raramente eleva-se muito além dos 40°C . Isto acontece graças à capacidade do sistema cardiovascular de transferir calor dos músculos em atividade para a superfície da pele, para ser dissipado. Segundo McARDLE (1986), os ajustes circulatórios contribuem de maneira efetiva para a regulação fina da temperatura corporal.

2.2.1 Exercício, hipertermia e termorregulação

Conforme SAWKA & WENGER (1988), as respostas da nossa temperatura interna durante o exercício dependem da intensidade do exercício e das condições ambientais a que estamos expostos.

Durante o exercício dinâmico, a temperatura interna aumenta inicialmente de maneira rápida e depois aumenta com menor rapidez até que a perda de calor se iguale à produção de calor, quando valores estáveis são alcançados. A elevação da temperatura interna representa o armazenamento de calor

metabólico, o qual é um sub-produto da contração muscular. Logo no início do exercício, a taxa metabólica aumenta imediatamente. Os mecanismos efetores de termorregulação para dissipação de calor (radiação, convecção e evaporação), porém , respondem mais lentamente. Estes mecanismos dissipadores de calor aumentam suficientemente para que seja alcançado um equilíbrio com a produção de calor, permitindo que seja alcançada uma estabilidade na temperatura interna (SAWKA & WENGER,1988).

Dentro de uma ampla variação na temperatura ambiente, numa faixa que se estende dos 5 aos 30 °C, a magnitude da elevação da temperatura interna durante o exercício é independente do ambiente, sendo proporcional à taxa metabólica, ou seja à intensidade do exercício . Durante o exercício realizado em um ambiente com temperatura muito elevada, a combinação da taxa metabólica com o estresse causado pelo ambiente resulta em maiores elevações na temperatura interna (CLARK & EDHOLM,1985; HAYMES & WELLS,1986 ; SAWKA & WENGER,1988 ; SAWKA et al, 1992).

A dissipação de calor pelo nosso organismo em ambientes quentes depende principalmente da evaporação do suor na pele e, também da circulação cutânea, pois o sangue é responsável pelo transporte de calor dos músculos até a superfície do nosso corpo (FORTNEY & VROMAN, 1985).

Durante o exercício, além de participar dos processos de transferência de calor, nosso sistema cardiovascular deve

responder adequadamente a demanda de oxigênio para a musculatura ativa. Daí, o conceito de existir uma competição de fluxo sanguíneo para a pele e para os músculos ativos durante o exercício, principalmente quando o exercício é realizado em ambientes quentes, impondo uma sobrecarga sobre o sistema cardiovascular (SAWKA & WENGER, 1988 ; SMOLANDER et al, 1986 ; TRIPATHI, MACK & NADEL, 1990).

A regulação deste mecanismo de competição é complexa. Um aumento no fluxo de sangue para a pele aumenta o volume venoso cutâneo, o qual, não somente aumenta a perda de calor através da pele, como também leva a uma redução no volume central de sangue. Neste caso, uma queda na pressão sanguínea é evitada devido a uma redução do fluxo sanguíneo esplânico e renal, conseqüente de uma vasoconstrição aumentada nestas regiões (NADEL et al, 1979; HUBBARD & ARMSTRONG , 1989).

A demanda termorregulatória de fluxo sanguíneo para a pele, que é aumentada durante o exercício em ambientes quentes, é alcançada graças a uma redistribuição regional do fluxo de sangue . O efeito do estresse agudo do calor sobre o débito cardíaco durante o exercício depende da duração e intensidade do exercício, bem como do grau do estresse térmico. Durante exercícios prolongados de intensidade moderada realizados em ambientes quentes, o débito cardíaco geralmente é aumentado (YOUNG, 1990). Além disso, quando comparado com exercícios realizados em ambientes temperados, o exercício realizado em ambientes quentes provoca uma

sudorese mais pronunciada, a qual geralmente resulta em desidratação, reduzindo o volume sanguíneo, comprometendo mais ainda a capacidade do coração de sustentar um débito cardíaco adequado (FORTNEY & VROMAN, 1985; SAWKA & WENGER, 1988).

Para HAYMES & WELLS (1986), a eficiência do sistema cardiovascular é, mais do que qualquer outra variável fisiológica, a determinante da capacidade do indivíduo de tolerar um exercício no calor, pois quanto mais estressante o ambiente, maior será o fluxo sanguíneo cutâneo. Isto quer dizer que menos sangue estará disponível para a musculatura ativa, resultando em menos oxigênio, menos substrato e uma reduzida remoção de metabólitos. Sendo assim, a pessoa que tiver o sistema cardiovascular menos condicionado irá experimentar a sensação de fadiga mais rapidamente (HAYMES & WELLS, 1986).

2.2.2 Respostas Metabólicas

Tem sido demonstrado que o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2$ máx.) durante o exercício em ambientes quentes é menor quando comparado com o $\dot{V}O_2$ máx. em ambientes termoneutros (HAYMES & WELLS, 1986 ; SAWKA & WENGER, 1988 ; SMOLANDER et al, 1986; YOUNG, 1990). O mecanismo fisiológico responsável por esta redução no consumo máximo de oxigênio é

provavelmente o desvio de sangue para a vasculatura cutânea, o que por sua vez pode causar uma redução na porção do débito cardíaco que iria perfundir os músculos ativos (SAWKA & WENGER, 1988).

De acordo com KING et al (1985), SMOLANDER et al (1986) e YOUNG (1990), parece haver um aumento na taxa metabólica total durante o exercício realizado em ambientes quentes, e que o percentual de contribuição do metabolismo anaeróbio parece também aumentar com o aumento da temperatura ambiente.

Esta mudança do metabolismo aeróbio para o anaeróbio durante o exercício no calor foi demonstrada por YOUNG et al (1985) que submeteram 13 indivíduos do sexo masculino a um exercício submáximo (70% do $\dot{V}O_2$ máx) durante 30 minutos, em dois ambientes diferentes. Ambiente fresco, no qual a temperatura ambiente era de 21°C e umidade relativa do ar de 30%, e ambiente quente, no qual a temperatura ambiente era de 49°C e 20% de umidade relativa. Os resultados deste trabalho mostraram que o acúmulo de ácido láctico foi maior no ambiente quente e que houve também uma diminuição da taxa metabólica aeróbia durante o exercício no calor. Foi também demonstrado que no calor a utilização do glicogênio muscular foi maior que no ambiente neutro, mas que isto não foi necessariamente responsável pelo maior acúmulo de lactato também observado no calor.

Em um trabalho sobre o efeito da aclimatização ao calor sobre a utilização do glicogênio muscular durante o exercício

prolongado no calor, KING et al (1985) observaram que nos indivíduos não aclimatizados o acúmulo de ácido láctico foi maior do que nos indivíduos aclimatizados. Foi sugerido pelos autores que durante o exercício no calor há uma tendência de mudança do metabolismo aeróbio para anaeróbio nos indivíduos não aclimatizados.

De acordo com SAWKA & WENGER (1988) e YOUNG (1990) os possíveis mecanismos fisiológicos que explicam esta contribuição aumentada do metabolismo anaeróbio durante o exercício no calor são: a redistribuição de sangue para os vasos cutâneos para dissipação de calor pode resultar em uma redução na perfusão dos músculos ativos, levando assim à uma diminuição local da oferta de oxigênio, o que estaria causando uma mudança do metabolismo aeróbio para o anaeróbio. Outra possibilidade seria que durante a exposição ao calor haveria um aumento na utilização das fibras de contração rápida, que por sua vez derivam um percentual maior de energia das fontes anaeróbias.

2.3 - Percepção Subjetiva do Esforço (PSE)

A maneira como o ser humano percebe, subjetivamente, a intensidade do esforço físico que está realizando, em relação à variação da carga deste exercício, é denominada percepção subjetiva do esforço (PSE) (BORG, 1990). A

PSE tem sido proposta como um indicador do esforço físico, funcionando como um complemento às respostas fisiológicas ao exercício (MIHEVIC, 1981).

A PSE tem sido considerada como o resultado da integração de diversas informações sensoriais, originadas durante a realização de um determinado esforço físico (BORG, 1982). Está, segundo CAFARELLI (1982), relacionada com o padrão de recrutamento das fibras motoras durante o exercício, de modo que a PSE torna-se maior, à medida que mais unidades motoras são recrutadas para a realização de um trabalho, isto é a medida que um maior esforço é necessário para gerar uma mesma força (ENOKA & STUART, 1992 e WATT & GROVE, 1993). Segundo ENOKA & STUART (1992) e ROBERTSON (1982), estas informações sensoriais que dão origem à PSE, são levadas ao córtex sensorial por descargas corolárias originadas por comandos gerados no córtex motor.

De acordo com BIRK & BIRK (1987) e WILLIAMS & ESTON (1989), a PSE tem sido um parâmetro útil na regulação da intensidade do exercício, principalmente nos exercícios de alta intensidade (ESTON & WILLIAMS, 1988).

Segundo CARTON & RHODES (1985), os trabalhos que testaram a validade e confiabilidade da escala da PSE, indicaram que as notas dadas para a PSE esforço foram válidas e confiáveis, independentemente da intensidade do exercício.

Recentemente, DUNBAR et al (1992) estudando a validade da utilização da PSE na regulação da intensidade do

exercício, mostraram que os indivíduos testados, manipulando as cargas de trabalho tanto na esteira quanto na bicicleta ergométrica, foram capazes de reproduzir as cargas referentes às PSE anteriormente estipuladas por eles durante exercício a 50 e 70% do $\dot{V}O_2$ máx. Diante dos resultados encontrados, os autores concluíram que a PSE fornece um método fisiologicamente válido para a regulação da intensidade do exercício.

Medidas submáximas da PSE durante exercício na bicicleta ergométrica têm sido apresentadas como bons indicadores para se prever a capacidade máxima de trabalho dos indivíduos (LJUNGGREN & JOHANSSON, 1988).

Na maioria das pesquisas sobre a PSE durante a atividade física, tentou-se estabelecer qual ou quais os fatores fundamentais na determinação da PSE durante o exercício. Duas categorias de fatores fisiológicos têm sido sugeridas como os principais determinantes da PSE durante a atividade física: os fatores centrais, que são os relacionados com as sensações referentes aos sistemas cardiovascular e respiratório e os fatores locais, ou seja aquelas informações sensoriais provenientes das articulações e ou músculos em atividade (CAFARELLI, 1982 ; MIHEVIC, 1981 ; PANDOLF, 1978 ; PANDOLF, 1982 ; ROBERTSON, 1982). Esta divisão em fatores centrais e locais foi proposta inicialmente por EKBLUM & GOLDBARG (1971).

A frequência cardíaca (FC), um dos parâmetros centrais

para a indicação da PSE, tem sido um dos fatores mais observados pelos autores que estudaram as respostas do sistema cardiovascular na determinação da PSE, e os resultados encontrados não têm sido consensuais. Alguns autores demonstraram uma correlação significativa entre a FC e a PSE (BIRK & BIRK,1987 ; BORG , LJUNGGREN & CECI, 1985 ; LJUNGGREN & JOHANSSON,1988 ; PANDOLF , BURSE & GOLDMAN,1975) ao passo que os resultados de outros trabalhos não foram capazes de demonstrar tal correlação (EKBLOM & GOLDBARG,1971; KAMON , PANDOLF & CAFARELLI,1974 ; PANDOLF et al,1972 ; RODRIGUES,1992).

MIHEVIC (1981) chama atenção para o fato de que, quando manipulada experimentalmente, quer por modificações nas condições ambientais quer por tratamentos farmacológicos, a FC parece não ser um fator decisivo na determinação da PSE. De fato, ao submeter dez indivíduos a 30 minutos de exercício em bicicleta ergométrica em ambiente quente e em ambiente neutro, KAMON, PANDOLF & CAFARELLI (1974) mostraram que as diferenças encontradas na FC entre os diferentes ambientes não foram acompanhadas por alterações na PSE. Foi sugerido pelos autores, que no calor a PSE é independente da FC. Estes achados corroboraram resultados anteriores revelados por PANDOLF et al (1972).

EKBLOM & GOLDBARG (1971) mostraram que a alta correlação existente entre frequência cardíaca e PSE foi alterada com o uso de agentes bloqueadores do sistema nervoso autônomo

(atropina e propranolol). Os autores concluíram que a FC e PSE não se correlacionam quando a FC é manipulada farmacologicamente, sugerindo não existir uma relação causal entre estas duas variáveis.

Em recente estudo, RODRIGUES (1992) mostrou que a cafeína provocou uma diminuição da PSE sem que houvesse alterações na FC, sugerindo não haver relação de causa e efeito entre PSE e FC, ou que a cafeína seja capaz de alterar esta relação.

Com relação a esta subdivisão nos parâmetros determinantes da PSE, MIHEVIC (1981) considera a temperatura interna como um fator central, devido a sua relação com a demanda metabólica. Já a temperatura da pele é considerada pela autora como uma fonte local de informação sensorial no estabelecimento da PSE.

Outro parâmetro considerado central na determinação da PSE é a ventilação pulmonar. De acordo com ROBERTSON (1982), sensações relacionadas com a ventilação tais como sensação de falta de ar e alterações na frequência respiratória, parecem ser os únicos sinais centrais conscientemente monitorados no estabelecimento da PSE. A ventilação torna-se desconfortável quando a frequência respiratória está muito elevada, portanto, uma correlação significativa entre PSE e VE tem sido mostrada por vários autores (KAMON, PANDOLF & CAFARELLI, 1974 ; MIHEVIC, 1981 ; PANDOLF et al, 1972 ; PANDOLF, 1982), e existem sugestões de que a VE começa a

contribuir significativamente para a PSE próximo do limiar anaeróbio (ROBERTSON,1982).

Contrário às respostas encontradas com a frequência cardíaca, quando as condições ambientais foram manipuladas a correlação entre ventilação-minuto, frequência respiratória e PSE foram significativas e similares para ambos os ambientes (quente e neutro), sugerindo-se assim, que as informações sensoriais vindas de receptores dos pulmões exercem um efeito substancial sobre a percepção do esforço (KAMON ,PANDOLF & CAFARELLI,1974 ; PANDOLF et al,1972). Além disso, após examinar oito variáveis fisiológicas, NOBLE et al (1973) indicaram a ventilação-minuto e a frequência respiratória, como sendo as melhores variáveis para a predição da PSE, tanto no ambiente quente quanto no neutro. Existe entretanto, uma sugestão de que a PSE e a VE são independentes no ambiente frio (CARTON & RHODES,1985; MIHEVIC,1981).

Estudando o comportamento da PSE durante o exercício com uso de cafeína, RODRIGUES (1992) mostrou que houve um decréscimo na PSE com o uso de cafeína, apesar de não ter havido alteração no esforço ventilatório, indicando uma dissociação entre PSE e ventilação, pelo menos com uso de cafeína.

De acordo com MIHEVIC (1981) e PANDOLF (1982) dentre os parâmetros identificados como fatores locais que podem fornecer informação sensorial para a PSE estão: o lactato no músculo, a atividade nos órgãos tendinosos de Golgi e

sensações musculares generalizadas. Muitos estudos ligando a PSE com o acúmulo de ácido láctico foram realizados. BORG et al (1985) em um trabalho designado a mostrar o aumento generalizado na PSE e percepção de dor nas pernas, observaram a frequência cardíaca, o lactato sanguíneo e a covariância existente entre estes parâmetros durante exercício em bicicleta ergométrica. Eles mostraram que a combinação da FC com o lactato é melhor para predizer a PSE e sensações de dor nas pernas do que cada uma destas variáveis fisiológicas tomadas isoladamente.

EKBLOM & GOLDBARG (1971), PANDOLF (1978) e HETZLER et al (1991) também sugerem uma correlação significativa entre os níveis de lactato no sangue (indicativos do lactato no músculo) e a PSE.

BERGH et al (1986) investigaram os efeitos do calor sobre as relações existentes entre PSE e FC e PSE e lactato sanguíneo. Submeteram 6 indivíduos do sexo masculino a um exercício contínuo progressivo em bicicleta ergométrica nas temperaturas ambientes de 15 °C e 45 °C. A PSE foi significativamente elevada pelo calor durante o exercício. O estresse do calor alterou a relação entre FC e PSE, de modo que para um mesmo nível de FC, a PSE foi mais baixa no ambiente de 45 °C comparado com o ambiente de 15 °C. Já a relação entre PSE e lactato sanguíneo não foi alterada pelo calor.

Embora o mecanismo pelo qual a influência do lactato,

como um potente estímulo para a PSE, ainda não esteja claro, há sugestões de que a acidose metabólica resultante da elevação nos níveis de lactato no músculo atue como um estímulo para as terminações nervosas livres nos músculos, levando, então, à sensações de desconforto e dor nos músculos em atividade (MIHEVIC, 1981 ; PANDOLF, 1978). Para SWANK & ROBERTSON (1989), a PSE durante exercícios de alta intensidade parece estar relacionada com a capacidade de tamponamento do sangue. Entretanto, alguns achados questionam esta hipótese. KOSTKA & CAFARELLI (1982), demonstraram que tanto uma acidose induzida por NH_4Cl , como uma alcalose induzida por NaHCO_3 , não exerceram efeitos significativos sobre a percepção do esforço durante um exercício moderado (50% do VO_2 máx.). Porém, durante o exercício de intensidade mais elevada (80% do VO_2 máx.), a acidose foi capaz de elevar em 20% a PSE após 15 minutos de exercício.

CARTON & RHODES (1985) sugerem que, apesar das evidências serem conflitantes, parece que a concentração de lactato no sangue pode influenciar a PSE por algum outro fator, que não seja pela redução do pH sanguíneo.

DEMELLO et al (1987) verificaram que a PSE correlacionou-se com o limiar anaeróbio, acompanhando suas variações decorrentes de treinamento. Mostraram que no limiar anaeróbio a PSE foi mais elevada. HILL, CURETON & COLLINS (1989) também sugerem que a sensibilidade da PSE seja maior acima do limiar anaeróbio.

Tem sido mostrado na literatura, que o consumo de oxigênio, ou a intensidade relativa de trabalho é fator fundamental na determinação da PSE (MIHEVIC,1981 , NOBLE, 1982 , ROBERTSON,1982), já que a PSE pode apresentar uma covariação significativa com o percentual do consumo máximo de oxigênio. Entretanto, segundo RODRIGUES (1992), o percentual do VO₂ máx. não parece ser o único determinante da PSE, já que as relações entre estas duas variáveis podem ser alteradas por alguns fatores, como treinamento, drogas e horário do dia. RODRIGUES et al (1990) , estudando os efeitos da cafeína sobre a PSE, mostraram que houve uma diminuição significativa na PSE com o uso da cafeína, sem que se observasse qualquer modificação no percentual do VO₂ máx.

PANDOLF & NOBLE (1973) mostraram que, quando a intensidade e a demanda metabólica relativa do exercício eram mantidas constantes, a PSE variava em função da frequência de pedalada no cicloergômetro.

Outro fator considerado como uma variável fisiológica importante para a determinação da PSE é a disponibilidade de substrato energético. BURGESS et al (1991) verificaram que a ingestão de glicose durante um exercício prolongado de intensidade moderada retardou o aparecimento da fadiga, e que a manutenção dos níveis sanguíneos de glicose, e da oxidação de carboidrato durante este exercício contribuíram para notas mais baixas da PSE quando comparadas com as notas dadas durante o mesmo exercício realizado sem a ingestão da

glicose. Estes achados confirmam resultados anteriores apresentados por LANGENFELD (1983).

Outros fatores, não incluídos na sub-divisão entre variáveis centrais e locais, parecem influenciar na determinação da PSE. São, a idade, o sexo, a hora do dia, a motivação e o ambiente. Tais fatores foram considerados por CARTON & RHODES (1985) como fatores não-fisiológicos da PSE.

FARIA & DRUMMOND (1982) verificaram que o desempenho psicomotor, incluindo a percepção do esforço é influenciado pela hora do dia, e que as maiores notas foram dadas bem cedo pela manhã, comparadas com qualquer outra hora do dia. Por outro lado, REILLY & BAXTER (1983) não encontraram qualquer influência do ritmo circadiano sobre a PSE nos exercícios com intensidades de 40 ou 95% do VO₂ máx.

A PSE parece ser maior com o aumento da idade (CARTON & RHODES, 1985), embora haja contradições a este respeito (SIDNEY & SHEPHARD, 1977).

Foi mostrado, que a motivação pode diminuir a PSE e que indivíduos extrovertidos parecem ter maior tolerância aos esforços físicos do que os introvertidos (MORGAN, 1973).

Com relação ao sexo do indivíduos e sua relação com a PSE, parece que as mulheres percebem o esforço físico de maneira diferenciada durante diferentes fases do ciclo menstrual (ESTON, 1984; PIVARNIK et al, 1992), embora outros autores não tenham verificado tais diferenças (STEPHENSON , KOLKA & WILKERSON, 1982).

2.3.1 PSE e Temperatura corporal

Apesar da temperatura corporal ser considerada como um dos indicadores da percepção subjetiva do esforço (MIHEVIC,1981), a relação entre a temperatura corporal e a PSE tem sido muito pouco estudada, e os resultados dos trabalhos realizados têm sido controversos.

Segundo BERGH et al (1986), a desidratação resultante da realização de exercícios em ambientes quentes pode influenciar a concentração de lactato e a percepção subjetiva do esforço.

Quanto à influência da desidratação sobre a produção de ácido láctico durante o exercício, muito já se pesquisou e os resultados mostraram que quando comparado com o ambiente neutro, a concentração de lactato é maior durante o exercício no calor, principalmente se o nível de desidratação do indivíduo for elevado (HAYMES & WELLS,1986, KING et al,1985, SAWKA & WENGER,1988, SMOLANDER et al, 1986, YOUNG et al,1985, YOUNG,1990). No que se refere à relação entre desidratação e PSE, pouco tem-se falado na literatura.

BERGH et al (1986) investigaram os efeitos do estresse do calor sobre o lactato sanguíneo, e sobre as relações entre PSE e frequência cardíaca e PSE e lactato sanguíneo. Neste trabalho, os indivíduos realizaram um exercício progressivo contínuo em uma bicicleta ergométrica em duas temperaturas ambientes distintas: 15 e 45°C. Foram monitorizados, a cada

minuto, a frequência cardíaca, a temperatura retal e a temperatura da pele. A concentração de lactato era determinada pela análise do sangue coletado no dedo. A PSE era medida no minuto final em cada uma das quatro cargas a que os indivíduos eram submetidos (75, 135, 185 e 215 watts). Os resultados mostraram que, na temperatura ambiente de 45°C, a concentração de lactato foi maior do que no ambiente de 15°C. A PSE foi significativamente mais elevada durante o exercício no calor, porém os autores não fizeram qualquer referência quanto ao comportamento das temperaturas retal e da pele nos dois ambientes e sua relação com a PSE. Observaram também, que o estresse do calor modificou a relação entre PSE e frequência cardíaca, de modo que para qualquer nível da frequência cardíaca, a PSE foi mais baixa no ambiente de 45 °C comparada com os valores no ambiente de 15 °C. Já a relação entre PSE e lactato sanguíneo não foi alterada pelo calor.

Esta modificação na relação existente entre a frequência cardíaca e a PSE, em decorrência do exercício realizado no calor tem sido mostrada por vários outros autores (KAMON , PANDOLF & CAFARELLI, 1974 ; NOBLE et al,1973 e PANDOLF et al, 1972), o que leva a sugerir que no ambiente quente, as alterações na frequência cardíaca não se refletem nas respostas sensoriais (CARTON & RHODES,1985). Isso vem reforçar a ideia de que não existe uma relação de causa e efeito entre PSE e frequência cardíaca (ROBERTSON,1982;

RODRIGUES, 1992). Entretanto, em um estudo cujo objetivo era investigar os efeitos da elevação da frequência cardíaca pelo calor, e sua relação com a PSE durante o exercício, SKINNER, et al (1973), observaram que o calor não interferiu na relação entre frequência cardíaca e PSE.

Apesar de não se ter ainda uma explicação fisiológica, existe uma sugestão de que aumentos na frequência cardíaca resultantes de exposição ao calor não são acompanhados por aumentos na PSE durante o exercício, o que já ocorre quando a frequência cardíaca é aumentada durante o exercício por aumento da intensidade do mesmo (PANDOLF et al, 1972 ; PANDOLF, 1978).

KAMON, PANDOLF & CAFARELLI (1974) estudaram a relação entre as informações perceptivas e as respostas fisiológicas durante exercício em bicicleta ergométrica, em ambiente quente e em ambiente neutro e observaram não haver correlação significativa entre a PSE e a temperatura retal, nem entre a PSE e a temperatura da pele. Entretanto, não está claro se estas correlações foram obtidas no ambiente quente ou no neutro, ou se todos os tratamentos foram combinados para a análise.

PANDOLF et al (1972) investigaram as respostas perceptivas de indivíduos realizando exercício prolongado em ambiente quente e neutro. Observaram que, apesar da temperatura da pele e os relatos pessoais de sensação térmica terem sido mais elevados durante o exercício no calor, a

percepção do esforço não foi maior neste ambiente, sugerindo uma dissociação entre PSE e temperatura da pele no calor. Já a temperatura retal e a PSE foram significativamente maiores no nível mais intenso de exercício no ambiente neutro, quando comparado com intensidades mais baixas de exercício neste mesmo ambiente e com todas as outras situações no ambiente quente. A partir dos resultados encontrados, os autores sugerem que a PSE possa estar relacionada com alterações tanto na carga de trabalho, como na temperatura retal. Concluem que os indivíduos são capazes de perceber os estímulos do calor, os quais afetam a sensação térmica e provavelmente a sensação de conforto, mas não a percepção do esforço, levando à hipótese de uma dissociação entre a PSE e o estresse do calor.

