

**EFEITO AGUDO DA TERMOREGULAÇÃO NA OSCILAÇÃO CARDIOVASCULAR DURANTE EXERCÍCIO AERÓBICO – UM ESTUDO DE CASO****Lorena De Oliveira Alves<sup>1</sup>, Francisco Navarro<sup>1,2</sup>, Danilo Haun<sup>3</sup>****RESUMO**

O presente estudo laboratorial investiga o efeito da termoregulação na oscilação cardiovascular durante 45 minutos de exercício aeróbico em velocidade constante em temperatura ambiente entre 24 e 25°C com ausência de reposição hídrica. O objetivo da pesquisa foi analisar o comportamento da temperatura corporal, frequência cardíaca, lactato sanguíneo e pressão arterial, levando em consideração a perda hídrica durante a corrida em intensidade constante (aproximadamente 70% da velocidade de limiar anaeróbio). Desta forma, foi selecionado um indivíduo fisicamente ativo, praticante de triathlon de longa distância há mais de dois anos, com prática semanal mínima de três vezes e sem nenhuma patologia associada. Para o levantamento dos dados foram realizadas duas sessões de teste em esteira ergométrica (0% inclinação). Na primeira sessão, foi feito um teste máximo com equipamento de ventilometria, monitor cardíaco e coleta de lactato sanguíneo. Na segunda sessão, foram observadas as alterações fisiológicas durante corrida por 45 minutos em velocidade constante (71,4 % da velocidade de limiar anaeróbio). Os resultados encontrados apontam que apesar de ter sido verificado uma relação de linearidade entre frequência cardíaca e consumo de oxigênio até certo momento, não é válido pensar apenas na prescrição de treinamento através da frequência cardíaca para indivíduos atletas que buscam melhorar o rendimento. Conclui-se que mesmo em temperaturas ambientes adequadas, a perda hídrica em treinos de endurance faz com que o sistema cardiovascular realize ajustes importantes a fim de manter o débito cardíaco.

**Palavras-chave:** Oscilação cardiovascular, termoregulação, limiar anaeróbio.

1 – Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho – Fisiologia do Exercício: Prescrição do Exercício.

2 - Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

**ABSTRACT**

Acute effect of thermoregulation on cardiovascular drift during aerobic exercise – a case study -

This laboratory study investigates the effect of cardiovascular oscillations in thermoregulation during 45 minutes of aerobic exercise at a constant speed at room temperature between 24 and 25 °C with no fluid replacement. The research objective was to analyze the behavior of body temperature, heart rate, blood lactate and blood pressure, taking into account the water loss during the race at a constant intensity (approximately 70% of anaerobic threshold speed). Thus, we selected an individual physically active, practicing triathlon long distance for over two years, with a weekly circulation of at least three times and no associated pathology. For the data collection were two test sessions on a treadmill (0% incline). In the first session, a maximum test was done with oxygen gas analyzer equipment, heart monitor and blood lactate analyzer. In the second session, physiological changes were observed during the race for 45 minutes at a constant rate (71.4% of anaerobic threshold speed). The results show that despite having been found a linear relationship between heart rate and oxygen consumption to a certain point, the prescription of training for athletes seeking to improve performance doesn't have to be based in heart rate only. We conclude that even at ambient temperatures appropriate, the water loss in endurance training causes the cardiovascular system to perform major adjustments in order to maintain cardiac output.

**Key words:** Cardiovascular drift, thermoregulatory, anaerobic threshold, blood pressure.

Endereço para correspondência:  
lorealves@hotmail.com

3- Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Portugal

## INTRODUÇÃO

O presente estudo investiga o efeito da termoregulação e sua influência no comportamento cardíaco durante 45 minutos de exercício aeróbico com a velocidade constante em ambiente com a temperatura controlada em 24-25°C, sem reposição hídrica. É sabido que o exercício físico provoca importantes modificações no funcionamento cardíaco, e por conta disto, diversos estudos têm sido feitos para avaliar a variabilidade da frequência cardíaca (FC) em diferentes intensidades de esforço. Ao contrário da maioria dos estudos investigados, onde a análise da variabilidade da frequência cardíaca era feita por meio de eletrocardiograma, com a observação da diferença entre os intervalos RR, medido em ms (Araújo e colaboradores, 2005; Ribeiro e Moraes, 2005; Salgado e Fazan Jr, 2005), o presente estudo analisa a frequência cardíaca através do monitoramento cardíaco em batimentos por minuto (bpm), na tentativa de aproximar a avaliação feita por treinadores em testes de pista.