NOBLE et al (1973) aplicaram uma análise de regressão múltipla nos dados gerados pelo trabalho de PANDOLF et al (1972), objetivando identificar quais parâmetros fisiológicos que, analisados individualmente ou coletivamente, contribuíram para uma maior variação nas respostas da PSE durante o exercício. Verificaram também, se a contribuição estatística das variáveis fisiológicas para a determinação da PSE permaneceu estável durante os 30 minutos de exercício, em pontos distintos i.e., 5, 15 e 30 minutos. Por fim, examinaram se a contribuição estatística dos parâmetros fisiológicos identificados no ambiente neutro permaneceu estável durante os exercícios realizados em

ambientes aquecidos. Os resultados da análise mostraram que a ventilação (VE) contribuiu para a maior variação na PSE aos 5 e 15 minutos de exercício, tanto no ambiente neutro quanto no quente. Aos 30 minutos, para ambas condições, a maior contribuição foi dada pela frequência respiratória. Todas as variáveis independentes (ventilação, consumo de oxigênio, relação de trocas respiratórias, frequência respiratória, frequência cardíaca, produção de CO₂, temperatura retal e temperatura da pele) contribuíram para maiores variâncias totais no calor (84, 84 e 77%) quando comparadas com o ambiente neutro (66, 80 e 53%) em qualquer ponto do tempo. As temperaturas retal e da pele aparecem mais cedo, e contribuem para uma maior variação na PSE no calor do que no ambiente neutro. Os autores enfatizam que, aos 5 e 30 minutos de exercício no calor, quando a dissipação de calor é uma resposta adaptativa necessária, a temperatura da pele entra no segundo estágio da análise de regressão, mostrando aí sua importante contribuição para a determinação da PSE nos exercícios realizados em ambientes quentes. Os autores concluíram que, os indivíduos parecem não responder às alterações nos processos fisiológicos, por si, como base para dar as notas da PSE durante o exercício, mas sim, parecem responder às externalizações destes processos. Isto é, aumentos na taxa metabólica resultam em aumentos da ventilação, frequência respiratória e temperatura da pele, as quais podem ser diretamente percebidas.

Uma provável independência entre a PSE e a temperatura corporal, foi sugerida por BERGH & EKBLÖM (1979), que estudaram os efeitos de diferentes níveis de temperaturas corporais (esôfago, músculo e pele), sobre diversos parâmetros fisiológicos durante um exercício exaustivo de curta duração (3 a 8 minutos). As notas da percepção subjetiva do esforço foram coletadas imediatamente ao término do exercício, nas seguintes situações experimentais, denominadas de acordo com as temperaturas corporais (Tes = temperatura esofageana) no início do exercício: elevada (Tes = 38,4°C); normal (Tes = 37,7°C); baixa (Tes = 35,8°C) e muito baixa (Tes = 34,9°C). De acordo com os autores, as notas para a PSE não foram diferentes para nenhuma das situações experimentais. Porém, os dados referentes à percepção subjetiva do esforço não foram apresentados no trabalho, o que nos trouxe dificuldades na análise dos resultados.

Baseando-se nas evidências de que, quando realizado em ambiente quente, o mesmo exercício realizado em ambiente neutro leva a uma maior elevação nos níveis plasmáticos de β -endorfina e, que estes peptídeos podem estar relacionados aos mecanismos de tolerância à dor durante o exercício, HICKEY et al (1992) recentemente investigaram o papel dos opióides endógenos na percepção do esforço, e na homeostase térmica durante o estresse combinado do calor e do exercício. O protocolo experimental constituiu-se de duas sessões de no

máximo 60 minutos de exercício em um cicloergômetro, realizado em uma câmara ambiental com a temperatura de 33 °C e 65% URA. As sessões de exercício eram realizadas com pelo menos uma semana de intervalo entre elas. Em uma das sessões, houve a administração intravenosa (4 mg em HCl) de naloxona, um antagonista dos opióides endógenos, na outra foi usada apenas solução salina (placebo). Foram observadas a PSE, a TMP, a Tre, a FC, a pressão arterial sistólica e o fluxo sanguíneo para o antebraço. Segundo os autores, o achado principal desta investigação foi que, os efeitos dos opióides sensíveis à naloxona parecem contribuir para aumentar a PSE no calor, pois esta foi mais elevada na situação com naloxona. Mais ainda, as variáveis fisiológicas na situação com naloxona foram ou inalteradas (Tre, Tpele, pressão arterial, taxa de sudorese, potência) ou favoravelmente alteradas (menor FC, maior fluxo sanguíneo para o antebraço) em termos de sua teórica contribuição para a PSE. Os autores salientam que, apesar da PSE poder ser determinada por outros fatores não observados neste estudo, a estreita relação temporal entre a administração de naloxona e as divergências observadas na FC, fluxo sanguíneo para o antebraço e PSE, sugerem que um antagonismo funcional estava presente e, mais ainda, que este antagonismo provocou alterações na PSE que não se calcaram em índices fisiológicos comuns durante o estresse provocado pelo calor (taquicardia e aumento do fluxo sanguíneo para a periferia). Entretanto,

mais uma vez não foi discutida a participação dos mecanismos de termorregulação no controle da PSE.

Segundo MIHEVIC (1981), parece que a importância da temperatura da pele na determinação da PSE é questionável. Quanto ao comportamento da temperatura retal durante o exercício e sua relação com a PSE, esta autora indica que o aumento da temperatura retal durante o exercício é acompanhada por um aumento na PSE, sugerindo que durante exercícios que provocam um aumento na temperatura retal, os processos que regulam a temperatura interna do corpo parecem fornecer informação sensorial para a PSE.

Entretanto, como apresentado, os resultados dos trabalhos realizados parecem ainda não ser suficientes para que sejam feitas conclusões acerca das relações entre a temperatura corporal e a percepção subjetiva do esforço.

2.4 - Mecanismos da Fadiga

A questão referente à origem da fadiga, se central ou periférica, tem sido motivo de controvérsias na literatura e o que se pode observar, é que existem mais trabalhos discutindo os mecanismos periféricos do que os mecanismos centrais da fadiga.

A cadeia de comandos para a realização voluntária de uma atividade muscular envolve muitas etapas desde o cérebro até

a formação das pontes de actina e miosina dentro dos músculos, e, vista dentro de uma perspectiva mais integral, a fadiga pode ocorrer como resultado de um desequilíbrio em qualquer ligação entre as etapas desta cadeia (GIBSON & EDWARDS, 1985 ; MACLAREN et al, 1989).

A fadiga central pode ocorrer devido a um funcionamento inadequado das células nervosas, ou por uma inibição da vontade do indivíduo em realizar um determinado esforço e, existem sugestões de que as vias sensoriais na formação reticular possam papel crítico para sua instalação (MACLAREN et al, 1989). Foi proposto um mecanismo no qual, através de retro-alimentação, impulsos nervosos vindos dos músculos fatigados para a formação reticular causam inibição na vontade do indivíduo em realizar um esforço e, que a realização de atividades recreativas, isto é atividades com o propósito de relaxamento, produza um aumentado influxo de impulsos vindos dos músculos não fatigados para a área facilitatória da formação reticular, fazendo com que ocorra uma transferência da inibição em direção à facilitação (ASMUSSEN , 1979). A fadiga central poderia também ser causada por uma inibição de áreas motoras, originadas por impulsos nervosos vindos de receptores (provavelmente um tipo de quimiorreceptor) nos músculos fatigados (MACLAREN et al, 1989), o que estaria relacionado coma a PSE , que tem sido considerada por ENOKA & STUART (1992) , como um dos fatores centrais na determinação da fadiga. Para estes

autores, o aumento na PSE para realizar uma tarefa é tão importante para a determinação da fadiga, quanto a inabilidade do indivíduo em produzir a força necessária para a execução desta tarefa. É possível também, que a fadiga central possua um componente psicológico, relacionado ao aprendizado de ignorar informações sensoriais relacionadas com a dor. Outro fator é o acúmulo de amônia no cérebro, que pode alterar a concentração de alguns neurotransmissores e reduzir os níveis de ATP, além de causar uma superexcitação do tecido nervoso devido a uma redução na inibição pós-sináptica. Além disso, tem-se demonstrado que níveis elevados de amônia estimulam a ventilação e, existem sugestões de que a hiperventilação seja um possível determinante para a percepção central da fadiga. Todas estas respostas ao acúmulo de amônia no cérebro, levam à sugestão de sua participação nos mecanismos da fadiga central (MACLAREN et al, 1989).

De acordo com GIBSON & EDWARDS (1985), a inabilidade do músculo em gerar força, pode ser o resultado de fatores periféricos que podem envolver as propriedades elétricas do músculo (ativação eletromecânica), bem como alterações metabólicas nas células musculares. Quanto aos componentes eletrofisiológicos da fadiga, a causa encontra-se ou na junção neuromuscular ou na condução do potencial de ação na fibra muscular (MACLAREN et al, 1989).

Com relação às alterações metabólicas, a fadiga tem sido explicada por MACLAREN et al, (1989) considerando-se

duas hipóteses. Uma seria a de "acumulação", segundo a qual a fadiga estaria relacionada com o acúmulo de metabólitos, tais como o íon H^+ , o fosfato inorgânico (P_i) e a amônia. O acúmulo destes metabólitos dificultaria a produção de força pelas fibras musculares. No caso do íon H^+ , o aumento na sua concentração pode levar à inibição de algumas enzimas relacionadas com a glicólise e glicogenólise, diminuindo assim a obtenção de energia a partir destes processos. O acúmulo de fosfato inorgânico contribuiria para a fadiga, dificultando as pontes de ligação entre a actina e miosina. No caso da amônia, além do que já foi aqui discutido, sobre sua ação no SNC, poderia também inibir a gliconeogênese e o Ciclo de Krebs, de maneira a aumentar a produção anaeróbia de energia, levando à depleção das reservas de glicogênio nos músculos.

A outra hipótese foi denominada de "depleção", e está relacionada com a instalação da fadiga pela redução de alguns substratos energéticos, entre eles o ATP, a fosfocreatina, o glicogênio e a glicose (GIBSON & EDWARDS, 1985). Entretanto, segundo MACLAREN et al (1989), o acúmulo dos metabólitos e a diminuição nos níveis de substratos não se dão de forma independente, e ambos interagem no processo de instalação da fadiga.

De acordo com GREEN & PATLA (1992) e RODRIGUES (1992), embora os fatores que determinam a fadiga participem de maneira associada nos possíveis mecanismos da fadiga, eles

poderiam de maneira prática ser agrupados segundo a intensidade do esforço físico realizado. Naqueles exercícios cuja intensidade estivesse abaixo do limiar anaeróbio, a causa predominante da fadiga seria a depleção de substratos, enquanto que naqueles com intensidade acima do limiar anaeróbio os principais fatores seriam o acúmulo de metabólitos e o equilíbrio ácido-básico.

De voluntários foram informados a respeito dos objetivos deste estudo, dos procedimentos envolvidos, dos benefícios e possíveis riscos e demonstrados a serem relacionados. O consentimento do voluntário para participação na pesquisa foi obtido por escrito, sendo o mesmo estar ciente de todos as informações existentes anteriormente. Foram avisados de que teriam total liberdade de, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa.

3.1.1 Declarações gerais sobre este estudo

Apresentado abaixo, um cópia do texto utilizado "Declarações gerais sobre este estudo", o qual foi encaminhado a cada um dos voluntários no momento de seu ingresso no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física da UFMG (LAFEX) e teve como objetivo neste estudo, demonstrar "Efeitos da

CAPITULO 3 - METODOLOGIA

3.1 Cuidados Eticos

No presente trabalho, estudamos o comportamento de algumas variáveis fisiológicas em seres humanos, desta maneira, foram tomados alguns cuidados éticos:

Os voluntários foram informados a respeito dos objetivos deste estudo, dos procedimentos envolvidos, bem como dos benefícios e possíveis riscos e desconfortos a eles relacionados. O consentimento do voluntário para participação na pesquisa foi obtido por escrito, após o mesmo estar ciente de todas as informações expostas anteriormente. Foram avisados de que teriam total liberdade de, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa.

3.1.1 Esclarecimentos gerais sobre este estudo

Apresentamos abaixo, uma cópia do texto intitulado "Esclarecimentos gerais sobre este estudo", o qual foi apresentado a cada um dos voluntários no momento do seu primeiro comparecimento ao Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física da UFMG (LAFISE):

Temos como objetivo neste estudo, denominado "Efeitos da

elevação da temperatura interna, sobre o tempo total de exercício, a percepção subjetiva do esforço e as respostas termorregulatórias durante exercício submáximo, realizado em ambiente termoneutro", contribuir para o esclarecimento do papel da temperatura corporal na determinação da percepção subjetiva do esforço (PSE), como também discutir sua participação nos processos de instalação da fadiga, quando o exercício é realizado em condições de temperatura corporal elevada.

Este estudo será realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física da UFMG. Para a realização deste trabalho, você deverá comparecer ao LAFISE em 03 ocasiões distintas, em datas a serem combinadas com a autora deste estudo.

Na primeira ocasião, será realizado um teste para estimativa da capacidade aeróbia máxima.

Nos dois comparecimentos seguintes, separados entre si pelo prazo de uma semana, serão realizadas as duas situações experimentais. Todos os procedimentos metodológicos a serem realizados durante as situações experimentais, estão descritos nas folhas em anexo, que você recebeu junto com este texto.

Finalmente, gostaríamos de ressaltar que, como pesquisadores, ficamos honrados de contar com sua participação que, voluntariamente, se ofereceu para nos ajudar nesta nossa caminhada em busca do conhecimento.

3.1.2 Termo de compromisso

Após terem sido informados dos objetivos, procedimentos e metodologia deste estudo, os indivíduos que concordaram em participar do mesmo, assinaram a ficha de consentimento apresentada no ANEXO A.

3.2 - Amostra

A amostra foi composta por 08 indivíduos, selecionados dentro do grupo de voluntários que se apresentaram para participar do trabalho. Foram convidados para participar do estudo, somente indivíduos do sexo masculino, uma vez que existem sugestões de que a termorregulação (mais especificamente a Tre), bem como o estresse causado ao sistema cardiovascular e a PSE sejam prejudicialmente afetadas durante a fase luteica do ciclo menstrual (PIVARNIK et al, 1992). Dentre aqueles voluntários que se apresentaram foram escolhidos os que possuíam capacidade aeróbia máxima de 50 ml de O₂/ Kg.min ou mais. Considerou-se que todos os indivíduos não estavam aclimatizados ao calor, pois os experimentos foram realizados nos meses de agosto, setembro e outubro, ou seja logo após o inverno, que é o período no qual os indivíduos estão menos aclimatizados ao calor. Foi feita uma avaliação da composição corporal dos

indivíduos, sendo o percentual de gordura estimado através da equação proposta por PARIZKOVA & BUZINKOVA (1971), descrita a seguir:

$$\%G = 0,969 + 0,338 (TR + SB + SI + BI),$$

onde TR representa a espessura da dobra cutânea (em mm) medida em sentido vertical na linha média posterior do braço, a meio caminho entre o ombro e o cotovelo; SB a espessura da dobra oblíqua média medida imediatamente abaixo da extremidade inferior da escápula; SI a espessura da dobra ligeiramente oblíqua medida imediatamente acima da crista ilíaca, BI a espessura da dobra vertical medida no braço, a meio caminho entre o ombro e a fossa cubital, sobre o músculo bíceps braquial.

Foi pedido a cada um dos voluntários participantes deste estudo, que seguissem estritamente todas as recomendações apresentadas no ANEXO B.

3.3 - Exercício

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física da UFMG.

O exercício foi realizado na intensidade de 70% da potência máxima de trabalho alcançada, calculada através do protocolo de BALKE & WARE (1959) para estimativa da

capacidade aeróbia máxima no cicloergômetro. Este teste para estimativa do $\dot{V}O_2$ máx. foi realizado no primeiro comparecimento do voluntário ao laboratório. Foi denominado situação experimental B, e serviu como parâmetro para a seleção dos candidatos, sendo aceitos aqueles que apresentassem um consumo máximo de oxigênio estimado, igual ou superior a 50 ml/kg.min. O cálculo do consumo máximo de oxigênio foi feito de acordo com a equação proposta por BALKE & WARE (1959) para teste em cicloergômetro, mostrada a seguir:

$$\dot{V}O_2 \text{ máx.} = [200 + (12 \times W)] / M$$

onde W é a potência máxima em watts atingida no teste máximo e M a massa corporal do indivíduo em Kg. Para a transformação da carga da bicicleta em Kilogrâmetros (Kgm) pra watt (W), os seguintes cálculos foram realizados:

$$1 \text{ W} = 6,12 \text{ Kg.m} / \text{min}$$

$$25 \text{ W} = 153 \text{ Kg.m} / \text{min}$$

$$1 \text{ rotação do pedal} = 6 \text{ m}$$

$$60 \text{ rotações por minuto (rpm)} = 360 \text{ m/min}$$

$$153 \text{ Kg.m.min} / 360 \text{ m.min} = 0,425 \text{ Kg isto é,}$$

para que se trabalhasse com uma potência de 25 watt a uma velocidade de 60 rpm, o peso da bicicleta deveria ser regulado para 0,425 Kg. Isto significa que para cada 25 W corresponde-se uma carga na bicicleta de 0,425 Kg.

De acordo com o protocolo de BALKE & WARE (1959), o

exercício deve ser iniciado com uma potência de 25 watts, tendo um aumento sucessivo de 25 watts a cada dois minutos, até a fadiga. O momento de fadiga considerado no presente estudo, foi aquele no qual o indivíduo não conseguia manter o número de rotações pré-estabelecido (60 rpm), ou quando este manifestava a impossibilidade de prosseguir com o exercício.

O ergômetro utilizado tanto para o teste de estimativa da capacidade aeróbia máxima, quanto para a realização das demais situações experimentais, foi uma bicicleta ergométrica da marca MONARK de frenagem mecânica graduada em quilogramas. Os indivíduos foram instruídos a manter o ritmo de pedalada em 60 revoluções por minuto. Todos realizaram o exercício até o momento de exaustão, que foi caracterizado como o momento em que não mais podiam manter a potência e/ou o ritmo de pedaladas pré-determinados, ou o momento no qual a temperatura interna (representada pela temperatura retal) atingisse 39,5 °C.

Este exercício foi realizado nos dois outros comparecimentos do voluntário ao LAFISE, denominados situação experimental EUTERMICO (sem elevação prévia da temperatura corporal) e situação experimental AQUECIDO (com elevação prévia da temperatura corporal), separados entre si pelo prazo de uma semana. A ordem de realização dos experimentos foi balanceada. O objetivo deste pareamento foi de evitar que houvesse efeito de treinamento, criando desigualdade entre as condições experimentais. A situação experimental EUTERMICO

consistiu-se da realização do exercício a 70% da potência máxima de trabalho até o momento da exaustão. A situação experimental AQUECIDO consistiu-se da realização pelo voluntário do mesmo exercício da situação experimental EUTERMICO, só que precedido por um período de imersão em um tanque com água a 40 C, cuja duração se estendia até o momento em que a temperatura retal (interna) do indivíduo atingia 38,5°C.

Durante a realização de todas as situações experimentais (B, EUTERMICO e AQUECIDO), os indivíduos usavam apenas short e camiseta de algodão, tênis e meias soquete. Durante a imersão no tanque com água quente os indivíduos usavam apenas uma sunga de natação.

O tempo total de exercício (TTE), isto é do momento do início do exercício até o momento da exaustão, foi medido utilizando-se cronômetros, graduados em minutos e segundos.

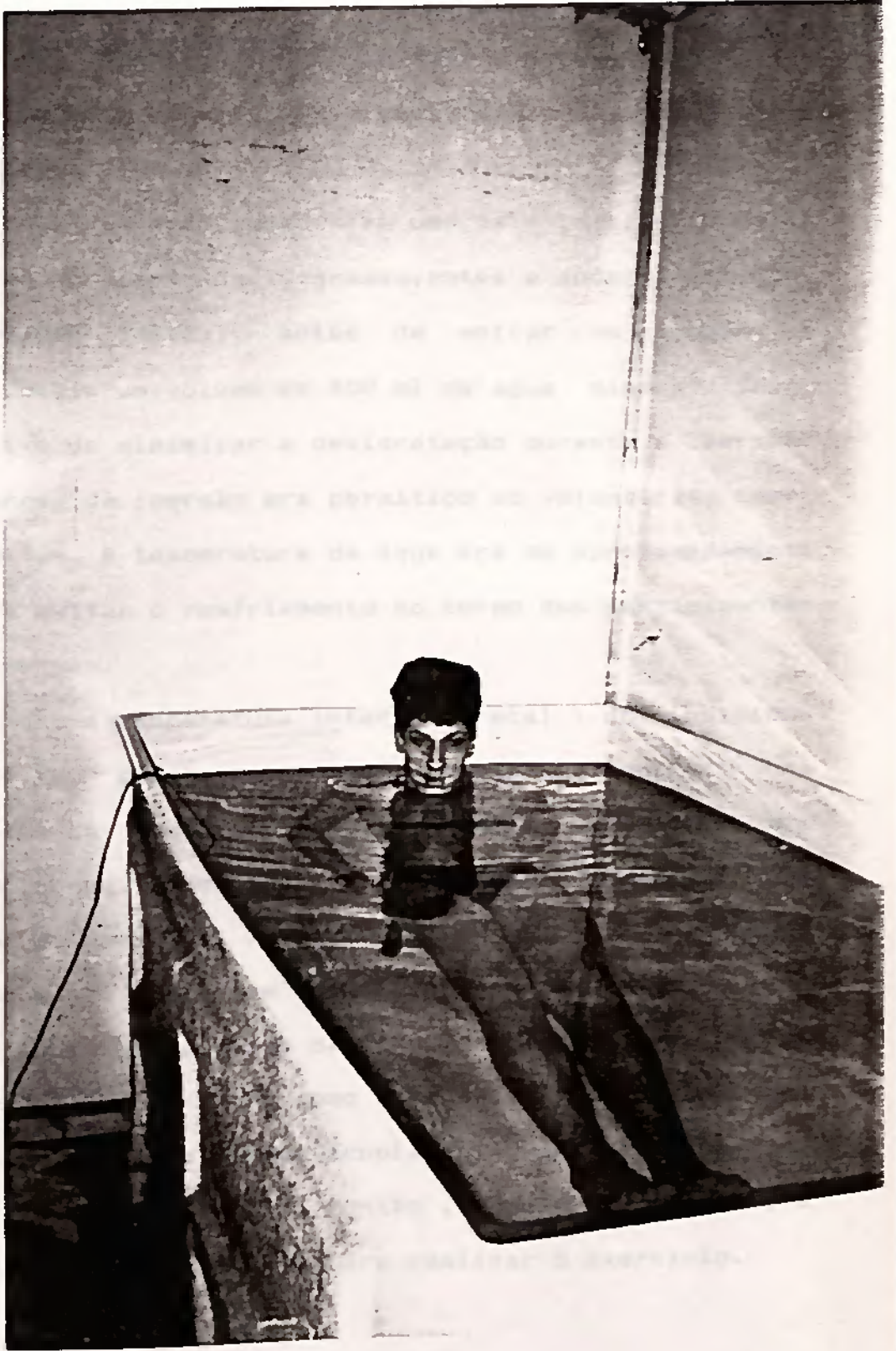
As fichas para as coletas dos dados durante a realização dos experimentos estão apresentadas no ANEXO C.

Serão descritas posteriormente todas as variáveis fisiológicas e sensoriais que foram avaliadas quando da realização das situações experimentais acima mencionadas.

3.3.1 - Imersão na água quente (40 °C)

Conforme descrito anteriormente, a situação experimental

AQUECIDO consistiu-se do mesmo exercício realizado na situação experimental EUTERMICO, só que precedido pela imersão do voluntário em um tanque com água a 40 °C. Esta imersão foi realizada em um tanque de fibra de vidro, medindo 2,0 metros e com profundidade de 90 cm (FIG.1). A água deste tanque era aquecida até atingir a temperatura de 40 °C. O voluntário, usando apenas um short de natação, ficava sentado em um banco dentro do tanque, de modo que a água cobria todo o seu corpo, até a altura da fúrcula. Somente a cabeça do voluntário ficava fora da água. Não existia um tempo pré-determinado de imersão, pois a mesma se estendia até o momento em que a temperatura interna (retal) do indivíduo atingia 38,5 °C. Durante a imersão, a cada 3 minutos, foram monitoradas a frequência cardíaca (FC) e a temperatura retal (Tre). Para monitorar a frequência cardíaca foi utilizado um monitor de frequência cardíaca por telemetria marca POLAR VANTAGE XL TM. A temperatura retal foi monitorizada utilizando-se uma sonda fabricada pela YELLOW-SPRINGS que conforme SAWKA & WENGER (1988) deve ser inserido, no mínimo, 10 cm além do esfíncter anal do indivíduo. A leitura da temperatura retal foi feita através do monitor da MALA DIAGNOSTICA KTD-4, Medicor- Budapeste, a qual estava acoplado o termistor acima descrito. A temperatura da pele não foi acessada durante a imersão na água quente, pois de acordo com RENNIE (1988), quando a água é constantemente agitada, como no caso do presente estudo, o pequeno gradiente



de temperatura existente entre a água e a pele pode ser ignorado, e podemos assumir que a temperatura da pele é igual à temperatura da água.

Os voluntários eram pesados em uma balança clínica marca FILIZOLA com precisão de 10 gramas, antes e após a imersão. Após a pesagem inicial, antes de entrar no tanque, o voluntário bebia um volume de 400 ml de água mineral fria, com o objetivo de minimizar a desidratação durante a imersão. No transcorrer da imersão era permitido ao voluntário beber água ad libitum. A temperatura da água era de aproximadamente 27°C , para evitar o resfriamento do corpo dos participantes durante a imersão.

Assim que a temperatura interna (retal) do indivíduo atingia $38,5^{\circ}\text{C}$, esperava-se um minuto até que houvesse uma estabilização da mesma, e em seguida o voluntário era retirado do tanque. Logo após, o indivíduo se enxugava com uma toalha de banho e, somente de sunga, era novamente pesado. Após a pesagem colocavam-se as sondas para monitoramento das temperatura da pele no braço, peito, perna e coxa do voluntário. Assim como a sonda para a temperatura retal, as demais sondas eram acopladas à mala diagnóstica acima descrita. O voluntário, então, vestia um calção, e camiseta, tênis e meia soquete para realizar o exercício.