Portanto o objetivo da pesquisa foi encontrar o limiar anaeróbico através da ventilometria e lactacidemia, comparar os dois resultados e partindo destes, estabelecer uma velocidade de corrida para observar a influência da alteração da temperatura corporal e da perda hídrica no comportamento da frequência cardíaca e lactato sanguíneo durante a corrida em intensidade moderada. A partir destes resultados, fazer uma análise quanto à prescrição do exercício físico através do monitoramento da frequência cardíaca, observando se esta escolha pode subestimar o desempenho do atleta, já que estudos (Charkoudian e colaboradores, 2003; Marquezi e Lancha Jr, 1998; Coyle e González-Alonso, 2001; González-Alonso e colaboradores, 1998; Magalhães e colaboradores, 2001) indicam que o ritmo cardíaco também é alterado quando há perda de água do plasma sanguíneo.

O objetivo da pesquisa foi analisar o comportamento da temperatura corporal, frequência cardíaca, lactato sanguíneo e pressão arterial, levando em consideração a perda hídrica durante a corrida em intensidade constante (aproximadamente 70% da velocidade de limiar anaeróbico).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O elemento da amostra participou livre e espontaneamente do experimento após ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Para este estudo de caso, foi selecionado um indivíduo do gênero masculino de 38 anos, 1,75m de estatura. Durante a pesquisa o peso variou entre 76,2 ± 0,9 Kg. Para fazer parte da amostra foi escolhido um indivíduo fisicamente ativo, praticante de triathlon de longa distância há mais de dois anos, com frequência semanal mínima de três vezes por semana e sem nenhuma patologia associada.

A análise do experimento foi feita em duas sessões de teste. A primeira avaliação consistiu na realização de uma entrevista semi-estruturada para a coleta de dados básicos como histórico de saúde e atividade física; seguido de um teste máximo na esteira de marca Reebok através do protocolo de incremento contínuo de potência (3min/km) sem inclinação, partindo da velocidade 4km/h com aumento de 1km/h a cada 3 minutos até o pico de esforço. Foi utilizado um ventilômetro Flowmet da Micromed e transmissor de frequência cardíaca da marca polar, modelo T31 com registros a cada 10 segundos, para avaliar a capacidade cardiorrespiratória, determinar velocidade de limiar anaeróbico, a Frequência cardíaca máxima e o VO<sub>2</sub> máx. A Pressão arterial foi avaliada em repouso com esfigmomanômetro aneróide para adulto, calibrado pelo INMETRO. Para efeito comparativo do limiar anaeróbico, foi feita uma coleta do lactato sanguíneo na ponta dos dedos a partir do 6º estágio (velocidade 9km/h) até o pico de esforço (velocidade 15km/h) através do lactímetro Accutrend® Plus da Roche.

A duração do teste ocorreu até a sinalização de exaustão do atleta, por meio de pontuação na Escala de Borg (0-10).

A segunda sessão ocorreu após duas semanas do teste para análise das alterações fisiológicas durante 45 minutos de corrida em esteira com velocidade constante (aproximadamente 70% do limiar anaeróbico) sem inclinação.

Antes da sessão foram analisados: peso corporal, em balança digital Filizola, calibrada pelo INMETRO, pressão arterial, lactato sanguíneo e frequência cardíaca em

repouso. Os batimentos cardíacos foram analisados durante todo o teste, bem como a temperatura corporal, com registros a cada cinco minutos através do monitor de frequência cardíaca e termômetro axilar clínico digital à prova d'água da marca Incoterm modelo Termomed, com resolução de 0,1°C e erro máximo de identificação + 0,2°C.

Ao final desta sessão, o peso corporal foi novamente verificado para a análise da perda hídrica através da transpiração, comparando com o valor obtido antes do teste. Não houve controle em relação ao volume e intensidade dos treinos nos dias que antecederam o teste.

Para analisar os dados foi utilizada a estatística descritiva.

## RESULTADOS

A fim de encontrar uma velocidade ideal para analisar o comportamento da frequência cardíaca numa intensidade constante, foi realizado um teste máximo numa primeira sessão. Através da ventilometria e da coleta de lactato sanguíneo

foi encontrado o limiar anaeróbico do sujeito envolvido.

A obtenção dos dados individualizados através da ventilometria em ergômetro específico, possibilita uma melhor avaliação das respostas fisiológicas (Tabela 01), o que permite um ajuste adequado das cargas de treinamento aeróbico.

Na primeira sessão, foi detectado o  $VO_2$  máx de 53,51 ml/kg/min com velocidade de limiar ventilatório de 14 Km/h ( $VO_2= 50,18$  ml/kg/min), coincidindo com o resultado da lactimetria. A análise da frequência cardíaca máxima através do teste foi importante para analisar a intensidade do teste seguinte, uma vez que, atualmente, todas as fórmulas de previsão para a frequência cardíaca máxima contêm grandes erros padronizados de estimativa (ACSM, 2007). No caso do avaliado, esta diferença foi de 6 batimentos por minuto (bpm).

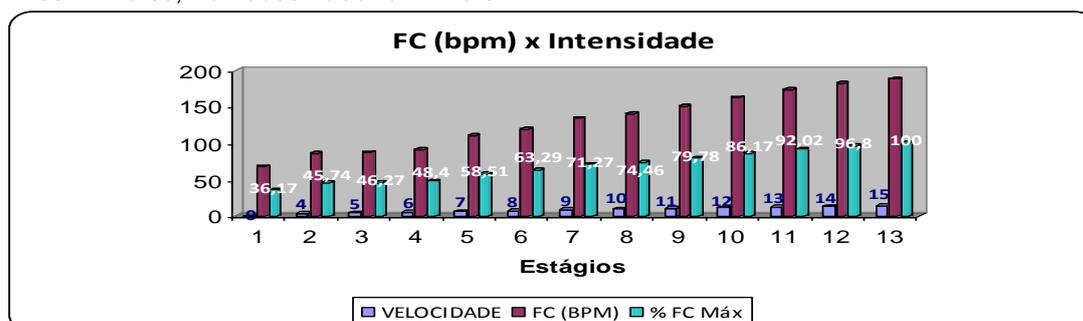
Estes resultados serviram de base para a determinação da velocidade da segunda sessão, na qual foi realizada uma corrida com velocidade de 10 Km/h (71,4% velocidade de limiar) do início ao fim do teste.

**Tabela 1.** Análise das variáveis fisiológicas ( $VO_2$  máx, velocidade de limiar anaeróbico, velocidade limiar ventilatório e frequência cardíaca max. atingida) – 1ª Sessão de teste

FC Repouso (bpm)	FC Sub. Prev. (bpm)	FC. Max. Prev (bpm)	FC Máx. obtida (bpm)	FC Limar (bpm)
68	155	182	188	182
$VO_2$ máx.Prev. (ml/kg/min)	$VO_2$ máx.obtido (ml/kg/min)	FAI (%)	Aptidão Cardioresp. (%)	$VO_2$ limiar (ml/kg/min)
46,36	53,51	-15,42	Excelente	50,18
Duração (mm:ss)	P.A. Repouso (mmHg)	Pot. Max. Obtida (W)	Pot. Limiar (W)	Vel.Limiar (Km/h)
34:59	128/80	653,6	569,4	14,0

Na primeira sessão de teste realizado com o protocolo de incremento contínuo de potência, com acréscimo de carga (1km/h) a cada três minutos, foi observado um maior

aumento na FC no transiente inicial do exercício, com um leve aumento até o pico de esforço.