3.4 - Condições Ambientais

A temperatura de bulbo seco da sala do LAFISE durante a realização das situações experimentais, foi de $20,75^{\circ}\text{C} \pm 0,655$ para os dias referentes a situação experimental EUTERMICO e de $20,875 \pm 0,694$ (X , s) para os dias da situação experimental AQUECIDO, não sendo estes valores estatisticamente diferentes.

A temperatura de bulbo úmido foi de $17,625 \pm 0,744$ para os dias da situação experimental EUTERMICO, e de $17,50 \pm 0,535$ para os da situação experimental AQUECIDO. Estes valores também não apresentaram diferenças significativas.

A umidade relativa do ar (URA) foi de $74,563 \pm 6,609$ e de $73,250 \pm 4,833$ para os dias das situações EUTERMICO e AQUECIDO respectivamente, não sendo estes valores estatisticamente diferentes.

A pressão atmosférica no período de realização de todos os experimentos foi em média de $916,6$ mbar.

3.5 - Parâmetros fisiológicos e sensoriais avaliados:

3.5.1 - Consumo Máximo de Oxigênio (VO_2 máx.)

Em seu primeiro comparecimento ao LAFISE, o voluntário foi submetido a um teste para estimativa da capacidade

aerobia máxima ($\text{VO}_2 \text{ max}$). Foi utilizado para este fim o protocolo de BALKE & WARE (1959) para cicloergômetro.

Este teste para estimativa do $\text{VO}_2 \text{ máx.}$ (situação experimental B) foi realizado com duas finalidades: fornecer um parâmetro para a seleção daquele indivíduo que se apresentou como voluntário para este estudo isto é, o alcance de no mínimo 50 ml de $\text{O}_2 / \text{Kg} \cdot \text{min}$, e estabelecer a intensidade na qual se realizaria o exercício nas outras duas situações experimentais (EUTERMICO e AQUECIDO). A intensidade do exercício a que foram submetidos os indivíduos nas situações experimentais EUTERMICO e AQUECIDO, foi de 70% da potência máxima alcançada no teste da situação experimental B.

A potência máxima atingida pelos voluntários no teste de BALKE (situação experimental B) foi de $300,00 \pm 46,29 \text{ W}$ (\bar{X}, s). A potência na qual os indivíduos realizaram as situações EUTERMICO e AQUECIDO, foi de $212,19 \pm 36,75 \text{ W}$ (\bar{X}, s) equivalente a $3,72 \pm 0,60 \text{ Kg}$ (\bar{X}, s), correspondendo à 70% da potência máxima por eles alcançada.

3.5.2 - Frequência Cardíaca (FC)

3.5.2 - Percepção Subjetiva do Esforço (PSE)

A percepção subjetiva do esforço (PSE) foi avaliada pelos indivíduos durante o exercício nas situações EUTERMICO e AQUECIDO. Para se familiarizarem com a escala desenvolvida por BORG (1973), os voluntários foram instruídos sobre sua

utilização e a usaram durante o teste da situação experimental B. Nesta escala as notas variam de 6 a 20. A frente de cada número ímpar está colocada uma frase representativa do nível de esforço correspondente àquela nota. O nível 6 corresponde ao nível de maior facilidade, enquanto a nota 20 representa a sensação máxima de esforço.

A escala de BORG (1973) foi posicionada cerca de 1,5 m à frente do ergômetro, de modo que sua visibilidade por parte do voluntário não fosse prejudicada. Aos 10 segundos finais dos minutos determinados para coleta da PSE, era pedido ao indivíduo que falasse em voz alta a nota (de 6 a 20) correspondente à percepção subjetiva do esforço naquele momento. A PSE foi avaliada no primeiro minuto e a cada 3 minutos subsequentes do exercício, até o momento da exaustão, em cada um dos experimentos.

Apresentamos abaixo, na TAB. 1, a escala proposta por BORG (1973) para avaliação da PSE.

3.5.3 Frequência Cardíaca (FC)

A FC foi avaliada, utilizando-se um aparelho monitor de FC por telemetria POLAR VANTAGE XL TM. A FC foi monitorizada durante o repouso e durante o exercício. Durante o exercício, a FC foi coletada ao final do primeiro minuto e, seguidamente, a cada três minutos até o momento da exaustão.

TABELA 1

Escala proposta por BORG (1973), para avaliação da percepção subjetiva do esforço (PSE).

NOTA	CATEGORIA
6	
7	MUITO FÁCIL
8	
9	FÁCIL
10	
11	RELATIVAMENTE FÁCIL
12	
13	LIGEIRAMENTE CANSATIVO
14	
15	CANSATIVO
16	
17	MUITO CANSATIVO
18	
19	EXAUSTIVO
20	

Tem sido demonstrada uma alta correlação entre a FC e a percepção subjetiva do esforço (MIHEVIC,1981 , ROBERTSON,1982). Existem também sugestões de que no calor a FC não é um bom indicador da PSE (BERGH et al,1986, PANDOLF et al,1972), o que reforçou a necessidade de avaliarmos este parâmetro na determinação da PSE.

3.5.4 - Temperatura Corporal

Neste experimento foram monitorizadas as seguintes temperaturas corporais: temperatura retal (Tre) e temperatura da pele no braço, peito, perna e coxa. A temperatura retal representou a temperatura interna do organismo, pois segundo CLARK & EDHOLM (1985) e SAWKA & WENGER (1988), a temperatura retal é um bom indicador da nossa temperatura interna, e fornece um bom índice para se avaliar a taxa de armazenamento de calor no nosso organismo (S). Além disso, segundo DESCHAMPS et al (1992) a temperatura da membrana timpânica (outro indicador da temperatura interna) é influenciada por rápidas mudanças na temperatura da pele, e não deve ser utilizada para avaliar o estado térmico de atletas durante o exercício, ou no período de recuperação do mesmo, razão pela qual não a utilizamos neste trabalho.

A Tre foi medida utilizando-se uma sonda marca YELLOW-

SPRINGS INSTRUMENTS que foi inserida 10 cm além do esfíncter anal do indivíduo.

A temperatura média da pele (TMP) foi calculada utilizando-se a equação desenvolvida por RAMANATHAN (1964):

$$TMP (C) = 0,3(T_{\text{peito}} + T_{\text{braço}}) + 0,2(T_{\text{coxa}} + T_{\text{perna}})$$

na qual, T_{peito} é igual à temperatura do peito, $T_{\text{braço}}$ é a temperatura do braço, T_{coxa} a temperatura da coxa e T_{perna} a temperatura da perna. Estas temperaturas foram medidas por sondas da marca YELLOW-SPRINGS INSTRUMENTS que foram fixadas em cada um dos locais acima mencionados.

Foi também calculada a temperatura média do corpo (TMC) através da equação :

$$TMC = 0,67 \cdot (T_{\text{re}}) + 0,33 \cdot (TMP)$$

desenvolvida por CONSOLAZIO (1963) onde T_{re} é a temperatura interna (representada pela retal) e a TMP é a temperatura média da pele, calculada como descrito acima.

A monitorização de cada uma destas temperaturas (retal, peito, braço, coxa e perna) foi feita através de um teletermômetro da YELLOW-SPRINGS INSTRUMENTS. As sondas foram acopladas ao teletermômetro, permitindo-nos fazer a leitura de todas as temperaturas minuto a minuto, desde o repouso até o momento de exustão. Entretanto, os valores das temperaturas foram registrados apenas no repouso, primeiro minuto e a cada 3 minutos do exercício.

3.6 - Delineamento Experimental

Procuramos neste trabalho seguir um delineamento que criasse igualdade de condições entre as situações experimentais estudadas. Para isso, usamos um delineamento cruzado e balanceado no qual a ordem das situações experimentais foi sorteada entre os voluntários, de modo que 4 voluntários iniciaram pela situação EUTERMICO, e 4 pela situação AQUECIDO.

3.7 - Análises Estatísticas

A análise estatística utilizada para avaliar as variáveis Tre, TMP, TMC, FC e PSE foi a análise de variância com duas fontes de variação e medidas repetidas. Para estas variáveis, após a análise de variância foi utilizado o teste da diferença mínima significativa (dms) para analisar as diferenças entre as médias das duas condições (EUTERMICO e AQUECIDO). A dms só é utilizada para analisar aquele fator cujo "f" na análise de variância for significativo. Nos testes de dms, é utilizada a variância comum do experimento, que é obtida a partir do quadrado médio do erro encontrado na análise de variância.

O TTE foi analisado através da análise de variância com uma fonte de variação.

As comparações entre as médias para as condições ambientais; potência no cicloergômetro; características físicas dos indivíduos; alterações no peso dos indivíduos e Tre final, foram feitas através do teste t de Student para comparação de médias.

Para todos os testes estatísticos realizados, o nível de significância utilizado foi de $p \leq 0,05$.

4.2 - Ambiente

Em todas as situações experimentais, durante a realização, as temperaturas de corpo seco e de bulbo úmido, bem como a umidade relativa do ar, foram medidas antes e depois de cada exercício físico realizado. Como mostrado pelo teste t de Student para comparação de médias, os valores experimentais foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em todas as situações.

CAPITULO 4 - RESULTADOS

4.1 - Sujeitos

Participaram deste estudo oito indivíduos do sexo masculino, que atendiam às necessidades propostas para a pesquisa, as quais estão relacionadas no capítulo referente à metodologia. Estes homens possuíam em média, um VO_2 máx estimado de 56,38 ml O_2 /Kg.min, podendo, de acordo com a clássica tabela de classificação de ASTRAND (1960), ser considerados indivíduos com alta capacidade física. Os valores individuais para a capacidade aeróbia máxima estimada, bem como as demais características físicas destes indivíduos estão apresentadas na TAB. 2.

4.2 - Ambiente

Em ambas situações experimentais, EUTERMICO e AQUECIDO, as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, bem como a umidade relativa do ar da sala onde foram realizados os exercícios foram medidas. Como mostrado pelo teste t de Student para comparação de médias, os valores encontrados (TAB. 3) não foram estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) para os as duas situações.

TABELA 2
Características Físicas dos Indivíduos

INDIVÍDUO	IDADE (Anos)	PESO (Kg)	ALTURA (Cm)	% GORDURA (%)	VO ₂ max (mlO ₂ .Kg.min)
1	25	81,75	182,00	12,40	61,20
2	24	73,00	177,50	11,20	59,62
3	23	59,10	172,00	7,30	59,22
4	26	67,20	176,50	14,30	52,08
5	25	62,20	171,00	9,80	51,44
6	24	66,30	167,50	12,20	48,26
7	25	60,50	167,50	9,60	67,76
8	23	73,85	169,00	14,10	51,45
X	24,37	68,08	172,87	11,36	56,38
s	1,06	7,83	5,28	2,39	6,59

TABELA 3
Condições Ambientais

SUJ.	EUTERMICO			AQUECIDO		
	TEMP. SECO (°C)	TEMP. UMIDO (°C)	URA (%)	TEMP. SECO (°C)	TEMP. UMIDO (°C)	URA (%)
1	22.0	17.0	65.0	21.0	18.0	75.0
2	20.5	19.0	87.0	20.0	18.0	83.0
3	20.0	17.0	74.0	20.0	17.0	74.0
4	20.0	17.0	74.0	20.5	17.0	71.0
5	20.5	18.0	76.5	21.5	17.0	72.0
6	21.0	18.0	75.0	22.0	18.0	68.0
7	21.0	17.0	68.0	21.0	17.0	68.0
8	21.0	18.0	75.0	21.0	18.0	75.0
X	20.75	17.625	74.563	20.875	17.50	73.250
s	0.655	0.744	6.609	0.694	0.535	4.833

EUTERMICO = Sem elevação prévia da temperatura corporal

AQUECIDO = Com elevação prévia da temperatura corporal

TEMP. SECO = Temperatura de bulbo seco

TEMP. UMIDO = Temperatura de bulbo úmido

URA = Unidade relativa do ar

4.3 - Imersão na água quente (40 °C)

O tempo total de imersão no tanque com água a 40 °C, variou de 18,9 a 60 minutos, tendo sido em média de 31,03 min ($s = 13,86$ min).

Ao longo de todo o período de imersão no tanque, foi feito o acompanhamento da temperatura retal (Tre), e da frequência cardíaca (FC). No que diz respeito à FC, vale observar que, por problemas ocorridos com alguns voluntários com a transmissão debaixo da água, dos sinais pelo aparelho de medir a FC por telemetria, só foi possível o registro da FC ao longo da imersão, em 5 dos 8 voluntários. Já para a temperatura retal (Tre), o acompanhamento ao longo do período da imersão foi possível em todos os indivíduos.

A Tre elevou-se ao longo do tempo durante a imersão, até alcançar o valor pré-estabelecido de 38,5 °C (GRAF. 1). A média da Tre de repouso antes da imersão foi de 37,35 °C.

Acompanhando a elevação observada na Tre, a FC aumentou ao longo do tempo, saindo em média de 66,4 bpm no momento de repouso antes da imersão, e chegando em média a 120,62 bpm no final da imersão. No GRAF.2, estão apresentados os valores médios da FC de 5 dos 8 voluntários, do repouso até o término da imersão.

A frequência cardíaca no final da imersão ($X = 120,62$ bpm, $s = 23,23$ bpm) representada a média dos valores da FC de todos os voluntários.

Temperatura Retal - Imersao

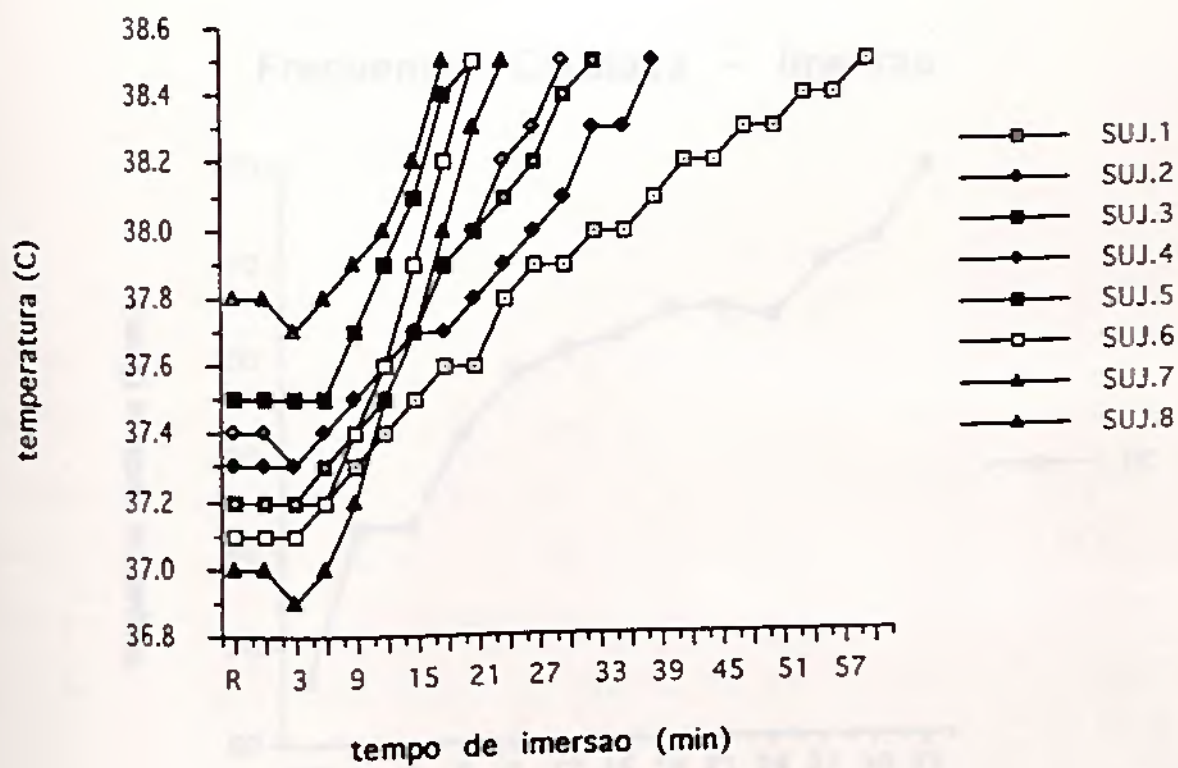


GRÁFICO.1

GRÁFICO.2

Frequencia Cardíaca - Imersão

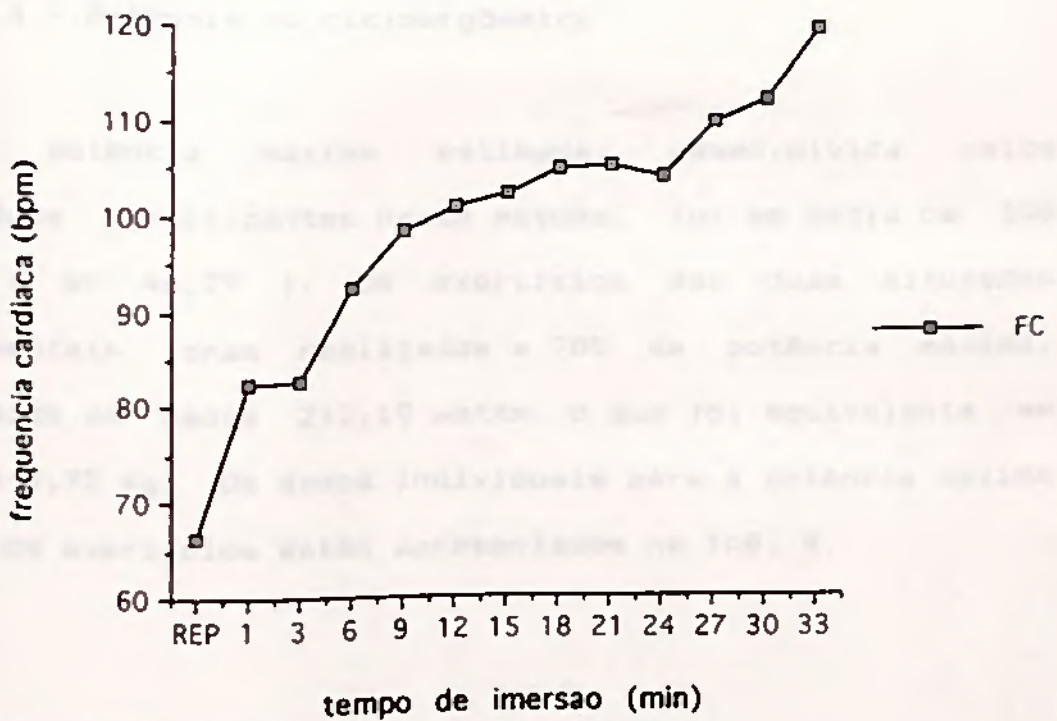


GRÁFICO.2

A temperatura retal (T_{re}) no final da imersão, foi igual para todos os indivíduos, isto é, $38,5^{\circ}\text{C}$, uma vez que foi esta a temperatura interna pré-determinada como limite para o encerramento da imersão.

4.4 - Potência no cicloergômetro

A potência máxima estimada, desenvolvida pelos indivíduos participantes neste estudo, foi em média de 300 watt ($s = 46,29$). Os exercícios das duas situações experimentais foram realizados a 70% da potência máxima, tendo sido em média 212,19 watts o que foi equivalente em média a 3,72 Kg. Os dados individuais para a potência máxima e para os exercícios estão apresentados na TAB. 4.

4.5 - Tempo Total de Exercício (TTE)

O tempo total de exercício (TTE) foi medido nas situações experimentais EUTERMICO e AQUECIDO.

Utilizamos o menor TTE alcançado entre todos os voluntários para analisarmos estatisticamente todas as variáveis estudadas. Desta maneira, foi possível analisar todas as variáveis para os oito indivíduos envolvidos neste estudo. Usamos o TTE do sujeito 1 (15 minutos) como

TABELA 4

Potência (estimada)

INDIVÍDUO	POTÊNCIA MÁXIMA (WATTS)	70% POTÊNCIA MÁXIMA (WATTS)	70% POTÊNCIA MÁXIMA (KG)
1	375,00	260,00	4,75
2	350,00	245,00	4,25
3	275,00	192,50	3,50
4	275,00	192,50	3,50
5	250,00	175,00	3,00
6	250,00	175,00	3,00
7	325,00	227,50	4,00
8	300,00	210,00	3,75
X	300,00	212,19	3,72
s	46,29	36,75	0,60

referencial para nossa análise. Todos os resultados apresentados serão, pois, os resultados até os 15 minutos de exercício para todos os voluntários, nas duas situações experimentais. No ANEXO D do capítulo referente aos anexos, estão apresentados os dados individuais de todos os indivíduos até o momento da exaustão, para todas as variáveis observadas neste estudo.

Tanto o teste t, como a análise de variância realizados mostraram que o TTE para a condição AQUECIDO foi estatisticamente menor ($p \leq 0,05$) do que na condição EUTERMICO.

Foi observado, que houve, em média, um decréscimo de 27,9% no tempo total de exercício da condição EUTERMICO ($X = 42,643$ min) para a condição AQUECIDO ($X = 30,736$ min). Os valores para o TTE estão apresentados na TAB. 5.

TABELA 5

Tempo Total de Exercício (TTE)

INDIVIDUO	EUTERMICO (min)	AQUECIDO (min)
1	24,23	15,95
2	65,50	34,50
3	77,88	61,50
4	52,50	25,50
5	36,25	36,06
6	33,06	23,45
7	27,72	24,93
8	24,00	24,00
X	42,64	30,74 *
s	20,36	13,97

EUTERMICO = Sem elevação prévia da temperatura corporal

AQUECIDO = Com elevação prévia da temperatura corporal

* = Significativamente diferente da condição EUTERMICO para $p < \alpha 0,05$

4.6 - Percepção Subjetiva do Esforço (PSE)

A análise de variância com medidas repetidas revelou que houve tanto um efeito de tratamento, como um efeito do tempo sobre a PSE. Com relação ao efeito do tratamento, foi mostrado que a elevação prévia da temperatura interna (situação AQUECIDO) alterou significativamente as notas da PSE , de modo que no presente estudo, com exceção para o primeiro minuto de exercício, as notas foram mais elevadas na situação AQUECIDO para a mesma intensidade de esforço que na situação EUTERMICO (TAB. 6). Quanto ao efeito do tempo, foi verificado que nas duas situações experimentais (EUTERMICO e AQUECIDO) a PSE aumentava à medida que o tempo passava, sendo que em ambas situações a partir do 3 minuto as notas da PSE foram significativamente mais altas que no 1 minuto de exercício. Somente entre os minutos 12 e 15 da situação EUTERMICO é que não houve diferença estatística entre as notas da PSE (GRAF.3).

Pode-se notar pelo GRAF.3 que o comportamento das duas curvas ao longo do tempo é semelhante, o que reflete a ausência de interação entre tempo e tratamento observada na análise de variância realizada.

TABELA 6

Notas da Percepção Subjetiva do Esforço (PSE)
utilizando-se a Escala de Borg (1973)

MINUTO INDIVIDUO	EUTERMICO						AQUECIDO					
	1	3	6	9	12	15	1	3	6	9	12	15
1	7	7	7	7	8	9	8	8	11	13	15	16
2	11	13	13	14	14	14	11	13	15	16	17	17
3	7	9	11	11	12	9	12	11	12	12	13	13
4	8	9	12	14	15	16	7	9	11	13	15	16
5	7	7	8	9	9	11	11	11	11	11	13	13
6	9	10	11	12	14	15	11	13	15	17	18	19
7	11	13	13	15	15	15	9	13	15	15	17	17
8	7	9	11	13	15	17	9	11	13	15	17	19
X	8,37	9,62	10,7	11,87	12,75	13,25	9,75	11,12	*12,87	*14,00	*15,62	*16,25 *
s	1,77	2,33	2,15	2,75	2,82	3,15	1,75	1,88	1,83	2,07	1,92	2,31

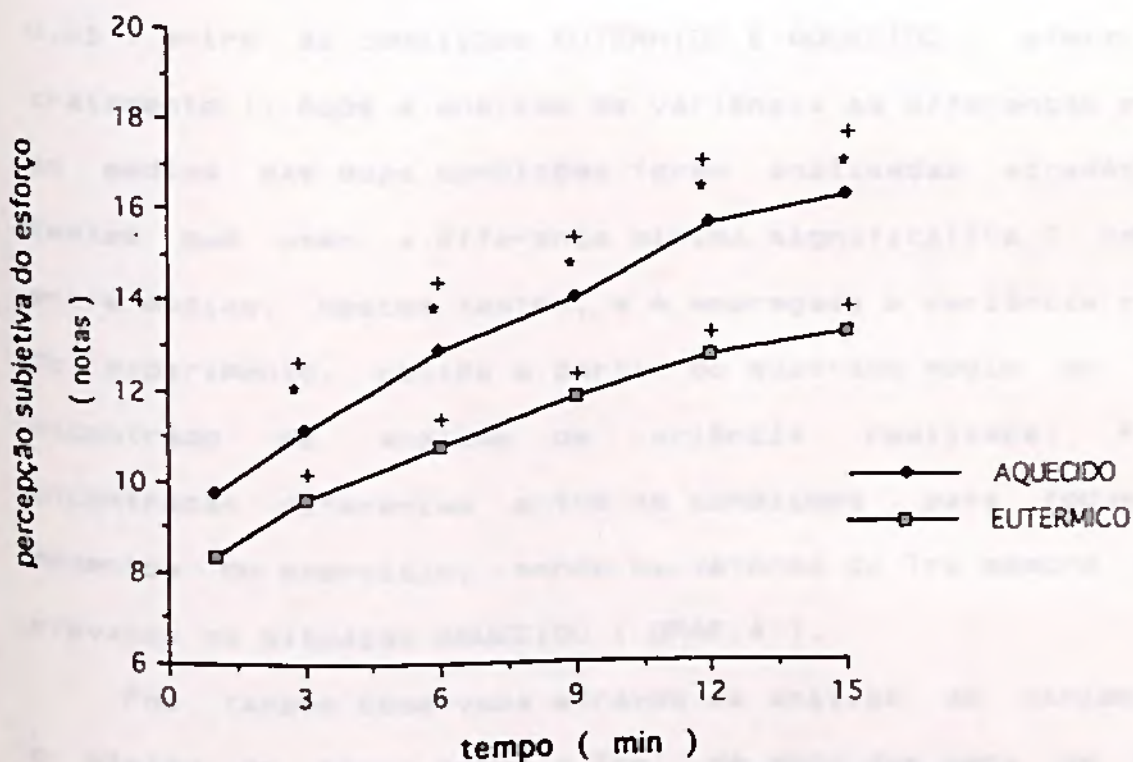
EUTERMICO = Sem elevação prévia da temperatura corporal

AQUECIDO = Com elevação prévia da temperatura corporal

* = Significativamente diferente da condição EUTERMICO para $p < 0,05$

GRAFICO 5

PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO - PSE



* estatisticamente diferente da sit. EUTERMICO ($p \leq 0,05$)

+ estatisticamente diferente do 1 min. nesta situação ($p \leq 0,05$)

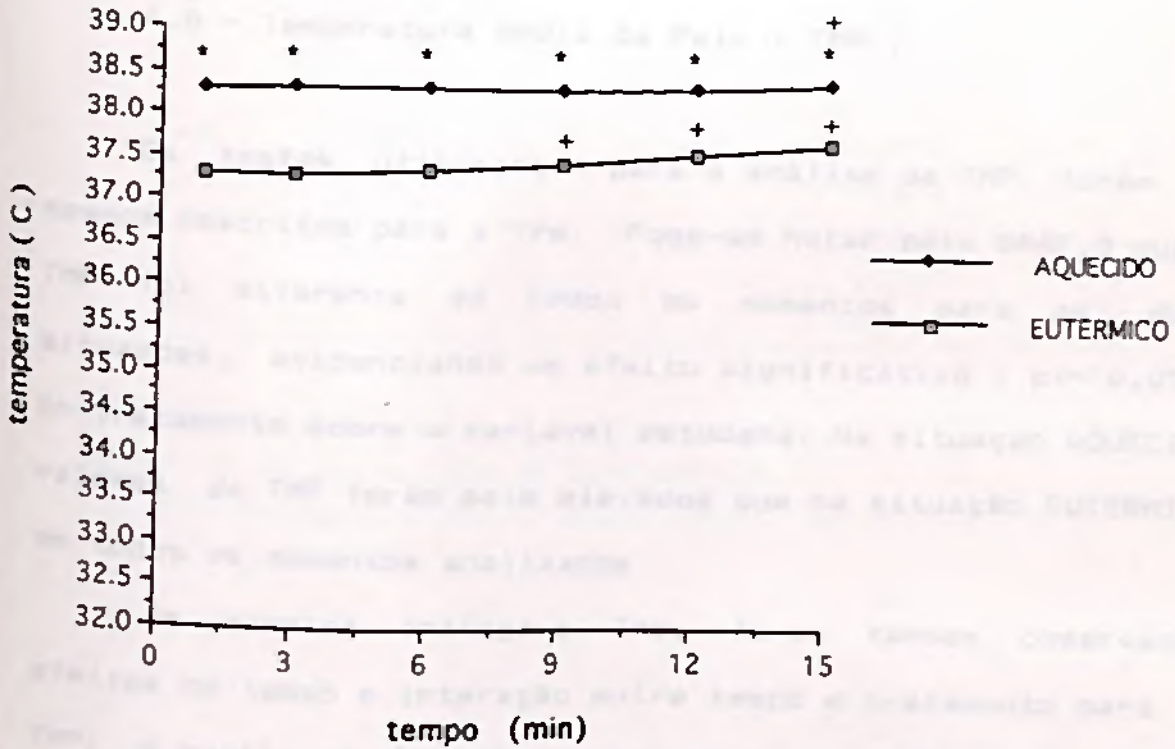
GRÁFICO.3

4.7 - Temperatura Retal (Tre)

Os resultados da Tre foram analisados através da análise de variância com duas fontes de variação, e medidas repetidas. Detectou-se uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as condições EUTERMICO E AQUECIDO (efeito de tratamento). Após a análise de variância as diferenças entre as médias das duas condições foram analisadas através de testes que usam a diferença mínima significativa (dms) entre médias. Nestes testes, a ϵ é empregada a variância comum do experimento, obtida a partir do quadrado médio do erro encontrado na análise de variância realizada. Foram encontradas diferenças entre as condições para todos os momentos do exercício, sendo os valores da Tre sempre mais elevados na situação AQUECIDO (GRAF.4).

Foi também observada através da análise de variância, o efeito do tempo sobre a Tre, de modo que para as duas condições, a Tre aumentou ao longo do tempo. Para a situação EUTERMICO, a partir do 9º minuto a Tre foi maior ($p \geq 0,05$) que no 1º minuto de exercício, entretanto para a situação AQUECIDO a Tre só foi diferente do 1º minuto no 15º minuto de exercício. Estas diferenças entre o comportamento da Tre ao longo do tempo para as duas situações (GRAF.4) ilustra a interação entre tempo e tratamento observada na análise de variância.

TEMPERATURA RETAL



* estatisticamente diferente da sit. EUTERMICO ($p <= 0,05$)

+ estatisticamente diferente do 1 min, nesta situacao ($p <= 0,05$)

GRÁFICO.4

Os valores da Tre para as situações EUTERMICO e AQUECIDO estão apresentados na TAB.7 .

4.8 - Temperatura Média da Pele (TMP)

Os testes utilizados para a análise da TMP foram os mesmos descritos para a Tre. Pode-se notar pelo GRAF.5 que a TMP foi diferente em todos os momentos para as duas situações, evidenciando um efeito significativo ($p \leq 0,05$) do tratamento sobre a variável estudada. Na situação AQUECIDO os valores da TMP foram mais elevados que na situação EUTERMICO em todos os momentos analisados

De maneira análoga à Tre, foram também observados efeitos do tempo e interação entre tempo e tratamento para a TMP. A partir do 6º minuto de exercício, a TMP foi maior que no 1º minuto para a condição EUTERMICO. Podemos notar ainda pelo GRAF.5 , que na situação AQUECIDO a partir do 3º minuto os valores da TMP são diferentes dos do 1º minuto e que a curva tende a um platô a partir do 9º minuto de exercício, quando não são mais observadas alterações significativas na TMP, evidenciando a diferença de comportamento desta variável ao longo do tempo em função do tratamento empregado, ou seja, da elevação previa da temperatura interna.

Na TAB.8 estão apresentados os valores da TMP para as duas situações experimentais.

TABELA 7

Média da Temperatura Retal(°C) para Todos os Indivíduos a Cada 3 Minutos

MINUTO	EUTERMICO	AQUECIDO
1	37,30	38,30 *
3	37,29	38,31 *
6	37,36	38,31 *
9	37,46	38,31 *
12	37,59	38,36 *
15	37,72	38,41 *
X	37,45	38,34 *
s	0,17	0,04

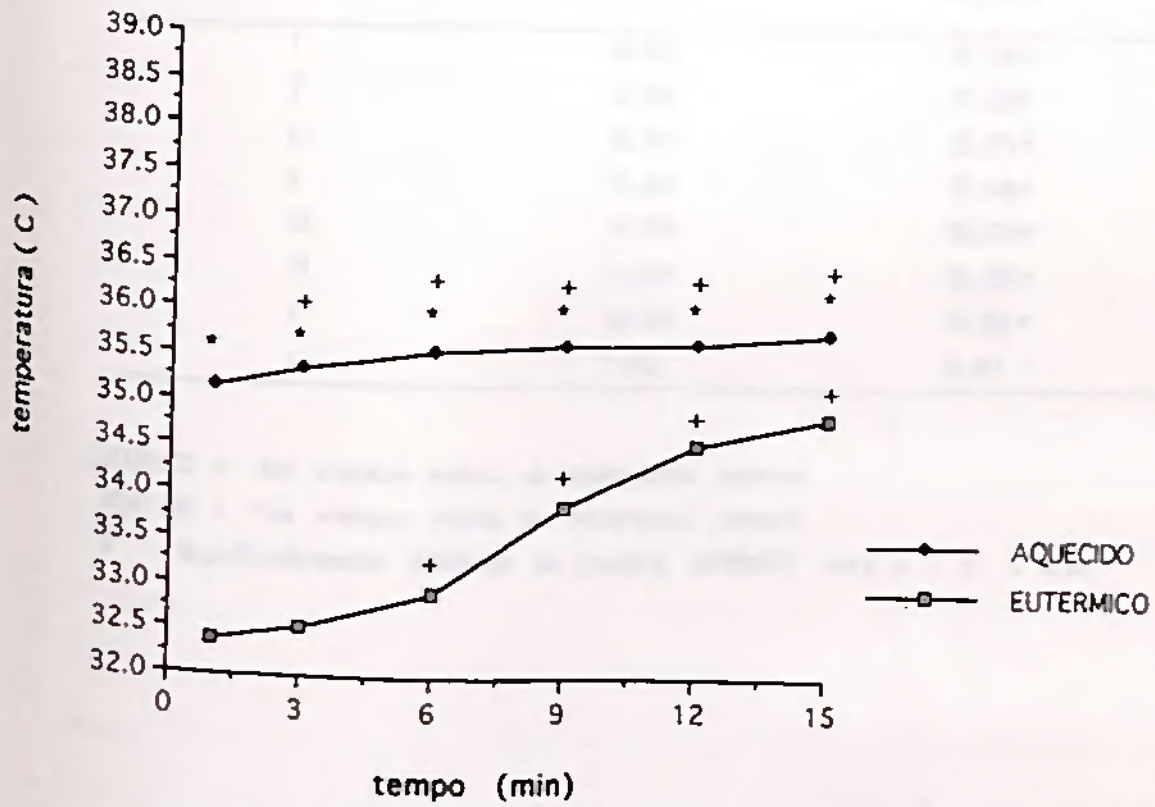
EUTERMICO = Sem elevação prévia da temperatura corporal

AQUECIDO = Com elevação prévia da temperatura corporal

* = Significativamente diferente da condição EUTERMICO para $p < 0,05$

GRÁFICO 5

TEMPERATURA MEDIA DA PELE



* estatisticamente diferente da sit. EUTERMICO ($p <= 0,05$)

+ estatisticamente diferente do 1 min. nesta situacao ($p <= 0,05$)

GRÁFICO.5

TABELA 8

Média da Temperatura Média da Pele (C) a Cada 3 Minutos

MINUTO	EUTERMICO	AQUECIDO
1	32,388	35,136*
3	32,539	35,338*
6	32,941	35,571*
9	33,381	35,640*
12	34,558	35,670*
15	34,874	35,799*
X	33,529	35,526*
S	1,062	0,244

EUTERMICO = Sem elevação prévia da temperatura corporal

AQUECIDO = Com elevação prévia da temperatura corporal

* = Significativamente diferente da condição EUTERMICO para $p < \alpha = 0,05$

4.9 - Temperatura Media do Corpo (TMC)

Os resultados encontrados para a TMC foram similares aos da Tre e TMP, isto é, foram observados efeitos do tratamento, do tempo, e, também, interação entre estes dois fatores na análise de variância, mostrando haver não somente diferenças entre as condições, mas como também, diferenças entre o comportamento da TMC ao longo do tempo em função da elevação prévia da temperatura interna.

Assim como para a Tre e TMP, os valores da TMC na situação AQUECIDO foram significativamente mais elevados ($p \leq 0,05$) que na situação EUTERMICO para todos os momentos observados (TAB.9). Para a condição EUTERMICO a TMC foi maior que no 1º minuto de exercício a partir do 6º minuto de exercício, o que foi observado na situação AQUECIDO a partir do 3º minuto. Não foram observadas diferenças significativas na TMC entre os minutos 6, 9 e 12 na situação AQUECIDO, quando a TMC tende a se estabilizar, voltando a elevar-se discreta mas significativamente no minuto 15 (GRAF.6).

4.10 - Frequência Cardíaca (FC)

Pela TAB.10 pode-se observar que a FC foi maior ($p \leq 0,05$) em todos os momentos da situação AQUECIDO comparada com a situação EUTERMICO. Estes resultados refletem o efeito

TABELA 9

Média da Temperatura Média do Corpo (C) a
Cada 3 Minutos

MINUTO	EUTERMICO	AQUECIDO
1	35,676	37,255*
3	35,720	37,329*
6	35,902	37,400*
9	36,279	37,430*
12	36,587	37,472*
15	36,782	37,546*
X	36,158	37,407*
s	0,464	0,103

EUTERMICO = Sem elevação prévia da temperatura corporal

AQUECIDO = Com elevação prévia da temperatura corporal

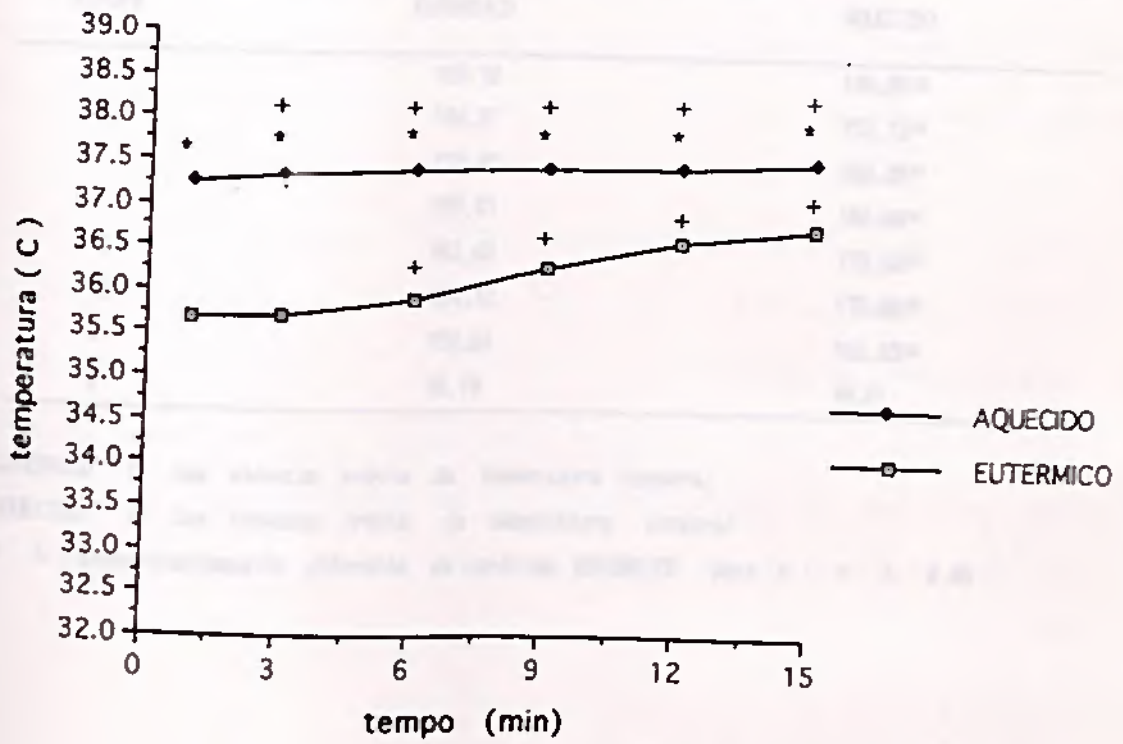
* = Significativamente diferente da condição EUTERMICO para $p < \alpha = 0,05$

GRAFICO 6

TABELA 18

Medida da Frequência Cardíaca (bata) e da Temperatura do Corpo em Casos de Infecção

TEMPERATURA MEDIA DO CORPO



* estatisticamente diferente da sit. EUTERMICO ($p <= 0,05$)

+ estatisticamente diferente do 1 min. nesta situacao ($p <= 0,05$)

GRÁFICO.6

TABELA 10

Média da Frequência Cardíaca (bpm)
de Todos os Indivíduos a Cada 3 Minutos

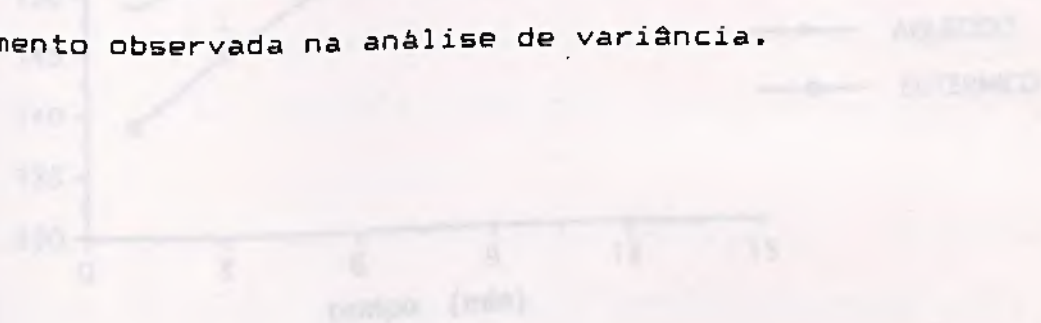
MINUTO	EUTERMICO	AQUECIDO
1	139,12	148,88*
3	144,87	152,12*
6	152,25	160,25*
9	159,87	168,00*
12	162,62	173,62*
15	164,12	173,00*
X	153,81	162,65*
s	10,19	10,61

EUTERMICO = Sem elevação prévia da temperatura corporal

AQUECIDO = Com elevação prévia da temperatura corporal

* = Significativamente diferente da condição EUTERMICO para $p < \alpha = 0,05$

significativo da elevação prévia da temperatura interna sobre a FC, detectado na análise de variância. Foi também encontrado um efeito significativo do tempo sobre esta variável, de forma que para as duas condições experimentais a FC elevou-se com o passar do tempo. Para as duas condições, a partir do 3º minuto a FC foi diferente do 1º minuto de exercício. É interessante observar (GRAF.7) que existe um paralelismo entre as duas curvas (situação EUTERMICO e situação AQUECIDO), mostrando que ambas se comportam de maneira similar ao longo do tempo. Este comportamento é indicativo da ausência de interação entre os fatores tempo e tratamento observada na análise de variância.



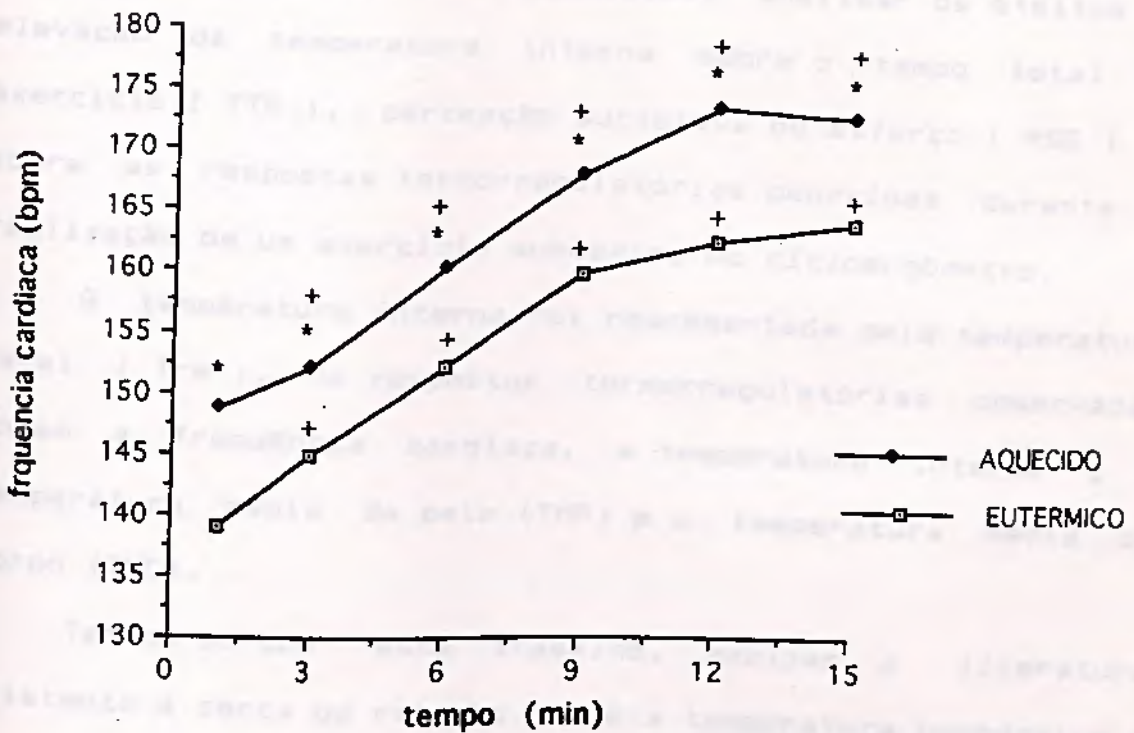
* estatisticamente diferente de 1º. EUTERMICO ($p < 0,05$)

— estatisticamente diferente do 1º min. nesta situação ($p < 0,05$)

GRÁFICO.7

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS

FREQUENCIA CARDIACA



* estatisticamente diferente da sit. EUTERMICO ($p \leq 0,05$)

+ estatisticamente diferente do 1 min. nesta situacao ($p \leq 0,05$)

GRÁFICO.7

CAPITULO 5 - DISCUSSAO DOS RESULTADOS

Este estudo teve como objetivos, analisar os efeitos da elevação da temperatura interna sobre o tempo total de exercício (TTE), percepção subjetiva do esforço (PSE) e sobre as respostas termorregulatórias ocorridas durante a realização de um exercício submáximo no cicloergômetro.

A temperatura interna foi representada pela temperatura retal (Tre). As respostas termorregulatórias observadas foram a frequência cardíaca, a temperatura interna, a temperatura média da pele (TMP) e a temperatura média do corpo (TMC).

Tentou-se com este trabalho, ampliar a literatura existente a cerca da relação entre a temperatura corporal e a percepção subjetiva do esforço, que além de restrita é, também, controversa. Foi também nossa intenção, buscar informações que nos auxiliassem a entender melhor os mecanismos envolvidos na percepção do esforço. A partir dos resultados referentes às respostas termorregulatórias, discutiremos os possíveis benefícios ou prejuízos para o desempenho físico, decorrentes da realização de exercícios submáximos com a temperatura interna inicial elevada.

Era esperado que, com a elevação prévia da temperatura interna, que o desempenho físico dos indivíduos fosse

prejudicado e que isto se refletisse nas variáveis fisiológicas (frequência cardíaca, temperatura retal, temperatura média da pele, temperatura média do corpo) e sensorial (percepção subjetiva do esforço) observadas.

5.1 - Ambiente

Devido ao fato de não existir no LAFISE uma câmara ambiental, não foi possível controlar a temperatura nem a umidade relativa do ar da sala onde foram realizados os experimentos. Entretanto, como já apresentado na TABELA 3, as temperaturas de bulbo sêco e úmido bem como a umidade relativa do ar não foram estatisticamente diferentes entre as situações experimentais EUTERMICO e AQUECIDO.

De acordo com CLARK & EDHOLM (1985), os ingleses e americanos consideram um ambiente cuja temperatura esteja entre 21 e 24 °C como sendo um ambiente neutro. HAYMES & WELLS (1986) definem ambiente neutro aquele no qual a taxa metabólica de repouso está no seu limite inferior e no qual os mecanismos termorregulatórios do nosso organismo não estão sendo muito solicitados.

Não existe na literatura, uma definição de ambiente neutro para os brasileiros. Sendo assim, neste estudo, consideramos ambiente neutro como aquele no qual a temperatura varie entre 20 e 24 °C.

O ambiente no qual foi realizado este trabalho foi considerado neutro, uma vez que a temperatura (bulbo seco) da sala onde foram realizados os experimentos foi em média de $20,75^{\circ}\text{C}$ ($s = 0,655$) para os dias do tratamento EUTERMICO, e de $20,87$ ($s = 0,694$) para os dias do tratamento AQUECIDO, e estes valores não foram estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Quando falamos sobre as características de um ambiente, não podemos deixar de considerar também a umidade relativa do ar deste ambiente. O papel de cada uma das vias de troca de calor do nosso organismo, isto é convecção, evaporação, radiação e condução, depende da interação entre a umidade relativa do ar, temperatura ambiente e do gradiente de temperatura entre o interior e a superfície do nosso corpo (HAYMES & WELLS, 1986).

No presente estudo, a umidade relativa do ar (URA) foi em média de $74,563 \pm 6,609\%$ para os dias da condição EUTERMICO e de $73,250 \pm 4,833\%$ para a condição AQUECIDO, sendo que estes valores também não foram estatisticamente diferentes. Um ambiente tem sido considerado muito úmido, quando sua URA atinge valores acima de 80% (CLARK & EDHOLM, 1985; SAWKA & WENGER, 1988).

Segundo EKBLUM et al (1970), existe uma faixa de temperatura ambiente denominada "zona independente da temperatura ambiente", na qual a temperatura interna do indivíduo durante o exercício é determinada pelo nível de

estresse do trabalho desenvolvido, isto é, pela intensidade do exercício realizado, e é independente da temperatura de bulbo seco do ambiente. De acordo com esses autores, esta faixa se estende dos 5 aos 30 °C de temperatura de bulbo seco.

5.2 - Amostra estudada

As características físicas da amostra estudada neste trabalho foram apresentadas na TAB. 2. Decidimos por indivíduos do sexo masculino por se tratar deste, um experimento no qual são estudados o comportamento da temperatura corporal e também a percepção do esforço durante o exercício, variáveis que podem ser influenciadas pelas diferentes fases do ciclo menstrual. Recentemente, PIVARNIK et al (1992) contrariando achados anteriores de STEPHENSON, KOLKA & WILKERSON (1982), mostraram que a percepção do esforço é influenciada pelas diferentes fases do ciclo menstrual, sendo a fase luteica aquela na qual a PSE é mais elevada do que nas outras fases do ciclo para uma mesma intensidade de trabalho. Além disso, existem também evidências de que a termorregulação, ou mais especificamente que a regulação da temperatura retal e do sistema cardiovascular durante o exercício sejam também modificadas durante a fase luteica do ciclo menstrual (PIVARNIK et al,

1992).