**Gráfico 1.** Análise da Frequência Cardíaca em relação à intensidade máxima de esforço.

Analisando a Frequência cardíaca atingida ao final de cada estágio até o encerramento do teste, como observado no Gráfico 01, foi verificado que: ao sair do estágio de repouso (1) para a caminhada com velocidade de 4 km/h (estágio 2) houve um incremento significativo (9,57%) na frequência cardíaca em relação à máxima atingida. Nos dois estágios seguintes (3 e 4) não houve

muita alteração. Ao final do estágio 5, quando o atleta foi submetido a um leve trote 50,15% do VO<sub>2</sub> máx atingido, houve outro aumento significativo da frequência cardíaca (7,98%). Ao final do 11º estágio (vel.13km/h) até o 12º estágio (14km/h), quando foi atingido o limiar anaeróbico, a frequência manteve-se próximo da linearidade até o pico de esforço, como apresentado na Tabela 02.

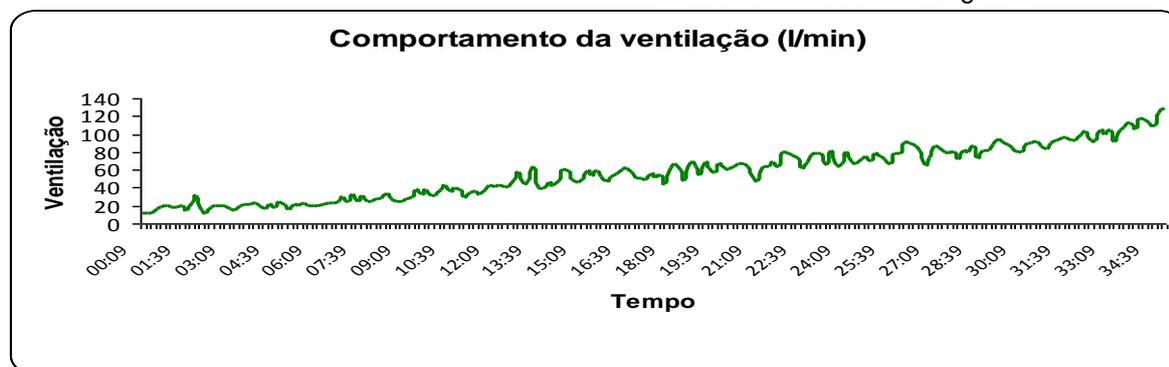
**Tabela 2** Comportamento da frequência cardíaca ao final de cada estágio, anteriormente ao incremento de carga (Vel.1km/h) e sua relação com a frequência cardíaca máxima atingida.

Estágio	Velocidade (Km/h)	FC (bpm)	% FC máx	Diferença entre os estágios (%)
1	Repouso	68	36,17	-
2	4	86	45,74	9,57*
3	5	87	46,17	0,53
4	6	91	48,4	2,13
5	7	110	58,51	10,11*
6	8	119	63,29	4,78
7	9	134	71,27	7,98*
8	10	140	74,46	3,19
9	11	150	79,78	5,32*
10	12	162	86,17	6,39*
11	13	173	82,02	5,85*
12	14	182	96,8	4,78
13	15	188	100	3,2

\* apresentou diferença significativa  $p < 0,05$ .

Durante o teste foi observado um aumento da ventilação (VE), com pequenas oscilações, desde o começo do exercício até o pico de esforço. Inicialmente, a ventilação aumentou de forma bastante gradual, pois a intensidade foi muito baixa (Caminhada em velocidade 4km/h - 31,4% do VO<sub>2</sub> máx atingido), se elevando de forma mais acentuada no meio do exercício, quando a corrida foi iniciada (velocidade 8km/h) até o limiar anaeróbico, quando aumentou de forma exponencial até o pico de esforço.

O aumento expressivo da ventilação no limiar anaeróbico (vel. 14km/h – 93,77% do VO<sub>2</sub> máx atingido) foi observado no mesmo momento em que foi registrado o limiar de lactato (Gráfico 1). O que caracteriza uma regulação metabólica, afim de promover um equilíbrio ácido-base do organismo. De acordo com Shiroma e colaboradores (2009) os limiares correspondem a intensidades de exercício onde ainda ocorre um equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato no sangue. Este resultado contribuiu para a determinação da velocidade do teste seguinte.



**Gráfico 2.** Comportamento da ventilação (l/min)

O principal objetivo da segunda sessão do teste foi verificar o comportamento da frequência cardíaca para uma mesma intensidade de treino, relacionando com a temperatura corporal, o lactato sanguíneo e a perda hídrica.

De acordo com o ACSM (2007), a prescrição do exercício pela intensidade pode ser calculada entre 60% e 80% do  $VO_2$  máx ou 60-80% da reserva da frequência cardíaca (protocolo de Karvonen) para indivíduos treinados. Por conta disto, a corrida foi realizada na velocidade de 10 Km/h, equivalente a 68,84% do  $VO_2$  máx e 71,42% da velocidade de limiar anaeróbico. Na primeira sessão, a média da frequência cardíaca nesta velocidade foi de 140,72bpm  $\pm$  1,48 (equivalente a 60% da frequência cardíaca de reserva). Por conta destes fatores fisiológicos ajustados dentro dos parâmetros estabelecidos pelo ACSM (2007), foi escolhida a velocidade para a segunda sessão do teste. Imediatamente antes do teste, foram verificados: o peso corporal (kg), a pressão arterial (mmHg), a temperatura corporal ( $^{\circ}$ C), o lactato sanguíneo (mmol) e a frequência cardíaca (bpm). Estas três últimas variáveis foram registradas a cada 5 minutos de teste, enquanto o peso e a pressão arterial foram avaliados novamente ao final do teste.

A análise detalhada deste estudo (Tabela 03) mostra que até os 20 minutos não

houve alteração significativa na frequência cardíaca e na temperatura corporal, apesar de ter ocorrido um aumento acentuado na concentração de lactato sanguíneo [Lac] do 15 $^{\circ}$  até o 20 $^{\circ}$  minuto (acima do limiar encontrado na primeira sessão). Depois deste período, houve uma queda brusca na [Lac], retornando ao valor próximo da concentração inicial até o fim da sessão.

Apesar de o ambiente estar controlado com a temperatura confortável para a prática de atividade física, a temperatura corporal aumentou gradativamente durante todo o teste, apresentando uma elevação de 1.8 $^{\circ}$ C (5% da temperatura inicial) aos 45 minutos. Este aumento fez com que a amostra tivesse o seu peso reduzido de 77,1 kg para 76,3kg (-1,16% da massa corporal total), indicando a perda hídrica durante a atividade.

A partir do 20 $^{\circ}$  minuto a frequência cardíaca apresentou valores superiores ao encontrado na primeira sessão para a mesma velocidade, chegando a oscilar até 20 bpm (14,81% da FC inicial) nos últimos minutos da corrida. O valor atingido neste momento (155bpm) coincide com o valor registrado na velocidade de 12Km/h no primeiro teste, quando o  $VO_2$  captado encontrava-se em 43,51 ml/kg/min (o equivalente a 81,31% do  $VO_2$  máx).

**Tabela 3.** Análise da Frequência cardíaca, temperatura corporal e lactato sanguíneo (2 $^{\circ}$ a sessão)

Tempo (min)	FC (bpm)	Temperatura Corporal ( $^{\circ}$ C)	Lactato sanguíneo (mmol)
Repouso	70	35.3	4,6
05:00	135	35.8	5,1*
10:00	137	36.0	4,7
15:00	138	36.6	7,4*
20:00	140	36.6	7,4*
25:00	143*	36.4	4,6
30:00	145*	36.7	4,5
35:00	150*	36.9	4,5
40:00	152*	37.0	-
45:00	155*	37.1*	4,1

\*aumento significativo ( $p < 0,05$ )

Neste estudo de caso, foi verificado que para uma mesma intensidade de treino de endurance, baseado em % velocidade de limiar anaeróbico, % do  $VO_2$  máx alcançado e concentração de lactato sanguíneo, houve uma alteração da frequência cardíaca a partir dos 25 minutos de corrida que pode estar

associada à perda de líquido corporal, mesmo em níveis abaixo de 2 a 5% do peso corporal total como apontou Saltin e Costill citado por Marquezi e Lancha Junior (1998).