Outro fator importante na determinação da amostra, foi a preocupação com que o grupo fosse homogêneo com relação ao percentual de gordura corporal, e que não fossem indivíduos obesos (11,36 \pm 2,39% neste estudo). Existem na literatura sugestões de que indivíduos obesos percebem uma mesma intensidade relativa de exercício como mais intensa, quando comparados com indivíduos não obesos (CARTON & RHODES, 1985) e que, para indivíduos obesos, a PSE não deve ser avaliada através da escala proposta por BORG (1973), pois os fatores que contribuem para o excesso de peso corporal podem modificar substancialmente as relações existentes entre a PSE e as variáveis fisiológicas a ela relacionadas (DIVICO, OMOHUNDRO & DUVILLARD, 1992) .

Cabe também salientar que por estarmos estudando o comportamento da temperatura corporal durante o exercício, com e sem elevação prévia da temperatura corporal, levamos em consideração o fato de que quanto maior a camada de gordura corporal, maior a probabilidade do indivíduo entrar em fadiga sob condições de estresse térmico (CLARK & EDHOLM, 1985), pois é sabido que o tecido adiposo é melhor isolante térmico do que o tecido muscular (HAYMES & WELLS, 1986).

5.3 - Imersão na água quente (40 °C)

Como esperado, a FC aumentou à medida que a temperatura interna se elevou durante a imersão na água quente. De acordo com CLARK & EDHOLM (1985), a FC aumenta em aproximadamente 10 bpm, a cada 1,0 °C de aumento na temperatura corporal. Este aumento observado na FC, em função da exposição ao calor, deve-se ao aumento substancial na taxa metabólica, decorrente da elevação da temperatura corporal (SAWKA & WENGER, 1988; ROWELL, 1974). A elevação da frequência cardíaca constitui-se do principal mecanismo através do qual um débito cardíaco adequado é mantido, quando, na tentativa de evitar aumentos exagerados na temperatura corporal, grande parte do fluxo sanguíneo é direcionado para a pele para dissipar o calor interno, e, em virtude da vasodilatação periférica ocorre uma diminuição no retorno venoso (FORTNEY & VROMAN, 1985). Além disso, aumentos na temperatura corporal exercem influência direta sobre o nódulo sinusal, aumentando assim a FC (BERNE & LEVY, 1992).

A elevação prévia da temperatura interna na situação AQUECIDO, levou a aumentos paralelos na FC, de modo que ao iniciarem o exercício nas duas condições experimentais propostas neste estudo, os indivíduos apresentavam FCs significativamente ($p \leq 0,05$) mais elevadas na situação AQUECIDO ($\bar{x} = 105,0$) do que na situação EUTERMICO ($\bar{x} = 68,2$ bpm). Esta diferença significativa, observada na FC inicial

para as duas situações, manteve-se ao longo de todo o exercício, quando comparou-se a situação AQUECIDO com a EUTERMICO. Os fatores que levaram aos aumentos da FC durante a imersão na água a 40 °C, foram potencializados pelo exercício. Durante o exercício, mais calor metabólico foi produzido, necessitando-se assim, de maior dissipação de calor por parte do organismo, que já se encontrava com a temperatura elevada pela imersão no tanque, o que significou um trabalho extra para o sistema cardiovascular, refletindo-se em algumas respostas ao exercício, tais como a PSE e o TTE.

Com relação à temperatura retal durante a imersão, cabe apenas observar que, foi objetivo da imersão no tanque, elevá-la para 38,5 °C, de modo que os indivíduos realizassem o exercício na situação AQUECIDO com a temperatura elevada. Buscou-se assim, estudar os efeitos da elevação da temperatura interna sobre as diversas respostas fisiológicas e sensoriais durante o exercício no ambiente termoneutro, mimetizando os efeitos da realização do exercício em ambiente quente.

5.4 - Tempo Total de Exercício (TTE)

No presente estudo, o TTE representou o tempo total de exercício até a exaustão, previamente definida como o momento

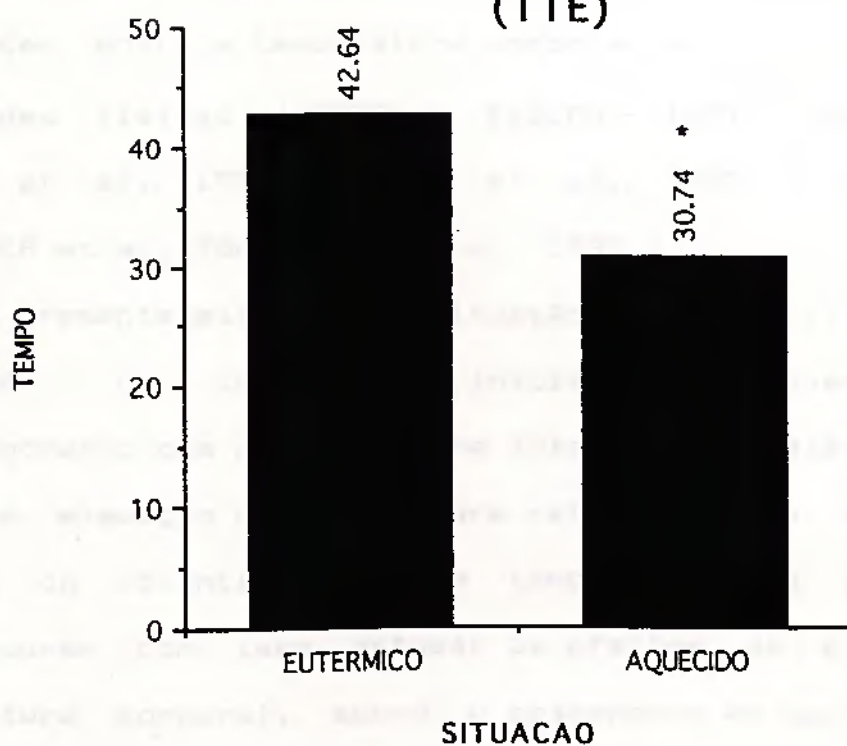
no qual a potência pré-determinada para o experimento não mais podia ser mantida pelo voluntário. Outro critério para a interrupção do experimento foi o alcance do limite de 39,5 °C de temperatura interna (retal) pelo voluntário. Verificamos uma diminuição em média de 27,9% no tempo total de exercício da situação EUTERMICO para a situação AQUECIDO (42,643 e 30,736 min, respectivamente, como mostrado no GRAF. 8). Como era esperado, a elevação prévia da temperatura interna dos indivíduos para 38,5 °C levou a uma redução na capacidade de desempenho físico, refletido por uma instalação precoce da fadiga.

A fadiga vem sendo definida como a incapacidade do animal ou do homem em manter um exercício ou trabalho físico em uma intensidade pré-determinada (BOOTH & THOMASON, 1991); um impedimento agudo do desempenho, que inclui tanto um aumento na percepção do esforço para realizar uma força desejada, como uma eventual incapacidade para produzir esta força (ENOKA & STUART, 1992) ou simplesmente uma falha na manutenção de uma força ou potência pré-estabelecida (MACLAREN et al, 1989).

Não devemos pois, entender a fadiga como um fenômeno que possui uma causa única, mas sim como um fenômeno complexo cujo mecanismo completo ainda não foi determinado, e que depende tanto de fatores centrais quanto periféricos (GIBSON & EDWARDS, 1985).

O TTE, enquanto uma maneira de se mensurar a fadiga, tem

Tempo Total de Exercício (TTE)



* Estatisticamente diferente da sit. EUTERMICO ($p < 0,05$)

GRÁFICO. 8

sido amplamente utilizado nos trabalhos destinados a estudar a relação entre a temperatura corporal e o desempenho em atividades físicas (BERGH & EKBLON ,1979; CARLILE,1956; HAYMES et al, 1974; HICKEY et al, 1992 ; MUIDO,1946; SMOLANDER et al,1986; TRONE et al, 1992).

No presente estudo, na situação experimental denominada AQUECIDO, os indivíduos iniciavam o exercício no cicloergômetro com a temperatura interna (T_{re}) elevada ($38,5^{\circ}\text{C}$). A elevação da temperatura retal se dava através da imersão do voluntário em um tanque com água a 40°C . Objetivou-se com isso estudar os efeitos da elevação da temperatura corporal, sobre o desempenho em uma atividade física submáxima (70% potência máxima), uma vez que de acordo com BERGH & EKBLON (1979) o efeito da temperatura sobre o desempenho físico é da mesma ordem de magnitude, independentemente se causada por exercício muscular, radiação ou imersão em água.

Como era esperado, a fadiga instalou-se precocemente quando os indivíduos iniciaram o exercício com a temperatura interna (T_{re}) elevada. A fadiga constituiu-se de um conjunto de efeitos agudos que impedem o desempenho motor, ou seja, que impedem que uma determinada intensidade de trabalho seja mantida. É curioso observar que dentro da literatura revisada sobre o assunto, nenhum estudo que discute os possíveis mecanismos da fadiga, sejam centrais ou periféricos (ASMUSSEN, 1979; BOOTH & THOMASON, 1991; ENOKA & STUART,

1992; GIBSON & EDWARDS, 1985; MACLAREN et al, 1989) inclui o possível papel da temperatura corporal no processo da fadiga. Entretanto, se voltarmos à concepção mais integralizada de fadiga, proposta por MACLAREN et al (1989), a qual considera que, como a realização de uma atividade muscular envolve o funcionamento adequado de uma cadeia de comandos, desde o cérebro até a formação de pontes de actina e miosina dentro dos músculos, a fadiga pode ocorrer como resposta a uma falha em qualquer ponto de ligação entre as etapas desta cadeia, podemos sugerir que, fatores capazes de alterar o equilíbrio entre qualquer uma das etapas desta cadeia, tais como a elevação da temperatura corporal, podem ser considerados como determinantes da fadiga. Como neste trabalho, em ambas situações experimentais (EUTERMICO E AQUECIDO), os indivíduos realizavam um exercício na mesma potência, e sob condições similares, diferindo-se apenas quanto à temperatura corporal inicial, é provável que o decréscimo observado de 27,9% em média no tempo de exercício até a exaustão na situação AQUECIDO, seja decorrente das diferenças na temperatura corporal dos indivíduos, observadas ao longo das duas situações e dos efeitos destas diferenças sobre os diversos parâmetros fisiológicos e sensoriais envolvidos no processo da fadiga.

Nas primeiras décadas deste século, acreditava-se que temperaturas corporais elevadas traziam benefícios para o desempenho das atividades físicas (ASMUSSEN & BOJE, 1945;

CARLILE, 1956 ; NIELSEN, 1938 citado por GISOLFI, 1983) e que tais benefícios eram alcançados independentemente se a temperatura corporal era elevada através de exercícios preliminares ou métodos passivos, tais como imersão em água quente ou radiodiatermia (CARLILE, 1956; MUIDO, 1946). Com o crescente e necessário interesse dos pesquisadores pelos efeitos da hipertermia sobre o desempenho físico e sobre o comportamento de diversos parâmetros fisiológicos durante a atividade física, este conceito inicial foi refutado pela maioria dos trabalhos. Em alguns deles não se observaram melhoras no desempenho (BERGH & EKBLUM, 1979) enquanto em outros ocorreram efeitos prejudiciais tanto para o desempenho, quanto para os diversos sistemas fisiológicos envolvidos (BERGH et al, 1986 ; BARTER & FREER, 1984 ; FORTNEY & VROMAN, 1985 ; HARRISON, 1986 ; KELSO et al, 1984 ; SMOLANDER et al, 1986 ; TRIPATHI, MACK & NADEL, 1990).

Cabe aqui enfatizar, que os trabalhos realizados nas décadas de 30, 40 e 50 e que consideravam a elevação da temperatura corporal como um recurso ergogênico, foram realizados sem cuidados metodológicos adequados apresentando falhas que comprometem a confiabilidade de seus resultados. MUIDO (1946) ao investigar a influência da temperatura corporal sobre o desempenho na natação concluiu que, a elevação prévia da temperatura retal em 1 a 1,6 °C levou a uma melhoria de até 2% no tempo de exercício, e que isto se deu tanto com o aquecimento corporal através de exercício

físico (10 minutos de corrida leve), como através de banho em água quente (40 a 43 °C, durante 15 a 18 minutos). Entretanto, a comparação no tempo de natação (400 m nado crawl) entre a situação controle (sem elevação prévia da Tre) e a situação experimental (com elevação prévia da Tre), foi feita apenas através do percentual das diferenças entre os tempos observados, sendo que nenhum teste estatístico foi realizado para analisar estas diferenças no TTE.

Este mesmo erro metodológico foi cometido no ano anterior por ASMUSSEN & BOJE (1945) que avaliaram o TTE em dois exercícios distintos na bicicleta ergométrica, um no qual foi realizado um trabalho total de 956 Kgm (simulando uma corrida de 100 m) e outro um trabalho total de 9.860 Kgm (simulando uma corrida de 1500 m). Em ambos exercícios o TTE foi comparado entre a situação controle (sem elevação prévia da Tre) e a experimental (com elevação prévia da Tre através de radiodiatermia, banho quente ou exercício preliminar). Fazendo apenas uma análise na variação percentual nos tempos de exercício, os autores concluíram que todos os tipos de aquecimento empregados levaram a melhoras no TTE. Além disso, é importante enfatizar que neste trabalho, bem como em outros realizados à mesma época, pode ter ocorrido o efeito placebo, isto é, os sujeitos sabiam que estavam sendo aquecidos, e poderiam estar sugestionados a crer que o aquecimento poderia levar a melhoras no desempenho.

A elevação da temperatura corporal foi também considerada benéfica para o desempenho físico por CARLILE (1956), que comparou resultados obtidos dentro de laboratório com resultados observados no campo. Assim como MUIDO (1946) e ASMUSSEN & BOJE (1945), atribuiu a melhoria no desempenho físico ao fato de que a temperatura interna elevada leva a um aumento na velocidade das reações, circulatórias, metabólicas e hormonais. Entretanto não discutem os mecanismos fisiológicos aí envolvidos.

No presente estudo, a Tre foi em média $38,6 \pm 0,35^{\circ}\text{C}$ para a situação EUTERMICO e $38,71 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$ para a situação AQUECIDO no momento da exaustão (42,64 e 30,74 minutos de exercício respectivamente), sendo que os valores para a Tre não foram estatisticamente diferentes (GRAF.9). Isto mostra, que nas duas situações experimentais o exercício foi interrompido em momentos diferentes, porém quando os indivíduos encontravam-se com temperaturas internas similares. Esta faixa de temperatura interna na exaustão observada neste trabalho equipara-se à encontrada por GUIMARAES (1993) que, comparando as respostas termorregulatórias de 12 ciclistas durante exercício prolongado realizado sob estresse hipertérmico, com e sem ingestão de água, observou que 4 indivíduos não foram capazes de completar o tempo de exercício pré-estabelecido (60 minutos) quando não ingeriram água. Estes indivíduos interromperam o exercício quando suas temperaturas internas

Temperatura Retal (exaustão)

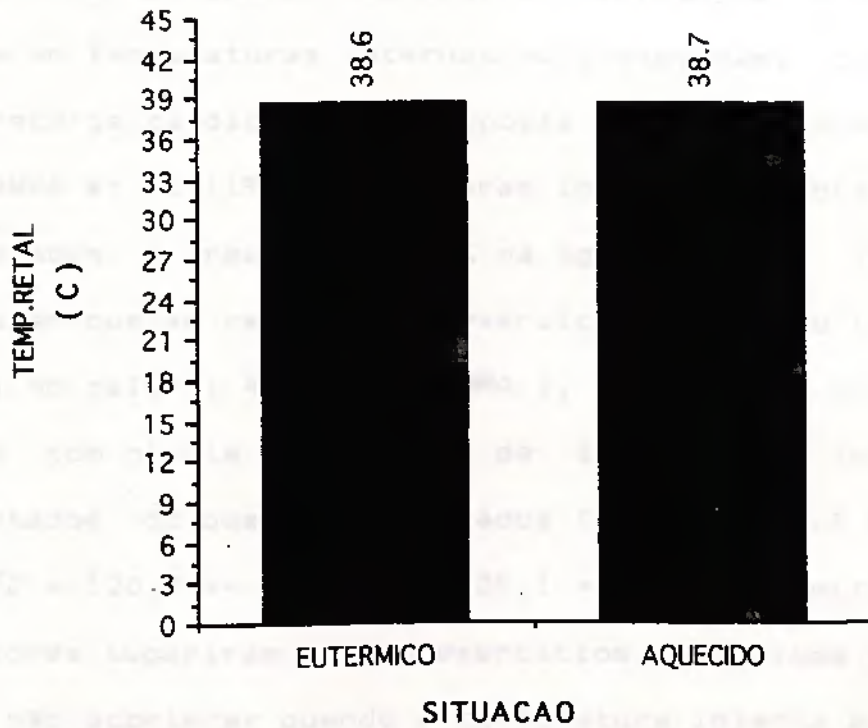


GRÁFICO.9

(retal) alcançaram valores entre 38,5 e 39,2 °C. A autora concluiu que o exercício realizado sob estresse hipertérmico é menos tolerado quando não ocorre reidratação, e que isto se reflete em temperaturas internas mais elevadas, consequência da sobrecarga cardiovascular imposta pela hipertermia.

SAWKA et al (1992) compararam indivíduos hidratados com desidratados (redução de 8% na água corporal total) e observaram que ao realizar um exercício submáximo (45 % VO₂ máx.) no calor (49 °C, 20% URA), a exaustão ocorreu mais cedo e com níveis mais baixos de temperatura interna nos desidratados do que nos hidratados (55,3 ± 35,1 min; 38,7 ± 0,7 °C e 120,7 ± 41,5 min ; 39,1 ± 0,3 °C respectivamente). Os autores sugeriram que em exercícios submáximos a exaustão parece não acontecer quando a temperatura interna é igual ou menor que 38 °C e que, geralmente, ocorre antes da temperatura interna atingir 39,5 °C. Este limite inclui os achados do presente estudo e está de acordo com o sugerido por HUBBARD & ARMSTRONG (1989) que, revisando os efeitos da hipertermia sobre o organismo, propuseram que a exaustão induzida pelo calor ocorre geralmente quando a temperatura interna do indivíduo encontra-se próxima a 39 °C e que neste momento a maioria dos indivíduos não é mais capaz de continuar a atividade física. Cabe salientar que no presente estudo, o limite de Tre alcançado no momento da exaustão (38,6 °C), foi ainda menor que o que vem sendo citado na literatura.

Em contrapartida, BERGH & EKBLÖM (1979) realizaram um

estudo no qual avaliaram os efeitos da realização de uma atividade física em ambiente termoneutro até a exaustão com temperaturas corporais diferentes, sobre o tempo total de exercício, frequência cardíaca, ventilação pulmonar e PSE, e não encontraram diferenças significativas no TTE, quando compararam a situação com temperatura interna normal ($T_{\text{esôfago}} = 37,7^{\circ}\text{C}$) com a situação com temperatura interna elevada ($T_{\text{esôfago}} = 38,4^{\circ}\text{C}$). Concluíram que temperaturas internas elevadas não afetam o desempenho físico (TTE) nem a PSE em atividades com duração variando de 3 a 8 minutos, apesar de aumentarem o $\dot{V}O_2$ e a frequência cardíaca.

As modificações fisiológicas trazidos por temperaturas corporais elevadas para o desempenho físico, como observado neste trabalho e nos demais apresentados, podem ser explicados por alguns mecanismos fisiológicos. Durante a realização de um exercício físico há um aumento na atividade muscular acompanhada por um aumento no consumo de oxigênio. Moléculas de ATP são quebradas e energia é liberada. Grande parte desta energia não é transformada em trabalho mecânico ou celular, sendo cedida sob a forma de calor para as células adjacentes à musculatura ativa, que incluem outros tecidos musculares, tecidos conectivos e células e fluidos da corrente sanguínea. Sendo assim, o sangue que perfunde a musculatura ativa é aquecido pelo calor metabólico local, e transmite este calor para outras regiões do organismo, elevando consequentemente a temperatura interna (HAYMES &

WELLS, 1986).

Para evitar que a temperatura interna se eleve para níveis intoleráveis, é necessário que este calor seja dissipado do nosso organismo. A dissipação de calor pelo nosso organismo depende em grande parte da evaporação de suor na pele, e também da circulação cutânea, pois é através do sangue que o calor é levado até a superfície do nosso corpo (TRIPATHI, MACK & NADEL, 1990). Durante a realização de exercícios em condições de estresse hipertérmico (temperatura corporal elevada), há necessidade de aumentar o fluxo sanguíneo para a periferia para que o calor interno seja dissipado, o que cria uma competição entre o fluxo de sangue disponível entre a musculatura esquelética ativa e a pele (SMOLANDER et al, 1986). Esta competição impõe conseqüentemente um trabalho adicional para o sistema cardiovascular, que se reflete, como observado no presente estudo, em aumentos significativos na frequência cardíaca (SAWKA & WENGER, 1988).

Além dos efeitos indiretos, a temperatura corporal elevada exerce influência direta sobre a frequência cardíaca. Aumentos na temperatura corporal causam aumentos diretos na frequência cardíaca, provavelmente porque o calor aumenta a permeabilidade da musculatura cardíaca aos íons, resultando em uma aceleração no processo de auto-excitação cardíaca (GUYTON, 1991). De acordo com BERNE & LEVY (1992), a força de contração do coração é aumentada temporariamente por uma

elevação moderada na temperatura, entretanto, elevações prolongadas da temperatura corporal levam à exaustão dos sistemas melabólicos do coração, causando fadiga. Somando-se aos efeitos indiretos os efeitos diretos da elevação da temperatura sobre o sistema cardiovascular, supomos terem sido este conjunto de fatores, fundamentais para a interrupção antecipada do exercício na situação AQUECIDO. Como destacado por HAYMES & WELLS (1986) a habilidade de tolerar exercícios físicos sob estresse hipertérmico é provavelmente mais determinada pela eficiência individual do sistema cardiovascular, do que por qualquer outro parâmetro fisiológico.

Outro fator que pode ter contribuído, neste estudo, para a interrupção precoce do exercício na situação AQUECIDO, é que, quando a atividade física é realizada em condições de temperatura corporal elevada, parece haver um aumento no percentual de contribuição do metabolismo anaeróbio, concorrendo para que haja uma elevação significativa no acúmulo de ácido láctico, levando à instalação antecipada da fadiga (KING et al, 1985 ; BERGH et al, 1986). Para YOUNG (1990) esta mudança do metabolismo aeróbio para o anaeróbio nos exercícios realizados sob estresse hipertérmico, deve-se à hipóxia tecidual nos músculos ativos, em decorrência da redistribuição de sangue para os vasos cutâneos para dissipar calor, diminuindo assim a perfusão na musculatura em atividade.

Cabe aqui também destacarmos outro fator a que se pode atribuir o menor tempo de exercício na situação AQUECIDO. Foi observado, neste estudo, que quando realizaram o exercício com a temperatura interna previamente elevada, os indivíduos perceberam o exercício como mais intenso em um mesmo momento no tempo, quando comparado com a situação sem elevação prévia da temperatura interna. Isto foi demonstrado por notas da PSE significativamente mais altas ($p \leq 0,05$) na primeira situação. De acordo com ENOKA & STUART (1992) tanto um aumento na percepção do esforço quanto uma falha na produção de força estão associados com o impedimento no desempenho motor, sendo pois ambos fatores considerados essenciais no processo de instalação da fadiga. FORTNEY & VROMAN (1985) sugerem que os efeitos prejudiciais da hipertermia sobre o sistema cardiovascular durante a realização de exercícios submáximos prolongados, resultam entre outras coisas, em percepções subjetivas do esforço mais elevadas para uma dada intensidade de trabalho. Neste capítulo discutiremos, posteriormente, com mais detalhes, os resultados relacionados com a percepção subjetiva do esforço.

5.5 - Temperatura Retal (Tre)

Neste estudo, a temperatura interna dos indivíduos foi representada pela Tre. O limite de $39,5^{\circ}\text{C}$ para a Tre foi utilizado como um dos parâmetros para a interrupção do exercício (SAWKA et al, 1992), e apenas um dos voluntários alcançou este limite aos 34,5 minutos de exercício na situação AQUECIDO.

A análise dos resultados encontrados para a temperatura retal mostrou que para todos os momentos do exercício, a Tre foi mais alta ($p \leq 0,05$) na situação AQUECIDO. Além disso, o comportamento das curvas da Tre ao longo do tempo foi diferente para as duas situações experimentais, o que sob o ponto de vista fisiológico é importante.

A elevação da temperatura do interior do nosso organismo reflete o desequilíbrio entre o calor que está sendo produzido metabolicamente pelos tecidos ativos, e a perda de calor para o ambiente, isto é, o calor metabólico gerado na contração muscular esquelética que não foi dissipado. Segundo SAWKA & WENGER (1988), durante um exercício dinâmico a temperatura interna eleva-se rapidamente no início do exercício e vai aumentando com menor rapidez até que a perda de calor se iguale à produção, e valores estáveis sejam alcançados. O que pudemos observar neste estudo (GRAF.4) foi que na situação AQUECIDO a temperatura interna (Tre) permaneceu com valores estáveis até os 12 minutos de

exercício, tornando-se diferente do primeiro minuto somente no minuto 15. O comportamento da Tre nesta situação mostra que, quando iniciaram o exercício com a temperatura interna previamente elevada para $38,5^{\circ}\text{C}$, os indivíduos já iniciavam o exercício com os mecanismos efetores de dissipação de calor ativados numa taxa suficiente para dissipar grande parte do elevado calor interno provocado pela imersão na água quente, que se somava ao calor metabólico produzido. Isto permitiu que nesta situação a temperatura interna dos indivíduos não aumentasse à medida que o exercício prosseguia, o que ocorreu somente a partir do 15º minuto, quando o equilíbrio entre perda e produção de calor deixou de existir. Uma vez que iniciavam o exercício com a Tre elevada, era necessário que os mecanismos efetores para perda de calor já estivessem bastante ativados pois, do contrário, em poucos minutos valores intoleráveis de temperatura interna poderiam ser alcançados, pois nesta situação os indivíduos iniciaram o exercício com a Tre com valores próximos àqueles considerados limitrofes para a realização de atividades físicas sob estresse hipertérmico (HUBBARD & ARMSTRONG, 1989; SAWKA et al, 1992).

Na situação EUTERMICO a Tre se comportou de maneira distinta da situação AQUECIDO, pois na primeira a Tre começou a elevar-se a partir do minuto 9 e continuou subindo ao longo do exercício , até alcançar no momento da fadiga valores similares aos da situação AQUECIDO. Isto mostra que nesta

situação, mais cedo que na situação AQUECIDO um desequilíbrio entre produção e perda de calor se instalou, pois nesta situação a transferência de calor para o meio externo não estava sendo tão facilitada quanto na situação AQUECIDO, na qual o elevado gradiente de temperatura entre o indivíduo e o meio externo facilitavam esta transferência. Podemos ilustrar numericamente esta diferença de comportamento da Tre entre as duas situações: na situação EUTERMICO a variação da Tre entre o 1º e o 15º minuto foi de $0,425^{\circ}\text{C}$, enquanto que a variação foi de $0,135$ para a situação AQUECIDO. Se analisarmos esta variação da Tre em função do tempo, veremos que a taxa de elevação da Tre foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) para a situação EUTERMICO ($0,028^{\circ}\text{C}/\text{min}$) comparada com a situação AQUECIDO ($0,009^{\circ}\text{C}/\text{min}$).

Cabe aqui, enfatizar que embora o comportamento da Tre tenha sido diferente entre as situações EUTERMICO E AQUECIDO, os valores da Tre ($38,6 \pm 0,35^{\circ}\text{C}$ e $38,71 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$ respectivamente) não foram diferentes entre estas situações no momento da fadiga, que por sua vez ocorreu em média 27,9 % mais cedo na situação AQUECIDO, o que pode ser observado pelos GRAFS. 8 e 9. Como discutido no tópico anterior, os valores para Tre no presente estudo se encaixam na faixa de temperatura interna geralmente alcançada no momento da exaustão, que já foi sugerida e demonstrada por outros autores. Isto vem reforçar a idéia de que, embora negligenciada pela grande maioria dos pesquisadores da área,

a Tre seja juntamente com outros fatores também um importante parâmetro dentro dos mecanismos de instalação da fadiga.

5.6 - Temperatura Média da Pele (TMP)

Assim como observado com a Tre, a TMP foi significativamente maior ($P \leq 0,05$) em todos os momentos do exercício na situação AQUECIDO, quando comparado com a situação EUTERMICO, além de ter se comportado distintamente ao longo do tempo nestas duas situações. Se voltarmos ao GRAF.5, observaremos que na situação AQUECIDO a TMP eleva-se inicialmente e depois, a partir do 9º minuto tende a se estabilizar o que já não ocorre na situação EUTERMICO, na qual a TMP começa a elevar-se a partir do 6º minuto continuando assim ao longo do exercício. Sabendo que a temperatura da pele eleva-se à medida que o calor do interior do corpo é mandado para a periferia para ser dissipado (CLARK & EDHOLM, 1985) podemos explicar a diferença de comportamento da TMP ao longo do tempo entre as duas situações experimentais. Na situação AQUECIDO, a Tre permaneceu estável quase que durante todo o exercício, fazendo assim com que a TMP também alcançasse valores estáveis. Já na situação EUTERMICO, a Tre começou a elevar-se a partir do 6 minuto, e continuou ao longo do exercício, o que concorreu para a elevação contínua na TMP nesta situação. Comparando-se o

GRAF.4 (Tre) com o GRAF.5 (TMP), pode se notar a grande variação da TMP em relação à variação na Tre.

No presente estudo, o gradiente de temperatura entre a pele ($33,53^{\circ}\text{C}$) e o ambiente (21°C) na situação EUTERMICO era de $12,53^{\circ}\text{C}$, produzindo um grande potencial de resfriamento. Este valor foi maior para a situação AQUECIDO, sendo de $14,53^{\circ}\text{C}$ o que pode ter contribuído para a menor elevação da Tre ao longo do exercício nesta situação, quando comparado com a situação AQUECIDO.

5.7 - Temperatura Media do Corpo (TMC)

A TMC é calculada a partir da Tre e da TMP, através da fórmula de CONSOLAZIO (1963), apresentada no capítulo referente à metodologia. Uma vez que tanto a TMP como a Tre foram significativamente mais elevadas na situação AQUECIDO, era de se esperar que a TMC acompanhasse o mesmo comportamento das outras temperaturas. O resultado encontrado de TMC mais elevada ($p \leq 0,05$) na situação AQUECIDO é pois resultado da somatória dos efeitos da maior Tre na situação AQUECIDO, com os efeitos da maior TMP observada nesta situação.

Através de uma análise quantitativa da alteração da TMC nas duas situações experimentais, pode-se tentar explicar o comportamento da Tre e da TMP. Assumiu-se que tanto na

situação EUTERMICO, quanto na situação AQUECIDO, os indivíduos realizaram o trabalho no cicloergômetro com 20% de eficiência mecânica (McARDLE, KATCH & KATCH, 1986). O trabalho realizado foi em média de 212,19 watt para as duas situações. Sendo assim, 848,76 watt de calor estavam sendo liberados na realização deste trabalho. Este calor deveria ser dissipado para que a temperatura corporal não se elevasse exageradamente. Sabendo que 1 watt é igual a 1 j/s, calculamos a quantidade de calor produzido por minuto em Kj, e que foi igual a 50,92 Kj/min.

Multiplicando-se a massa corporal dos indivíduos pelo calor específico dos tecidos do corpo, isto é, pela quantidade de calor necessária para elevar em 1 C, 1 Kg de massa corporal (3,5Kj/Kg.°C), teremos a quantidade de calor necessária para se elevar a temperatura do corpo destes indivíduos em 1 °C (CLARK & EDHOLM, 1985), e que foi equivalente a 238,35 Kj/°C. Caso os indivíduos não estivessem perdendo calor para o ambiente, seriam necessários apenas 4,7 min para elevar a temperatura corporal destes indivíduos em 1 °C. No presente estudo isto não ocorreu, pois os indivíduos estavam perdendo calor para o meio externo.

Na situação EUTERMICO, a variação da TMC até os 15 minutos de exercício foi de 1,10 °C, correspondendo a uma taxa de aquecimento de 0,073 °C/min na TMC. Na situação AQUECIDO a variação da TMC até o minuto 15 foi de apenas 0,296 °C, sendo pois a taxa de elevação da TMC de 0,020

$^{\circ}\text{C}/\text{min}$, que foi significativamente menor ($p \leq 0,05$) que na situação EUTERMICO. Sabendo-se que se o calor não estivesse sendo dissipado 4,7 min seriam suficientes para elevar a temperatura em 1°C , a cada minuto então a temperatura estaria se elevando em $0,213^{\circ}\text{C}$. Isto significa que 238,35 KJ seriam armazenados em 4,7 min ou seja, que 50,71 KJ seriam armazenados no corpo a cada minuto. Entretanto, como vimos, na situação EUTERMICO até os 15 minutos de exercício a TMC se elevou em $0,073^{\circ}\text{C}$ a cada minuto. Como se o calor não estivesse sendo dissipado esta elevação seria de $0,213^{\circ}\text{C}/\text{min}$, então $0,140^{\circ}\text{C}$ estavam sendo dissipados pelo corpo a cada minuto. Isto é 33,37 KJ estavam sendo dissipados por minuto, de forma que dos 50,92 KJ de calor que estavam sendo produzidos a cada minuto, 17,55 KJ de calor estavam sendo armazenados por minuto nesta situação. Na situação AGUECIDO a TMC se elevou em $0,020^{\circ}\text{C}/\text{min}$ até o minuto 15 de exercício. Fazendo os mesmos cálculos realizados para a outra situação, verificamos que na situação AGUECIDO, dos 50,92 KJ de calor produzidos a cada minuto, 46 KJ estavam sendo dissipados e apenas 4,92 KJ (em contraste com os 17,55 KJ da situação EUTERMICO) estavam sendo armazenados a cada minuto. Isto nos leva a entender mais claramente as diferenças no comportamento das temperaturas retal e média da pele, observadas entre as duas situações experimentais.

Como pôde ser observado, começar o exercício com a temperatura interna elevada facilitou a dissipação de calor

para o meio ambiente, o que a primeira vista pode levar a sugestão de que isto seria um benefício para o desempenho. Entretanto, iniciar o exercício com a temperatura elevada neste estudo resultou em maior trabalho cardíaco e notas mais elevadas da PSE desde o início do exercício, o que evidencia a ação prejudicial do aquecimento corporal para o desempenho.

5.8 - Frequência Cardíaca (FC)

Os achados do presente estudo nos mostraram que a o comportamento da FC ao longo do exercício foi similar para as duas situações (EUTERMICO e AQUECIDO), isto é a FC aumentava com o passar do tempo de exercício, uma resposta esperada já que é sabido que durante o exercício a FC aumenta linearmente com o tempo para atender às necessidades metabólicas dos músculos ativos (McARDLE, KATCH & KATCH, 1986). Entretanto, verificamos também que a qualquer momento do exercício a FC foi significativamente ($p \leq 0,05$) maior na situação de temperatura interna elevada, situação AQUECIDO do que na situação EUTERMICO, resposta ao maior estresse presente na primeira situação, o que significou uma maior atividade metabólica do organismo. Vale enfatizar, que na situação AQUECIDO, em decorrência da elevação da temperatura interna nesta situação, os indivíduos já

iniciaram o exercício com a FC significativamente ($p \leq 0,05$) mais elevada que na situação EUTERMICO, e que esta resposta, foi mantida ao longo do exercício, o que nos leva a conclusão de que estes valores de FC mais elevados na situação AQUECIDO, tenham sido reflexo da adaptação do sistema cardiovascular para manter a temperatura corporal dos indivíduos em níveis compatíveis com a homeostase.

Foi proposto por FORTNEY & VROMAN (1985), que em ambientes com temperatura abaixo de 32 a 34°C, situação esta, na qual foi realizado o presente estudo, o principal método para a liberação de calor para a pele, e desta para o meio externo, é o aumento do fluxo sanguíneo para a pele, que aumenta proporcionalmente à temperatura corporal. Este aumentado fluxo sanguíneo para a pele ocorre segundo NADEL et al (1979), graças à diminuição da resistência dos vasos, abrindo novos leitos de capilares na pele e também pela dilatação das veias cutâneas. Esta venodilatação cutânea aumenta o tempo de contato do sangue aquecido, vindo do interior do corpo, com os tecidos superficiais, permitindo desta maneira um intervalo de tempo maior para que o calor seja transferido do sangue aquecido para a pele mais fria (HARRISON, 1986).

Ao estudar os efeitos do calor sobre a concentração de lactato, a PSE e a FC, BERGH et al (1986) compararam estas respostas durante exercício progressivo (15 min. a 75 W, 5 min a 135 W, 185 e 215 W) em dois ambientes distintos: 15 e

45°C , e verificaram que para qualquer potência de trabalho a FC foi mais elevada no ambiente de 45°C. Observaram também que para qualquer potência, a concentração de lactato foi também mais elevada no ambiente quente (45°C). Os autores atribuíram esta resposta à provável competição imposta pela demanda metabólica de sangue, e a aumentada demanda termorregulatória de sangue para a pele, que refletiu-se na elevada FC observada no ambiente quente.

Embora não se tenha acompanhado o comportamento do lactato no nosso estudo, pode-se inferir que na situação AQUECIDO deste estudo os níveis de ácido láctico no sangue tenham sido maiores que na situação EUTERMICO, e que isto tenha ocorrido pelos mesmos motivos expostos por BERGH et al (1986), e o que teria contribuído no nosso estudo, junto com outros fatores, para o menor TTE observado na situação AQUECIDO. Tem sido mostrado na literatura que, a realização de exercícios sob o estresse térmico do calor leva a uma mudança do metabolismo aeróbio para o anaeróbio (YOUNG,1990), resultando em aumentos significativos nos níveis de lactato , levando à instalação precoce da fadiga (HUBBARD & ARMSTRONG, 1989; SMOLANDER et al, 1986; YOUNG et al, 1985). Segundo SAWKA & WENGER (1988) os níveis mais elevados de lactato sanguíneo, observados nos exercícios realizados no calor, em comparação com os realizados em ambientes neutros, deve-se provavelmente à hipóxia tecidual nos músculos ativos, decorrente da redistribuição de boa parte do fluxo sanguíneo para a pele,

no sentido de dissipar o calor metabólico produzido. Além disso, estes autores sugerem que sob condições de temperatura corporal elevada, possa haver uma predominância na utilização das fibras de contração rápida sobre as de contração lenta, sendo que estas primeiras derivam a maior parte da energia das fontes anaeróbias.

Assim como mostrado no presente trabalho que a elevação na temperatura corporal aumentou significativamente a FC durante o exercício, CLARK & EDHOLM (1985) observaram que quando a temperatura corporal é elevada, a frequência cardíaca aumenta em aproximadamente dez batimentos por minuto, para cada aumento de 1°C na temperatura.

Os achados do presente estudo contradizem os que foram apresentados por BERGH & EKBLÖM (1979), que estudaram o efeito de diferentes temperaturas internas (representada pela temp. do esôfago T_{es}) sobre o desempenho em um exercício até a exaustão, cuja intensidade permitia que a duração fosse de 3 a 8 minutos quando realizado em condições de temperatura corporal basal. O estudo constituiu-se da realização deste exercício em quatro situações distintas: 1) elevada ($T_{es} = 38,4^{\circ}\text{C}$); 2) normal ($T_{es} = 37,7^{\circ}\text{C}$); 3) baixa ($T_{es} = 35,8^{\circ}\text{C}$) e 4) muito baixa ($T_{es} = 34,9^{\circ}\text{C}$). Foram avaliados a FC, o $\dot{V}O_2$, a T_{es} , a VE e a PSE durante o exercício. Os autores observaram que as maiores FC ($p < 0,05$) ocorreram na situação de temperatura interna mais elevada quando comparada com todas as outras condições, que

não apresentaram diferenças entre elas. Entretanto, como não encontraram diferenças significativas entre o TTE entre a situação de temperatura elevada e a situação de temperatura normal, os autores concluíram que apesar de provocarem aumentos significativos na FC, temperaturas corporais elevadas não afetam o desempenho físico. No presente estudo a elevação da T_{re} para 38,5°C levou a aumentos significativos ($p \leq 0,05$) na FC e a uma diminuição de 27,9% no TTE, o que está em acordo com a sugestão de ROWELL (1974) de que a realização de exercícios prolongados em ambientes quentes, ou a realização de atividades físicas com a temperatura corporal elevada diminuem a tolerância ao exercício, e que isto se deve possivelmente à aumentada redistribuição de sangue para fora do volume central sanguíneo, ocasionando assim uma redução no débito cardíaco máximo, destinado ao exercício. Cabe salientar que no trabalho de BERGH & EKBLÖM (1979), o tempo de exercício variou de 3 a 8 minutos, e que exercícios que levam à fadiga neste curto espaço de tempo, são provavelmente realizados em uma intensidade acima do limiar anaeróbio (BROOKS & FAHEY, 1985). De acordo com o proposto por GREEN & PATLA (1992), quando os exercícios são realizados acima do limiar anaeróbio, a fadiga se instala principalmente devido a aumentos significativos nas concentrações de Pi (fosfatos inorgânicos) em proporção à redução na creatina-fosfato (CP), e alterações no pH em decorrência do acúmulo de ions H⁺, reflexo das elevações significativas no lactato.

Concluem que nos exercícios realizados acima do limiar anaeróbio, a acidose elevada causa uma grande depressão na habilidade do músculo em gerar força, na velocidade necessária nos exercícios nesta intensidade. CAFARELLI (1982) sugere que, em exercícios de alta intensidade (80% VO₂ máx.), a acidose pode ser de alguma forma responsável para os aumentos extremos nos processos sensoriais. Isto nos leva a sugerir que no trabalho de BERGH & EKBLDM (1979), a acidose metabólica tenha se superposto sobre os outros fatores determinantes da fadiga, como no caso a temperatura corporal, o que pode explicar a conclusão dos autores, de que elevações na temperatura corporal não afetam o desempenho nem a percepção do esforço.

Foi observado por SAWKA et al (1992), que indivíduos desidratados, no caso uma diminuição de 8% na água corporal total, apresentam frequências cardíacas mais elevadas para uma mesma intensidade de exercício (45% VO₂ máx.) realizado sob estresse hipertérmico (ambiente com 49°C de temp. e 20% de URA), quando comparados com indivíduos normalmente hidratados. Para evitar que houvessem diferenças entre os níveis de hidratação , no presente estudo os indivíduos foram orientados a manter a mesma ingestão de líquidos (exceto bebidas alcoblicas) no período de 24 horas que precedia as duas situações experimentais. Pela análise realizada a partir da variação do peso corporal dos indivíduos, antes e após o exercício, foi verificado que para as duas situações,

EUTERMICO e AQUECIDO, não houve diferença estatística entre a perda de líquido durante o exercício ($0,83 \pm 0,53$ Kg e $1,03 \pm 0,68$ Kg respectivamente), o que representou uma variação percentual no peso corporal de 1,47% para a situação AQUECIDO, e de 1,22% para a situação EUTERMICO, sendo que estes valores também não foram estatisticamente diferentes. Vale lembrar que na situação AQUECIDO, devido ao fato dos indivíduos serem submetidos à imersão no tanque com água a 40 C antes da realização dos exercícios, após a pesagem inicial e antes de iniciar a imersão, os indivíduos ingeriam 400 ml de água fria para minimizar a desidratação. A partir desta análise, podemos inferir que para as duas situações experimentais deste trabalho, os indivíduos encontravam-se em iguais níveis de hidratação, não sendo pois este fator um ponto diferencial para a resposta da FC.

Além destes efeitos indiretos da elevação da temperatura corporal sobre a frequência cardíaca, devemos também considerar um efeito direto do calor sobre o coração (WYSS et al, 1974), de modo que a temperatura elevada aumenta a permeabilidade da membrana cardíaca aos íons, resultando numa aceleração do processo intrínseco de auto-excitação cardíaca (GUYTON, 1991). Isto nos leva a sugerir que juntamente com os efeitos indiretos da elevação da temperatura sobre o sistema cardiovascular, este efeito direto do calor sobre o músculo cardíaco tenha contribuído neste estudo para as maiores FCs observadas na situação AQUECIDO.

5.9 - Percepção Subjetiva do Esforço (PSE)

Assim como nos estudos sobre a fadiga , os trabalhos referentes à PSE buscam identificar e discutir os fatores centrais e periféricos envolvidos nos seus mecanismos.

E interessante observar que tanto no caso da fadiga quanto na PSE, a maioria dos trabalhos existentes na literatura destina maior atenção para os fatores periféricos. Isto nos leva a questionar, se os mecanismos centrais são menos importantes que os periféricos, ou se a discussão mais acentuada sobre estes últimos, se deve à provável facilidade de entendimento e discussão destes mecanismos em relação aos centrais. Acreditamos que os mecanismos, tanto da fadiga quanto da PSE, deveriam ser estudados sem esta divisão em centrais e periféricos, pois não funcionam isoladamente, mas sim integrados pelo sistema nervoso central, para que uma resposta fisiológica e ou sensorial adequada seja desencadeada.

No que se refere à temperatura corporal, poucos são os trabalhos que discutem sua participação no processo da PSE, e os achados têm sido controversos. EKBLÖM & GOLDBARG (1971) foram os primeiros a propor a divisão dos fatores determinantes da PSE em centrais e periféricos, e não incluíram a temperatura corporal em nenhuma destas duas categorias. Dentro da classificação proposta por estes autores, os fatores centrais seriam aqueles ligados ao

sistema cardiovascular e respiratório e os fatores periféricos, aqueles ligados às sensações provenientes do músculos em atividade, ou seja, dos componentes neuromusculares. Uma década mais tarde, MIHEVIC (1981) propôs que, embora nos trabalhos relacionados com termorregulação as temperaturas interna e da pele fossem discutidas juntamente, no contexto da PSE a temperatura da pele deveria ser considerada como uma fonte local de informação sensorial e, em contrapartida, a temperatura interna deveria ser classificada como um fator central, devido à sua íntima relação com a demanda metabólica, não fazendo entretanto, como a maioria dos pesquisadores da área, qualquer ligação da PSE com o sistema nervoso central (SNC).

Ao contrário do observado no presente estudo, no qual os resultados mostraram que quando estavam em condições de hipertermia, os indivíduos perceberam o mesmo exercício realizado sob condições basais de temperatura interna, como mais intenso, o que foi evidenciado a partir do 3 minuto de exercício (GRAF.3), WATT & GROVE (1993), em recente revisão sobre a PSE, sugerem que a percepção do esforço não seja influenciada pelo estresse térmico do calor. Esta mesma sugestão foi feita por BERGH & EKBLÖM (1979), que estudaram o desempenho físico em atividades com duração entre 3 e 8 minutos, em diferentes níveis de temperatura interna (temperatura do esôfago). Após compararem os resultados obtidos na situação de temperatura interna elevada (38,4 °C),

com os da situação de temperatura interna basal (37,7 °C) e de temperatura interna baixa e muito baixa (35,8 e 34,9 °C respectivamente), estes autores concluíram que, como não encontraram diferenças significativas entre as situações estudadas , a PSE enquanto uma medida da fadiga central e periférica, parece ser independente da temperatura corporal. Entretanto, neste trabalho não foram apresentados os resultados referentes à PSE, o que dificulta a análise das conclusões. Além disso, quando comparamos o trabalho destes autores com o presente, verificamos que o tempo de exercício até a exaustão foi bem menor no primeiro (3 a 8 minutos), quando comparado com o deste estudo (30,74 e 42,64 minutos, respectivamente para as situações AQUECIDO e EUTERMICO). Isto leva a sugerir que em exercícios que levam à fadiga em um curto período de tempo, e, que estão provavelmente em uma intensidade acima do limiar anaeróbico, como no caso do trabalho de BERGH & EKBLÖM (1979), a elevada acidose metabólica possa se sobrepor aos outros fatores que concorrem para a determinação da PSE e da fadiga (GREEN & PATLA, 1992; CAFARELLI, 1982).

FORTNEY & VROMAN (1985), discutindo os efeitos do calor sobre o desempenho em exercícios submáximos, concordam com os achados do presente estudo ao sugerirem que, grandes e rápidas elevações das temperaturas interna e da pele durante exercícios realizados sob estresse hipertérmico, resultam em perdas elevadas de volume de plasma e, também, em uma maior

redistribuição de sangue do volume central em direção a periferia, e que ambos efeitos agem no sentido de reduzir o enchimento cardíaco, resultando em frequências cardíacas e percepções subjetivas do esforço mais elevadas para uma dada intensidade de exercício. Entretanto, estes autores também não discutem os possíveis mecanismos através dos quais a hipertermia leva a aumentos da PSE.

KAMON, PANDOLF & CAFARELLI (1974) ao contrário do presente trabalho, concluíram que a PSE não foi afetada pelas alterações sofridas pela temperatura retal e da pele, em decorrência da realização de um exercício submáximo (40% do $\dot{V}O_2$ máx.) no calor (44 e 54°C). Os autores não encontraram correlações significativas entre a PSE e as temperaturas retal e da pele. Entretanto, não está explicitado no trabalho destes autores, se as correlações foram feitas com os resultados obtidos no ambiente quente, no neutro (24°C), ou se os dados de ambos ambientes foram combinados para a correlação, o que dificulta a interpretação do resultados.

SKINNER et al (1973) estudaram a percepção do esforço de indivíduos magros e obesos em um exercício progressivo (aumentos de 150 Kgm/min a cada 2 minutos) realizado até a exaustão, sob diferentes condições ambientais: ambiente neutro (24°C) e quente (32°C). Concluíram que para os indivíduos obesos, a PSE não foi afetada pelo calor. Entretanto, para um mesmo nível relativo de $\dot{V}O_2$, os indivíduos magros perceberam o exercício como mais intenso no

ambiente quente. Todavia, neste trabalho, não se acompanhou o comportamento da temperatura corporal ao longo do exercício, o que permitiria investigar a relação entre a PSE e esta variável fisiológica. No presente estudo, os indivíduos estudados eram também magros (11,36% de gordura) e deram notas mais elevadas para a PSE, quando se encontravam com a temperatura corporal mais elevada (situação AQUECIDO) comparado com a situação controle (EUTERMICO). É interessante observar que, em sua revisão sobre a PSE, WATT & GROVE (1993) fazem referência ao trabalho de SKINNER et al (1973), como um dos trabalhos que conclui que a PSE é independente do estresse térmico do calor, ignorando a resposta encontrada com os indivíduos magros.

BROOKS & FAHEY (1985), embora também não tenham discutido os mecanismos fisiológicos envolvidos, concordam com os achados do presente estudo, ao sugerirem que , grandes elevações na temperatura corporal representam distúrbios diretos para o SNC (sistema nervoso central), podendo afetar a percepção subjetiva do esforço do indivíduo durante a realização de uma dada atividade física. Ao contrário do observado no presente estudo, PANDOLF et al (1972), observaram que, apesar da temperatura da pele e as notas da sensação térmica terem sido mais elevadas durante o exercício realizado no calor, comparado com o mesmo exercício realizado no ambiente neutro, as notas da PSE não foram afetadas significativamente. Concluíram que, embora os indivíduos

tenham sido capazes de perceber os estímulos do calor, refletidos em notas de sensação térmica mais elevadas, isto não se refletiu na PSE, levando à sugestão de uma dissociação entre a PSE e o estresse térmico imposto pelo calor.

MIHEVIC (1981) concordando com PANDOLF et al (1972), e com KAMON, PANDOLF & CAFARELLI (1974), sugere que, embora pareça razoável que a temperatura da pele seja ativamente monitorizada pelo indivíduo durante o exercício, a importância desta variável para a PSE parece não estar claramente estabelecida. Por outro lado, a autora sugere que, como a elevação da temperatura retal é acompanhada por elevações na PSE nos exercícios de alta intensidade, durante estes exercícios ou durante exercícios prolongados que provocam aumentos significativos na T_{re} , os processos que regulam a temperatura interna podem fornecer informações sensoriais para a PSE. Isto está de acordo com o presente trabalho, no qual verificamos que quando apresentavam temperaturas internas significativamente ($P \leq 0,05$) mais elevadas (situação AQUECIDO), os indivíduos deram notas também mais elevadas para a PSE. MIHEVIC (1981) não discute entretanto, assim como outros autores que investigaram a relação temperatura-PSE, quais seriam os mecanismos fisiológicos envolvidos na regulação da temperatura corporal, que estariam relacionados com o controle da percepção do esforço.

Os achados deste trabalho com relação à PSE confirmam a

hipótese inicial deste estudo, segundo a qual, a PSE seria mais alta na situação que os indivíduos iniciassem o exercício com a temperatura interna elevada (sit. AQUECIDO). Esta hipótese foi formulada baseando-se nos trabalhos que mostraram prejuízos no desempenho, e nas diversas respostas fisiológicas relacionadas ao exercício, quando realizado em condições de hipertermia. Hipotetizou-se que os efeitos do calor sobre as respostas fisiológicas durante o exercício poderiam influenciar a PSE, pois segundo BORG (1982) a percepção subjetiva do esforço é produto da integração de várias informações, incluindo os diversos sinais vindos dos músculos ativos e das articulações, dos sistemas cardiovascular e respiratório, e do sistema nervoso central.

Para a maioria dos pesquisadores da área, embora algumas alterações nos processos fisiológicos ou mesmo a externalização destes processos, possam ser diretamente percebidas durante o exercício, e, possam influenciar a percepção do esforço, a maneira pela qual as informações sensoriais são monitorizadas e integradas para determinar a PSE permanece ainda obscura (BORG, 1982; CARTON & RHODES, 1985; MIHEVIC, 1981; NOBLE et al, 1973). Entretanto, existem modelos teóricos a cerca do controle da PSE que vêm sendo discutidos, e nos levaram à discussão do papel da temperatura corporal na determinação da percepção do esforço.

Para ENOKA & STUART (1992), a PSE parece ser fortemente influenciada, se não totalmente dependente de comandos

motores corticofugais (que saem do córtex) gerados centralmente, e, que dão origem à descargas corolárias no córtex sensorial. Segundo estes autores, dentro desta perspectiva, a PSE pode ser considerada uma sensação derivada do componente corticopetal (que chega ao córtex) da descarga corolária projetada para o córtex sensorial. Segundo GUYTON (1991), além dos sinais sensoriais transmitidos da periferia para o cérebro, impulsos corticofugais são transmitidos na direção oposta, do córtex para as estações inferiores de retransmissão sensorial no tálamo, núcleos reticulares do tronco cerebral e medula espinhal, os quais controlam a sensibilidade do impulso sensorial. Os sinais corticofugais são inibitórios, de modo que, quando a intensidade do estímulo torna-se muito elevada, os sinais corticofugais diminuem automaticamente a transmissão nos núcleos de retransmissão. Cada via corticofuga começa no córtex, onde a via sensorial que ele controla termina. Deste modo, existe um controle de retroalimentação para cada via sensorial. De acordo com o autor, o princípio do controle sensorial corticofugal é utilizado por todos os diferentes sistemas sensoriais, e a inibição corticofuga mantém o sistema sensorial operando em níveis de sensibilidade, que não são tão baixos de modo que os impulsos sejam ineficazes, nem tão altos a ponto do sistema ser ultrapassado na sua capacidade de distinguir os padrões sensoriais.

ROBERTSON (1982), embora não tenha se aprofundado na

discussão deste assunto , como o fizeram ENOKA & STUART (1992), sugere que, apesar de não serem totalmente claros, os mecanismos através dos quais os sinais sensoriais são monitorizados e integrados para a determinação da PSE, envolvem provavelmente uma resposta multifatorial, a qual inclui respostas corolárias envolvendo a regulação do SNC (sistema nervoso central) ou a integração de diversos ajustes fisiológicos ao exercício.

ENOKA & STUART (1992) justificam o papel da descarga corolária na percepção do esforço, baseando-se na análise da perturbação do sistema em três níveis diferentes do eixo neural. Primeiramente, quando a força que um músculo pode exercer é experimentalmente reduzida (por exemplo, por fadiga, curarização, inibição dos moto-neurônios ou vibração do músculo antagonista), a PSE para uma dada tarefa aumenta em associação com o maior comando motor que o indivíduo deve gerar para atingir a força objetivada. Uma outra evidência é que, quando a excitabilidade de um conjunto de motoneurônios é experimentalmente aumentada (por exemplo, pela vibração de um músculo para gerar uma descarga excitatória no fuso), pode ocorrer uma diminuição no comando motor necessário e, conseqüentemente na percepção do esforço. A terceira e última evidência seria que, lesões intracranianas devido a "simple motor stroke" podem resultar em um enfraquecimento muscular, fazendo com que seja necessário um aumento nos comandos gerados centralmente, para atingir a ativação normal dos

moto-neurônios, e, mesmo quando estas lesões não produzem perda de sensação periférica, clinicamente detectável, o aumento nos comandos motores centrais levam a um aumento da PSE. Estas evidências dão suporte ao que foi proposto por CAFARELLI (1982), segundo o qual, a resposta sensorial aumenta com o aumento da intensidade de estímulo para a contração muscular. Em outras palavras, a PSE enquanto uma resposta sensorial, aumenta com o aumento do número de fibras musculares a serem recrutadas para a realização de uma tarefa. De acordo ainda com CAFARELLI (1982), a informação sensorial do que está sendo realizado pelos músculos, chega ao sistema nervoso central através de três possíveis mecanismos. O primeiro seria um mecanismo de pré-alimentação, através do qual uma cópia do fluxo motor que deixa o córtex motor, é simultaneamente transmitida para o córtex sensorial. O segundo seria um mecanismo de retro-alimentação, no qual o fluxo aferente vindo dos receptores periféricos nos músculos, transmitiriam informações a cerca da contração muscular para o córtex sensorial, e, por fim, um terceiro no qual estariam presentes tanto a pré como a retro-alimentação. Através deste último mecanismo, o fluxo aferente vindo dos receptores periféricos, seria comparado à cópia da informação motora que saiu do córtex e que já teria sido transmitida para o córtex sensorial. Segundo o autor, pode-se inferir que a estimativa numérica da intensidade sensorial obtida durante o exercício (PSE), compreende elementos de pré e retro- alimentação, o

que esta de acordo com a proposta do papel da descarga corolária no controle da PSE (ENOKA & STUART, 1992; ROBERTSON, 1982). Conforme CAFARELLI (1982), a percepção do esforço pode exercer o papel essencial, de informar ao SNC sobre o estado geral do sistema muscular, e da habilidade do músculo de realizar as contrações desejadas. Sendo assim, o mecanismo pelo qual as informações sensoriais são integradas, seria um mecanismo de proteção, que se esforçaria para manter intacta a capacidade de locomoção, e outras contrações necessárias para a sobrevivência.

Baseando-se na teoria de que a PSE é uma sensação derivada da descarga corolária para o córtex sensorial, originada por comandos motores corticofugais (ENOKA & STUART, 1992 ; ROBERTSON, 1982), e que esta teoria está calcada na relação existente entre o padrão de recrutamento das fibras motoras e a PSE (CAFARELLI, 1982; ENOKA & STUART, 1992), podemos inferir que, qualquer fator que altere as respostas fisiológicas ao exercício, de modo a modificar o padrão de recrutamento das fibras motoras, ou que leve o músculo à fadiga, resultando na necessidade de um maior comando motor para a realização da tarefa desejada, resulte em alterações paralelas na PSE. Partindo do pressuposto que, durante exercícios intensos ou prolongados que provocam elevações significativas na temperatura interna, os processos que regulam a temperatura interna podem enviar informação sensorial para a PSE (BROOKS & FAHEY, 1985; FORTNEY &

VROMAN,1985 e MIHEVIC,1981), analisaremos como a elevação da temperatura corporal pode ter influenciado as respostas fisiológicas ao exercício, aumentando o comando motor necessário para a realização do mesmo, levando assim, como observado na situação AQUECIDO do presente estudo, à alterações significativas na PSE.

A vasodilatação exerce um importante papel na regulação da temperatura corporal durante o exercício, e durante o estresse do calor no repouso. Entretanto, este mecanismo efetor pode causar alguns problemas fisiológicos, e, para isso, alguns ajustes fisiológicos devem ser feitos. Um ajuste fisiológico à vasodilatação, é um aumento imediato no débito cardíaco (FORTNEY & VROMAN, 1985). Entretanto, segundo HAYMES & WELLS (1986), o retorno venoso de maneira geral diminui consideravelmente em resposta à vasodilatação que ocorre em função da elevação da temperatura corporal. Isto significa que o aumento da FC é o principal mecanismo para a manutenção de um débito cardíaco adequado, podendo a FC atingir valores próximos do máximo durante exercícios de baixa intensidade, ou durante a exposição ao calor no repouso. Este controle térmico do fluxo sanguíneo para a pele, é alcançado principalmente por mecanismos reflexos, envolvendo informações aferentes dos receptores de temperatura localizados tanto na pele, quanto no interior do nosso corpo. A integração desta informação ocorre no hipotálamo, que controla o sistema vasoconstritor, uma vez

que pode exercer efeito inibitorio ou excitatorio no centro vasomotor (FORTNEY & VROMAN,1985). A informação da elevação da temperatura corporal que chega ao hipotálamo, causa inibição dos centros simpáticos na porção posterior, que são responsáveis pela vasoconstrição, resultando então na vasodilatação (GUYTON,1991).

O aumento nos processos metabólicos, decorrentes da elevação da temperatura corporal, levam a aumentos significativos na FC, na ordem de 10 bpm para cada elevação de 1°C na temperatura corporal (CLARK & EDHOLM, 1985), além disso, como já discutido previamente, a elevação da temperatura corporal exerce também um efeito direto sobre o nódulo sino-atrial, elevando a FC (BERNE & LEVY,1992).

Baseando-se nas razões acima expostas, existem evidências suficientes na literatura mostrando que, a realização de exercícios sob condições de temperatura corporal elevada, levam a aumentos significativos na FC (BERNE & LEVY, 1992; DAWSON, PYKE & MORTON, 1989; FORTNEY & VROMAN, 1985; NADEL et al, 1979; ROWELL, 1974 e SAWKA et al, 1992), e que a tolerância ao exercício nestas condições deve-se principalmente ao nível de condicionamento do sistema cardiovascular do indivíduo (DAWSON, PYKE & MORTON, 1989; GUIMARAES, 1993 e HAYMES & WELLS, 1986). Existem evidências também, de que elevações na FC, quer sejam por elevações na temperatura corporal (HICKEY et al,1992; KAMON, PANDOLF & CAFARELLI,1974; RANDLE & LEGG,1985 e SKINNER et al, 1973;),

quer sejam por aumento na intensidade do exercício, (PANDOLF, BURSE & GOLDMAN,1975; PANDOLF,1978; PANDOLF,1982 e ROBERTSON,1982) levam a aumentos na PSE, embora haja questionamentos na literatura sobre a existência de uma relação de causa e efeito entre estas duas variáveis, (BERGH et al, 1986; CARTON & RHODES, 1985; MIHEVIC,1981; e RODRIGUES, 1992).

No presente estudo, o estresse combinado do exercício e da elevação prévia da temperatura retal para 38,5 C , levou a aumentos significativos na FC, de modo que para todos os momentos do exercício, a FC foi mais elevada na situação AQUECIDO do que na situação EUTERMICO. Esta mesma resposta foi observada para a PSE, a partir do terceiro minuto de exercício, o que contradiz a sugestão de CARTON & RHODES (1985) de que, alterações na FC decorrentes de elevações na temperatura corporal, não se refletem nas respostas sensoriais.

Sugerimos então, que no presente trabalho, as informações referentes à elevação da temperatura corporal levadas ao hipotálamo, após integradas geraram respostas eficazes no centro vasomotor, de modo que elevações na FC fossem desencadeadas. Além disso, na situação AQUECIDO, a FC estava significativamente elevada desde o final da imersão na água quente, sendo os efeitos do calor sobre a FC potencializados pela realização do exercício. Seguindo a concepção da PSE enquanto uma sensação derivada de uma

descarga corolária no cortex sensorial, pode-se então inferir que, os aumentos na FC observados na situação AQUECIDO para realizar o mesmo trabalho realizado na situação EUTERMICO, podem ter significado para o córtex sensorial, juntamente com outras informações vindas dos músculos em atividade e também do sistema respiratório, como um aumento necessário no comando motor para realizar o mesmo exercício, gerando então aumentos paralelos na PSE.

Com relação às informações vindas do sistema respiratório, outro fator que pode ter contribuído para as notas mais elevadas da PSE, observadas na situação AQUECIDO, é o possível aumento na ventilação nesta situação, em decorrência da elevação na temperatura interna. Embora por questões técnicas, as respostas ventilatórias não tenham sido acompanhadas neste estudo, existem evidências na literatura mostrando que aumentos na temperatura corporal levam a elevações significativas na ventilação (ARMSTRONG & PANDOLF, 1988; McARDLE, KATCH & KATCH, 1986 e PETERSEN & VEJBY-CHRISTENSEN, 1973). Parece existir um limite de temperatura corporal próximo a 38°C , acima do qual verifica-se hiperventilação, causada principalmente por alterações na concentração de íons H^{+} . Além disso existem também sugestões de que a hipertermia por si só, ou por interação com outros estímulos pode constituir um estímulo ventilatório adicional durante o exercício (PETERSEN & VEJBY-CHRISTENSEN, 1973). Segundo McARDLE, KATCH & KATCH (1986), o aumento da

temperatura corporal exerce efeito estimulante diretamente sobre os neurônios do centro respiratório, e, conforme MACLAREN et al (1989) a ventilação aumentada é um possível contribuinte para a percepção central do esforço. Esta relação existente entre a PSE e a ventilação tem sido evidenciada na literatura (NOBLE et al,1973 e ROBERTSON,1982), mesmo quando a ventilação foi manipulada experimentalmente pela realização dos exercícios em ambiente quente (KAMON, PANDOLF & CAFARELLI,1974 e PANDOLF et al,1972). Entretanto, existem sugestões de dissociação entre a PSE e a ventilação, a qual foi verificada por exemplo, com o uso de cafeína (RODRIGUES,1992).

Com base nas informações disponíveis na literatura (HAYMES & WELLS,1986; McARDLE,KATCH & KATCH,1986; PETERSEN & VEJBY-CHRISTENSEN,1973; ROWELL et al,1968; SAWKA & WENGER,1988 e YOUNG,1990), podemos inferir que na situação AQUECIDO do presente estudo, os níveis de lactato muscular e sanguíneo possam ter sido significativamente mais elevados que na situação EUTERMICO. De acordo com McARDLE, KATCH & KATCH (1988), a realização de um exercício submáximo sob condições de temperatura elevada, é, geralmente realizado com uma maior dependência do metabolismo anaeróbio, do que quando realizado em condições normais de temperatura. Isto resulta no acúmulo precoce de ácido láctico durante o exercício submáximo. PETERSEN & VEJBY-CHRISTENSEN (1973), sugerem que, quando o corpo se encontra com a temperatura elevada, mesmo

no repouso, os níveis de lactato no sangue são mais elevados. Além disso observam que, intensidades de exercício que não são capazes de alterar a concentração de lactato sanguíneo em condições normais de temperatura, levam a aumentos significativos no lactato quando o mesmo exercício é realizado no calor.

Este aumento significativo nos níveis de ácido láctico, observado durante exercícios submáximos sob condições de hipertermia, tem sido explicado por diversos mecanismos: por uma diminuição da retirada de lactato pelo fígado, devido à redução no fluxo de sangue hepático durante exercício submáximo realizado no calor (McARDLE, KATCH & KATCH, 1986 e ROWELL et al, 1968); pela redução do fluxo sanguíneo para os músculos ativos, em decorrência do aumento de fluxo de sangue direcionado para a pele para dissipar calor (SAWKA & WENGER, 1988; SAWKA et al, 1992; YOUNG, 1990); pela possível mudança no recrutamento das fibras musculares, de forma que no exercício sob condições de hipertermia possa haver um aumento no recrutamento das fibras de contração rápida, que, por sua vez, derivam maior parte do total da energia que gastam das vias anaeróbicas, além de gastarem para realizar a mesma contração, uma quantidade de energia maior do que a gasta pelas fibras de contração lenta, (SAWKA & WENGER, 1988; YOUNG et al, 1985).

Tem sido também mostrado na literatura, o papel do lactato enquanto um fator importante para a determinação da

PSE (BERGH et al,1986; HETZELER et al, 1991 e PANDOLF,1982), e que a sensibilidade à percepção do esforço parece ser maior acima do limiar anaeróbio (HILL, CURETON & COLLINS, 1989). Embora ainda não se saiba com precisão, os mecanismos através dos quais níveis elevados de lactato influenciam a PSE, existem sugestões de que a acidose metabólica resultante do aumento dos níveis de lactato no músculo, ajam como um estímulo para as terminações nervosas livres no músculo, aumentando assim as sensações de desconforto e dor nos músculos em atividade (MIHEVIC,1981 e PANDOLF,1978).

Considerando-se que as informações referentes aos níveis de lactato no músculo são enviadas para o córtex motor e, corolariamente deste para o córtex sensorial, podemos inferir que na situação AQUECIDO do presente trabalho, em função da temperatura corporal elevada, níveis de lactato possivelmente mais elevados, possam ter contribuído para os aumentos observados na percepção do esforço.

Como conclusão, pode-se então sugerir que, a elevação prévia da temperatura interna para 38,5 °C, tenha provocado modificações nas respostas fisiológicas ao exercício realizado, de modo a representar um maior esforço para a realização do mesmo exercício em condições basais de temperatura interna, e que estas informações tenham sido enviadas corolariamente do córtex motor para o sensorial, resultando através de mecanismos ainda não totalmente esclarecidos, em um aumento na percepção do esforço

necessário para a execução desta tarefa

CAPITULO 6 - CONCLUSÕES

Após o término deste trabalho, concluiu-se que a realização do exercício submáximo com a temperatura interna previamente elevada provocou o aparecimento precoce da fadiga, representada por uma redução de 27,9% no tempo total de exercício.

A elevação prévia da temperatura parece ter também provocado modificações na resposta sensorial ao trabalho realizado, uma vez que notas da percepção subjetiva do esforço (PSE) mais elevadas foram observadas durante o exercício realizado nestas condições.

O exercício submáximo realizado por um tempo prolongado com níveis elevados de temperatura interna representa um trabalho adicional para o sistema cardiovascular, e parece interferir nos processos de termorregulação, manifestados por níveis significativamente elevados de frequência cardíaca e por maiores temperaturas corporais (interna, média da pele e média do corpo) durante o exercício.

CAPITULO 7 - ANEXOS

7.1 - ANEXO A

Consentimento

Eu,,

após ter sido informado dos objetivos, da metodologia e de todo o procedimento técnico a ser utilizado no estudo intitulado "Efeitos da elevação da temperatura interna sobre o tempo total de exercício, a percepção subjetiva do esforço e sobre as respostas termorregulatórias durante exercício realizado em ambiente termoneutro", e após ter lido o texto "Esclarecimentos gerais para este estudo", ofereço-me para participar do mesmo, em caráter totalmente voluntário, podendo, a qualquer momento, abandoná-lo por razões pessoais.

Belo Horizonte, .../.../..

Nome por extenso :

7.2 - ANEXO B

Recomendações

- Não ingerir bebidas alcoólicas nem fumar pelo menos por um período de 24 horas antes da realização de cada experimento.
- No café da manhã nos dias de coleta de dados, procurar comer um pão de sal (50 g) com manteiga ou queijo, e um copo de leite ou de yogurt.
- Procurar durante o período que estiver envolvido na coleta de dados, manter a mesma dieta.
- Procurar manter o mesmo padrão de atividade física durante o período de coleta de dados.
- Evitar fazer qualquer atividade física pelo menos por um período de 16 horas antes de cada experimento.
- Notificar a pesquisadora se estiver sentindo algum mal estar no dia do experimento.

7.3 - ANEXO C

Fichas para coleta de dados

NOME: _____

DATA: _____

Temperatura de bulbo úmido (C): _____

Temperatura de bulbo seco (C): _____

Umidade relativa do ar (%): _____

Pressão atmosférica (mm Hg): _____

Peso inicial (Kg): _____

Peso final (Kg): _____

Condição experimental:

() temp. interna basal () temp. interna = 38,5 C

Carga de trabalho na bicicleta (watts): _____

Peso (Kg): _____

Tempo (min)	Tretal (C)	Tbraço (C)	Tpeito (C)	Tperna (C)	Tcoxa (C)	F. C. (bpm)
repouso						
1						
3						
6						
9						
12						
15						
18						
21						
24						

NOME:

DATA:

Tempo (min)	PSE (nota)
1	
3	
6	
9	
12	
15	
18	
21	
24	
27	
30	
33	
36	
39	
42	
45	
Tempo Total de Exercício (TTE):	

1

3

6

9

12

15

18

21

24

27

30

33

36

39

42

45

Tempo Total de Exercício (TTE):

Nome:

Data:

Temperatura retal de repouso (C):

Frequência cardíaca de repouso (bpm):

Frequência cardíaca no início da imersão (bpm):

Frequência cardíaca no final da imersão (bpm):

Início da imersão:

Fim da imersão:

Tempo total de imersão (min):

Peso antes da imersão (Kg):

Peso após a imersão (Kg):

Minuto	Tretal (C)	Freq. cardíaca (bpm)
1		
3		
6		
9		
12		
15		
18		
21		
24		

* OBS: Nas fichas de coleta de dados, o tempo se estendia até a exaustão, sendo os tempos aqui apresentados, apenas exemplos.

Avaliação da composição corporal

Nome:

Data: Idade: Sexo:

Peso: Kg Altura m

Dobras cutâneas:

Peito mm Axilar média mm

Tríceps mm Biceps mm

Subescapular mm Abdominal mm

Supra-iliaca mm Coxa mm

Perna mm

Ficha de dados dos voluntários

Características Pessoais

Nome:

Idade:

Sexo:

Características Físicas

Peso (Kg):

Altura (cm):

Percentual de gordura (%):

Massa corporal magra (Kg):

Teste máximo de BALKE para cicloergometro

Consumo máximo de oxigenio (ml/Kg.min):

Potencia máxima alcançada (watts):

Frequencia cardíaca na potencia máxima (bpm):

TABELA 1

Valores individuais da Frequência cardíaca
situação EUTERMICO até a exaustão

Sujeito	Frequência Cardíaca (b.p.m.)													
	Tempo (min)													
	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
1	137	145	163	167	175	175	176	174	177	-	-	-	-	-
2	130	133	141	147	147	147	145	152	153	157	157	162	162	168
3	136	138	139	149	152	151	161	162	156	164	162	163	167	168
4	154	157	162	167	169	164	173	175	177	182	184	183	187	189
5	151	157	171	174	175	180	182	182	181	187	191	192	197	-
6	139	140	144	151	156	159	162	159	160	168	170	170	-	-
7	138	149	150	164	166	160	170	168	171	172	-	-	-	-
8	128	140	148	160	161	169	171	172	175	-	-	-	-	-
X	139.12	144.87	152.25	159.87	162.62	164.12	168.50	168.00	169.75	171.66	172.80	174.00	176.25	175.00
s	9.14	8.83	11.68	9.86	10.43	11.34	11.98	9.78	10.23	11.21	14.41	13.10	16.52	12.12

Sujeito	Frequência Cardíaca (b.p.m.)													
	Tempo (min)													
	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	164	164	164	165	165	167	167	169	-	-	-	-	-	
3	168	170	171	173	171	168	173	170	169	173	186	179	180	
4	190	189	196	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
X	174.00	174.33	177.00	179.33	168.00	167.50	170.00	169.50	169.00	173.00	186.00	179.00	180.00	
s	14.00	13.05	16.82	18.33	4.24	0.70	4.24	0.70	-	-	-	-	-	

TABELA 3

Valores individuais da Temp. Retal na situação EUTERMICO até a exaustão

Temperatura Retal (°C)																
Sujeito	Tempo (min)															
	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
1	37.3	37.3	37.4	37.5	37.7	37.8	38.0	38.1	38.3	-	-	-	-	-	-	-
2	37.3	37.3	37.4	37.5	37.6	37.8	37.9	38.0	38.0	38.2	38.3	38.4	38.5	38.7	38.8	38.8
3	37.2	37.2	37.2	37.3	37.4	37.6	37.8	37.9	38.0	38.0	38.2	38.2	38.2	38.2	38.3	38.4
4	37.3	37.3	37.3	37.4	37.5	37.6	37.7	37.8	37.9	37.9	38.0	38.1	38.2	38.2	38.3	38.4
5	37.5	37.4	37.5	37.6	37.7	37.8	37.9	38.0	38.1	38.2	38.3	38.5	38.6	-	-	-
6	37.1	37.1	37.2	37.2	37.3	37.4	37.5	37.6	37.6	37.8	37.8	38.0	-	-	-	-
7	37.2	37.2	37.3	37.4	37.6	37.8	38.0	38.2	38.4	38.6	-	-	-	-	-	-
8	37.5	37.5	37.6	37.8	37.9	38.0	38.2	38.3	38.5	-	-	-	-	-	-	-
X	37.30	37.28	37.36	37.46	37.58	37.71	37.87	37.98	37.10	37.11	38.12	38.24	38.37	38.36	38.46	38.53
s	0.14	0.12	0.14	0.18	0.18	0.18	0.21	0.22	0.29	0.28	0.21	0.20	0.20	0.28	0.28	0.23

Temperatura Retal (°C)													
Sujeito	Tempo (min)												
	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	38.9	39.0	39.1	39.1	39.2	39.2	-	-	-	-	-	-	-
3	38.5	38.6	38.6	38.7	38.7	38.7	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	-
4	38.5	38.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X	38.63	38.73	38.85	38.90	38.95	38.95	38.80	38.80	38.80	38.80	38.80	38.80	-
s	0.23	0.23	0.35	0.28	0.35	0.35	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 5

Valores individuais da Temp. Média da Pele na
situação EUTERMICO até a exaustão

Temperatura Média da Pele (°C)																
Tempo (min)																
Sujeito	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
1	33.06	33.18	34.34	35.29	35.71	35.74	35.72	35.36	35.21	-	-	-	-	-	-	-
2	31.75	32.10	33.26	34.12	34.20	34.25	34.52	34.82	34.82	34.83	34.84	34.68	34.65	34.59	34.64	34.69
3	32.13	32.22	32.36	32.97	33.52	34.06	34.32	34.59	34.66	34.81	34.85	34.84	34.77	34.62	34.51	34.49
4	32.16	32.21	32.57	33.19	34.55	35.11	35.37	35.50	35.46	35.39	35.35	35.25	35.31	35.20	35.19	35.27
5	32.24	32.29	32.57	33.14	33.78	34.21	34.34	34.30	34.33	34.34	34.30	34.23	34.32	-	-	-
6	32.06	32.12	32.50	33.64	34.43	34.71	34.89	35.05	35.05	34.88	34.69	34.57	-	-	-	-
7	32.93	33.29	33.81	34.38	35.10	35.42	35.61	35.72	35.67	35.67	-	-	-	-	-	-
8	32.71	32.90	33.12	34.32	35.17	35.49	35.58	35.63	35.70	-	-	-	-	-	-	-
X	32.38	32.54	32.94	33.81	34.56	34.87	35.04	35.12	35.11	34.99	34.81	34.71	34.76	34.80	34.78	34.82
s	0.463	0.499	0.645	0.793	0.739	0.655	0.596	0.517	0.492	0.472	0.377	0.374	0.412	0.344	0.361	0.405

Temperatura Média da Pele (°C)												
Tempo (min)												
Sujeito	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	34.63	34.56	34.44	34.16	34.25	34.11	-	-	-	-	-	-
3	34.58	34.51	34.54	34.51	34.57	34.55	34.53	34.41	34.38	34.40	34.39	-
4	35.17	35.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X	34.79	34.78	34.49	34.33	34.41	34.33	34.53	34.41	34.38	34.40	34.39	-
s	0.327	0.419	0.071	0.247	0.226	0.311	-	-	-	-	-	-

TABELA 7

Valores individuais da Temp. Média do Corpo na situação EUTERMICO até a exaustão

Temperatura Média do Corpo (° C)																
Tempo (min)																
Sujeito	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
1	35.90	35.94	36.39	36.77	37.04	37.12	37.25	37.19	37.28	-	-	-	-	-	-	-
2	35.47	35.58	36.03	36.38	36.48	36.63	36.78	36.95	36.95	37.09	37.16	37.17	37.23	37.34	37.43	37.44
3	35.53	35.56	35.60	35.87	36.12	36.43	36.65	36.81	36.90	36.95	37.09	37.09	37.07	37.02	37.05	37.11
4	35.60	35.62	35.74	36.01	36.53	36.78	36.93	37.04	37.09	37.07	37.12	37.16	37.25	37.21	37.27	37.37
5	35.76	35.71	35.87	36.13	36.41	36.61	36.72	36.78	36.85	36.93	36.98	37.09	37.19	-	-	-
6	35.44	35.46	35.65	36.02	36.35	36.51	36.64	36.76	36.76	38.04	36.77	36.87	-	-	-	-
7	35.79	35.91	35.82	36.40	36.77	37.01	37.21	37.38	37.50	37.63	-	-	-	-	-	-
8	35.92	35.98	36.12	36.65	37.00	37.17	37.33	37.42	37.58	-	-	-	-	-	-	-
X	35.68	35.72	35.90	36.28	36.59	36.78	36.94	37.04	37.11	37.42	37.02	37.08	37.18	37.19	37.25	37.31
s	0.191	0.190	0.265	0.323	0.323	0.285	0.285	0.264	0.308	0.742	0.157	0.121	0.081	0.161	0.191	0.174

Temperatura Média do Corpo (° C)												
Tempo (min)												
Sujeito	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	37.49	37.53	37.56	37.47	37.57	37.52	-	-	-	-	-	-
3	37.21	37.25	37.59	37.32	37.34	37.33	37.39	37.35	37.34	37.35	37.34	-
4	37.40	37.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X	37.37	37.43	37.57	37.39	37.45	37.42	37.39	37.35	37.34	37.35	37.34	-
s	0.143	0.154	0.021	0.106	0.163	0.134	-	-	-	-	-	-

Valores individuais da PSE na situação EUTERMICO até a exaustão

Sujeito	PSE (notas)															
	Tempo (min)															
	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
1	7	7	7	7	8	9	11	15	17	-	-	-	-	-	-	-
2	11	13	13	14	14	14	16	17	17	18	18	18	18	18	18	18
3	7	9	11	11	12	9	12	12	12	12	12	12	13	12	12	12
4	8	9	12	14	15	16	16	16	17	18	18	19	18	19	19	19
5	7	7	8	9	9	11	13	14	15	17	18	19	20	-	-	-
6	9	10	11	12	14	15	16	17	18	18	19	20	-	-	-	-
7	11	13	13	15	15	15	17	17	17	19	-	-	-	-	-	-
8	7	9	11	13	15	17	19	20	20	-	-	-	-	-	-	-
X	8.37	9.62	10.75	11.87	12.75	13.25	15.00	16.00	16.37	17.00	17.00	17.60	17.25	17.33	16.33	16.33
s	1.76	2.32	2.18	2.74	2.81	3.15	2.72	2.39	2.38	2.53	2.82	3.20	2.98	3.78	3.78	3.78

Sujeito	PSE (notas)											
	Tempo (min)											
	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	18	18	18	18	18	18	-	-	-	-	-	-
3	13	13	13	14	14	14	15	17	18	18	18	-
4	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X	17.00	17.00	15.50	16.00	16.00	16.00	15.00	17.00	18.00	18.00	18.00	-
s	3.60	3.60	3.53	2.82	2.82	2.82	-	-	-	-	-	-

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARMSTRONG, L.E. and PANDOLF, K.B. Physical training, cardiorespiratory physical fitness and exercise-heat tolerance. In: PANDOLF, K.B. et alli. Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes. 1st.ed. Indianapolis: Benchmark Press, 1988.
- ASMUSSEN, E. and BOJE, O. Body temperature and capacity for work. Acta Physiologica Scandinavica, v.10(1): 1-22, 1945.
- ASMUSSEN, E. Muscle fatigue. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.11: 313-321, 1979.
- ASTRAND, I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiologica Scandinavica, v.49: 1-88, 1960.
- BALKE, B. and WARE, R.W. An experimental study of physical fitness of air force personnel. U.S. Armed Forces Medical Journal, v.40: 675-685, 1959. In PINI, M.C. Fisiologia Esportiva, 2a. ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1983.
- BARTER, T.J. and FREER, P.C. Effect of temperature on handgrip holding time. British Journal of Sports Medicine, v.18(2): 91-95, 1984.
- BERGH, U. and EKBLDM, B. Physical performance and peak aerobic power at different body temperatures. Journal of Applied

Physiology, Respiration, Environment and Exercise Physiology, v.46(5): 885-889, 1979.

BERGH,U. , DANIELSSON,U. , WENNERBERG,L. and SJODIN,B. Blood lactate and perceived exertion during heat stress. Acta Physiologica Scandinavica, v.126: 617-618, 1986.

BERNE,R.M. and LEVY,M.N. Cardiovascular Physiology, 6th. ed., St. Louis, Missouri: Mosby, 1992.

BIRK,T.J. and BIRK,C.A. Use of ratings of perceived exertion for exercise prescription. Sports Medicine, v.4: 1-8, 1987.

BOOTH, F.W. and THOMASON,B. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. Physiological Reviews, v.71(2): 541-585, 1991.

BORG,G. Perceived exertion: a note on history and methods. Medicine and Science in Sports, v.5:90-93, 1973.

BORG,G. Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.14(5): 377-381, 1982.

BORG,G. , LJUNGGREN,G. and CECI,R. The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. European Journal of Applied Physiology, v.54: 343- 349, 1985.

- BORG,G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. Scandinavian Journal of Work, and Environmental Health, v.16 (suppl 1): 55-58, 1990.
- BOULANT,J.A. and DEAN,J.B. Temperature receptors in the central nervous system. Annual Review of Physiology, v.48: 639-654, 1986.
- BROOKS,G.A. and FAHEY,T.D. Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications, 1st. ed., New York, New York: Collier Macmillian, 1985.
- BURGESS,M.L. , ROBERTSON,R.J. , DAVIS,J.M. and NORRIS,J.M. RPE, blood glucose, and carbohydrate oxidation during exercise: effects of glucose feedings. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.23(3): 353-359, 1991.
- BURTON,A.C. and EDHOLM,O.G. Man in a cold environment. London: Edward Arnold Publishers, 1955.
- CAFARELLI,E. Peripheral contributions to the perception of effort. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.14(5): 382-389, 1982.
- CARLILE,F. Effect of preliminary passive warming on Swimming performance. The Research Quarterly, v.27(2): 143-151, 1956.
- CARTON,R.L. and RHODES,E.C. A critical review of the

literature on ratings scales for perceived exertion. Sports Medicine, v.2: 198-222, 1985.

CLARK, R.P. and EDHOLM, O.G. Man and His Thermal Environment. 1st.ed. London: Edward Arnold, 1985.

CONSOLAZIO, C.F. , JOHNSON, R.E. and PECORA, L.J. Physiological measurements of metabolic functions in man. McGraw-Hill, N.Y. , 414-436, 1963. In BASSET, J.R. , NAGLE, D.R. , MOOKERJEE, F.J. , DARR, K.C. , VOSS, S.G. and NAPP, J.P. Thermoregulatory responses to skin wetting during prolonged treadmill running. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.19(1): 28-32, 1987.

DAWSON, R. , PYKE, F.S. and MORTON, A.R. Improvements in heat tolerance induced by interval running training in the heat and in sweat clothing in cool conditions. Journal of Sports Sciences, v.7: 189-203, 1989.

DESCHAMPS, A., LEVY, R.D., COSIO, M.G., MARLISS, E.B. and MAGDER, S. Tympanic temperature should not be used to assess exercise induced hyperthermia. Clinical Journal of Sports Medicine, v.2: 27-32, 1992.

DEMELLO, J.J. , CURETON, K.J. , BOINEAU, R.E. and SINGH, M.M. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.19(4): 354-362, 1987.

- DI VICO, P.C. , OMOHUNDRO, E. and DUVILLARD, S.P. The effect of excess body weight on ratings of perceived exertion (RPE) and heart rate (HR) in obese individuals. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.24(5-supplement): S183, 1992.
- DUNBAR, C.C. , ROBERTSON, R.J. , BAUN, R. , BLANDIN, M.F. , METZ, K. BURDETT, R. and GOSS, F.L. The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.24(1): 94-99, 1992.
- EKBLOM, B. , GREENLEAF, C.J. , GREENLEAF, J.E. and HERMANSEN, L. Temperature regulation during exercise dehydration in man. Acta Physiologica Scandinavica, v.79: 475-483, 1970.
- EKBLOM, B. and GOLDBARG, A.N. The influence of training and other factors on the subjective rating of perceived exertion. Acta Physiologica Scandinavica, v.83: 399-406, 1971.
- ENOKA, R.M. and STUART, D.G. Neurobiology of muscle fatigue. Journal of Applied Physiology, v.72(5): 1631-1648, 1992.
- ESTON, R.G. The regular menstrual cycle and athletic performance. Sports Medicine, v.1: 431-445, 1984.
- ESTON, R.G. and WILLIAMS, J.G. Reliability of rating of perceived effort regulation of exercise intensity. British

Journal of Sports Medicine, v.22(4): 153-155, 1988.

FARIA, I.E. and DRUMMOND, B.J. Circadian changes in resting heart rate and body temperature, maximal oxygen consumption and perceived exertion. Ergonomics, v.25: 381-386, 1982.

FERREIRA, A.B.H. Pequeno Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, 11 edição, São Paulo, SP: Companhia Editora Nacional, 1973.

FORTNEY, S.M. and VROMAN, N.B. Exercise, Performance and Temperature Control: temperature regulation during exercise and implications for exercise and implications for Sports Performance and training. Sports Medicine, v.2: 8-20, 1985.

FORTNEY, S.M. , NADEL, E.R. , WENGER, C.B. and BOVE, J.R. Effect of blood volume on sweating rate and body fluids in exercising humans. Journal of Applied Physiology, v.51(6):1594-1600, 1981.

GIBSON, H. and EDWARDS, R.H.T. Muscular exercise and fatigue. Sports Medicine, v.2: 120-132, 1985.

GISOLFI, C.V. Temperature regulation during exercise: directions-1983. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.15(1): 15-20, 1983.

GONZALES, R.R. Biophysics of Heat Transfer and Clothing Considerations. In: PANDOLF, K.B. et alli. Human

Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes. 1st.ed. Indianapolis: Benchmark Press, 1988.

GREEN,H.J. and PATLA,A.E. Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations. Medicine and Science in Sports and Exercise,v.24(1): 38-46, 1992.

GUIMARAES,M.T. Respostas termorregulatórias durante exercício prolongado realizado sob estresse hipertérmico com e sem ingestão de água.Dissertação de mestrado no curso de Educação Física, Escola de Educação Física da UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, pp-141, 1993.

GUYTON, A.C. Textbook of Medical Physiology. 8th.ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1991.

HARRISON, M.H. Heat and Exercise - Effects on Blood Volume. Sports Medicine, v. 3: 214-223, 1986.

HAYMES,E.M. , BUSKIRK,E.R. , HODGSON,J.L. , LUNDEGREN,H.M. and NICHOLAS,W.C. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. Journal of Applied Physiology, v.36(5): 566-571, 1974.

HAYMES,E.M. and WELLS,C.L. Environment and Human Performance. 1st.ed. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1986.

HELLON,R. Thermoreceptors. In: SHEPHERD,J.T. and ABBOULD,F.M. Handbook of Physiology. Sec.1, vol.III.

Bethesda , American Physiological Society, 1983.

HETZLER,R.K. , SEIP,R.L. , BOUTCHER,S.H. , PIERCE,E. , SNEAD,D. and WELTMAN,A. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.23(1): 88-92, 1991.

HICKEY,M.S., FRANKE,W.D., HERBERT,W.G., WALBERG-RANKIN,J. and LEE, J.C. Opioid antagonism, perceived exertion and tolerance to exercise-thermal stress. International Journal of Sports Medicine, v.13(4): 326-331, 1992.

HILL,D.W. , CURETON,K.J. and COLLINS, M.A. Effect of time of day on perceived exertion at work rates above and below the ventilatory threshold. Research Quarterly for Exercise and Sport, v.60(2): 127-133, 1989.

HUBBARD,R.W, and ARMSTRONG,L.E. Hyperthermia: New Thoughts on an Old Problem. The Physician and Sports Medicine, v.17(6): 97- 113, 1989.

KAMON,E. , PANDOLF,K. and CAFARELLI,E. The relationship between perceptual information and physiological responses to exercise in the heat . Journal of Human Ergology, v.3: 45-54, 1974.

KELSO,T.B. , HERBERT,W.G. , GWAZDAUSKAS,F.C. , GOSS,F.L. and HESS, J.L. Exercise-thermoregulatory stress and increased

plasma B-endorphin / B-lipotropin in humans. Journal of Applied Physiology: Respiration, Environment and Exercise Physiology, v.57(2): 444-449, 1984.

KILBOM,A. , GAMBERALE,F. , PERSSON,J. and ANNWALL,G. Physiological and Psychological indices of fatigue during static contractions. European Journal of Applied Physiology, v.50: 179-193, 1983.

KING,D.S. , COSTILL,D.I. , FINK,W.J. , HARGREAVES,M. and FIELDING,R.A. Muscle metabolism during exercise in the heat in unacclimatized and acclimatized humans. Journal of Applied Physiology, v.59(5): 1350-1354, 1985.

KOSTKA,C.E. and CAFARELLI,E. Effect of pH on sensation and vastus lateralis EMG during cycling exercise. Journal of Applied Physiology, v.52: 1181-1185, 1982.

LANGENFELD,M.E. Glucose polymer ingestion during ultraendurance bicycling. Research Quarterly for Exercise and Sport, v.54(4): 411-414, 1983.

LJUNGGREN,G. and JOHANSSON,S. Use of submaximal measures of perceived exertion during bicycle ergometer exercise as predictors of maximal work capacity. Journal of Sports Sciences, v.6: 189-203, 1988.

MACLAREN, D.B.M.; GIBSON,H.; PARRY-BILLINGS,M. and EDWARDS,R.H.T. Exercise and Sport Science Reviews, v. :29-

66, 1989.

McARDLE, W.D. , KATCH, F.I. and KATCH, V.L. Exercise Physiology - Energy, Nutrition and Human Performance. 2nd.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1986.

MIHEVIC, P.M. Sensory cues for perceived exertion: a review. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.13(3): 150-163, 1981.

MORGAN, W.P. Psychological factors influencing perceived exertion. Medicine and Science in Sports, v.5: 97-103, 1973.

MUIDO, L. The influence of body temperature on performance in swimming. Acta Physiologica Scandinavica, v.12: 102-109, 1946.

NADEL, E.R. , CAFARELLI, R. , ROBERTS, M.F. and WENGER, C.B. Circulatory regulation during exercise in different ambient temperatures. Journal of Applied Physiology, Respiration, Environmental and Exercise Physiology, v.46: 430-437, 1979.

NIELSEN, M. Die regulation der korperemperatur bei muskularbeit. Skandinavian Archives of Physiology, v.79: 193-230, 1938, apud GISOLFI, C.V. Temperature regulation during exercise: directions-1983. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.15(1): 15-20, 1983.

NOBLE,B.J. , METZ,K.F. , PANDOLF,K.B. and CAFARELLI,E.
Perceptual responses to exercise: a multiple regression
study. Medicine and Science in Sports, v.5(2): 104-109,
1973.

NOBLE,B.J. Clinical applications of perceived exertion.
Medicine and Science in Sports and Exercise, v.14(5): 406-
411, 1982.

PANDOLF,K.B. , CAFARELLI,E. , NOBLE,B.J. and METZ,K.F.
Perceptual responses during prolonged work. Perceptual and
Motor Skills, v.35: 975-985, 1972.

PANDOLF,K.B. and NOBLE,B.J. The effect of pedalling speed and
resistance changes on perceived exertion for equivalent
power outputs on the bicycle ergometer. Medicine and
Science in Sports, v.5: 132-136, 1973.

PANDOLF,K.B. , BURSE,R.L. and GOLDMAN,R.F. Differentiated
ratings of perceived exertion during physical conditioning
of older individuals using leg-weight loading. Perceptual
and Motor Skills, v.40: 563-574, 1975.

PANDOLF,K.B. Influence of local and central factors in
dominating rated perceived exertion during physical work.
Perceptual and Motor Skills, v.46: 683-698, 1978.

PANDOLF,K.B. Differentiated ratings of perceived exertion
during physical exercise. Medicine and Science in Sports

- and Exercise, v.14(5): 397-405, 1982.
- PARIZKOVA,J. and BUZINKOVA,P. Human Biology, v.16: 43, 1971.
In PARIZKOVA,J. Gordura Corporal e Aptidão Física.
Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1982.
- PETERSEN,E.S. and VEJBY-CHRISTENSEN,H. Effect of body
temperature on steady state ventilation and metabolism in
exercise. Acta Physiologica Scandinavica, v.89:342-351,
1973.
- PIVARNIK,J.M., MARICHAL,C.J., SPILLMAN,T. and MORROW,J.R.
Menstrual cycle phase affects temperature regulation during
endurance exercise. Journal of Applied Physiology, v.72(2):
543-548, 1992.
- PYKE,F.S. and SUTTON,J.R. Environmental Stress. In:
BLOOMFIELD, J. et alli. Textbook of Science and Medicine in
Sport. 1st.ed. Melbourn: Blackwell Scietific Publications,
1992.
- RAMANATHAN,N.L.. A new weighting system for mean surface
temperature of the human body. Journal of Applied
Physiology, v.19: 531-533, 1964.
- RANDLE,I.P.M. and LEGG,S.J. A comparison of the effects of
mixed static and dynamic work with mainly dynamic work in
hot conditions. European Journal of Applied Physiology,
v.54: 201-206, 1985.

- REILLY, T. and BAXTER, C. Influence of time of day on reactions to cycling at a fixed high intensity. British Journal of Sports Medicine, v.17: 128-130, 1983.
- RENNIE, D.W. Tissue heat transfer in water: lessons from the Korean divers. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.20(5-suppl.): S177-S184, 1988.
- ROBERTSON, R.J. Central signals of perceived exertion during dynamic exercise. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.14(5): 390-396, 1982.
- RODRIGUES, L.O.C. , RUSSO, A.K. , SILVA, A.C. , PIÇARRO, I.C. , SILVA, F.R.P.T., ZOGAIB, P.S.M. and SOARES, D.D. Effects of caffeine on the rate of perceived exertion. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v.23: 965-968, 1990.
- RODRIGUES, L.O.C. Estudo da ação da cafeína durante o exercício em seres humanos. Mecanismos da fadiga e percepção do esforço. Tese de Doutorado no curso de Biologia molecular, Escola Paulista de Medicina, São Paulo, pp-201, 1992.
- ROWELL, L.B., BRENGELMANN, G.L., BLACKMON, J.B., TWISS, R.D., and KUSUMI, F. Splanchnic blood flow and metabolism in heat-stressed man. Journal of Applied Physiology, v.24: 475-484, 1968.

- ROWELL,L.B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. Physiological Reviews, v.54(1): 75-159, 1974.
- SANTEE,W.R. and GONZALES,R.R. Characteristics of the thermal environment. In: PANDOLF, K.B. et alli. Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes. 1st.ed.Indianapolis: Benchmark Press, 1988.
- SAWKA,M.N. and WENGER,C.B. Physiological Responses to Acute Exercise-Heat stress. In: PANDOLF, K.B. et alli. Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes. 1st.ed.Indianapolis: Benchmark Press, 1988.
- SAWKA,M.N., YOUNG,A.J. , LATZKA,W.A. , NEUFER,P.D. , QUIGLEY,M.D. and PANDOLF,K.B. Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration. Journal of Applied Physiology, v.73(1): 368-375, 1992.
- SIDNEY,K.H. and SHEPHARD,R.J. Perception of exertion in the elderly, effects of aging, mode of exercise and physical training. Perceptual and Motor Skills, v.44: 999-1010, 1977.
- SILAMI-GARCIA,E. and HAYMES,E.M. Effects of repeated short-term cold exposures on cold induced thermogenesis of women. International Journal of Biometeorology, v.33: 222-226, 1989.

- SIMON,E. , PIERAU,F.K. and TAYLOR,D.C.M. Central and peripheral thermal control of effectors in homeothermic temperature regulation. Physiological Reviews, v.66(2): 235-300, 1986.
- SKINNER,J.S. , HUTSLER,R. , BERGSTEINDOVA,V. and BUSKIRK,E.R. Perception of effort during different types of exercise and under different environmental conditions. Medicine and Science in Sports, v.5(2): 110-115, 1973.
- SMOLANDER,J. , KOLARI,P. , KORHONEN,O. and ILMARINEN,R. Aerobic and anaerobic responses to incremental exercise in a thermoneutral and a hot dry environment. Acta Physiologica Scandinavica, v.128: 15-21, 1986.
- STEPHENSON, L.A. , KOLKA, M.A. and WILKERSON,J.E. Perceived exertion and anaerobic threshold during the menstrual cycle. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.14: 218-222, 1982.
- SWANK,A. and ROBERTSON,R.J. Effect of induced alkalosis on perception of exertion during intermittent exercise. Journal of Applied Physiology, v.67(5): 1862-1867, 1989.
- TRIPATHI,A. , MACK,G.W. and NADEL,E.R. Cutaneous vascular reflexes during exercise in the heat. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.22(6): 796-803, 1990.
- TRONE,D. , SUCEC,A. , POZOS,R., BISCHOFF,C. and LABRANCH, E.

- Effect of cooling on thermal sensation and perceived exertion during exercise in the heat. Medicine and Science in Sports and Exercise, v.24 (5-supplement): S153 (abstract).
- WATT,B. and GROVE,R. Perceived exertion. Antecedents and applications. Sports Medicine, v.15(4): 225-241, 1993.
- WILLIAMS,J.G. and ESTON,R.G. Determination of the intensity dimension in vigorous exercise programmes with particular reference to the use of rating of perceived exertion. Sports Medicine, v.8(3): 177-189, 1989.
- WYSS,C.R. , BRENGELMANN, G.L. , JOHNSON,J.M. , ROWELL,L.B. and NIEDERBERGER,M. Control of skin blood flow, sweating, and heart rate: role of skin vs. core temperature. Journal of Applied Physiology, v.36(6): 726-733, 1974.
- YOUNG,A.J. , SAWKA,M.N. , LEVINE,L. , CADARETTE,B.S. and PANDOLF, K.B. Skeletal muscle metabolism during exercise is influenced by heat acclimation. Journal of Applied Physiology, v.59(6): 1929-1935, 1985.
- YOUNG,A.J. Energy Substrate Utilization During Exercise in Extreme Environments. Exercise and Sport Sciences Reviews, v.18: 65-117, 1990.
- YOUSEF,M.K. Effects of climatic stresses on thermoregulatory processes in man. Experientia, v. 43: 14-19, 1987.