Ao analisar desta forma, percebemos que a prescrição do treinamento de endurance por meio da frequência cardíaca, sem a devida

reposição hídrica, pode fazer com que o atleta procure diminuir o ritmo de treino por conta do aumento dos batimentos cardíacos, ainda que não seja apresentado um aumento da [Lac] sanguíneo a ponto de indicar uma queda no desempenho físico.

## DISCUSSÃO

Durante o exercício físico o corpo humano sofre alterações fisiológicas que podem ser influenciadas pela intensidade e volume de treinamento, níveis de condicionamento físico, adaptação à modalidade esportiva, hidratação, resistência à fadiga, temperatura ambiente e outros fatores, na busca de manter o equilíbrio interno (homeostase).

Diversos estudos (Case 1999; Charkoudian e colaboradores, 2003; González-Alonso, 1998; Henkin 2007; Saat e colaboradores, 2005) compararam o comportamento da frequência cardíaca em exercícios aeróbicos de endurance e o efeito da termoregulação, mas nenhum outro citou a relação entre FC x  $VO_2$  máx x Perda hídrica x lactato sanguíneo em teste realizado em esteira ergométrica com triatletas.

Numa situação de exercício, a termogênese se deriva principalmente da atividade muscular (Magalhães e colaboradores 2001) e a evaporação do suor é uma das principais formas de dissipação do calor (Rodrigues e colaboradores, Sato e colaboradores citados por Henkin, 2007; Wilmore e Costill, 2001).

A sudorese é um mecanismo de dissipação do calor quando há exposição a ambientes quentes (Saat, 2005) ou quando ocorre aumento da temperatura interna, como durante o exercício físico. Os indivíduos que se expõem ao calor com mais frequência passam por um processo adaptativo fisiológico que ajudam no controle da temperatura corporal. O aumento da taxa de secreção da sudorese por indivíduos aclimatizados pode limitar o aumento da temperatura central e prolongar o tempo antes de uma temperatura limite ser atingida, mas isto resulta em perda de água e eletrólitos (Maughan e Shirreffs, 2004).

A perda excessiva de líquido através do suor (desidratação) reduz o volume plasmático e o retorno venoso e com isto provoca alterações cardiovasculares

importantes, aumentando o débito cardíaco e frequência cardíaca para uma maior transferência de calor para os músculos ativos e o tecido cutâneo (Charkodian e colaboradores, 2003; Henkin, 2007; Magalhães e colaboradores, 2001; González-Alonso e colaboradores, 1998). A Resistência vascular periférica também sofre aumento para compensar a redução do volume sanguíneo (Maughan e Shirreffs, 2004).

No presente estudo, foi observado um aumento da pressão arterial sistólica (PAS) ao final do exercício (30mmHg), sem que a pressão arterial diastólica (PAD) sofresse qualquer alteração, resultado equivalente com o geralmente proposto na literatura voltada para exercício aeróbico contínuo de longa duração (Forjaz citado por Brum e colaboradores, 2004; Wilmore e Costill, 2001). De acordo com Farinatti e Assis (2000), a FC e tensão arterial são sensíveis às contrações prolongadas. Eles realizaram um teste aeróbio contínuo em cicloergômetro e verificaram que apesar do aumento médio da PAS de 65,3 mmHg entre o repouso e o final da atividade, não houve diferenças significativas para os valores de PAS quando comparadas as diferentes etapas do exercício (5,10,15 e 20 min).

As alterações no volume plasmático também estão diretamente associadas com o desempenho do atleta durante exercício físico. Em estudo comparativo realizado em cicloergômetro durante 60 minutos a 40% do  $VO_2$  máx., Saat (2005) verificou que a frequência cardíaca foi significativamente maior no grupo que não fez reposição hídrica do que no grupo que ingeriu água no início do exercício e em três estágios posteriores (15, 35 e 55 minutos).

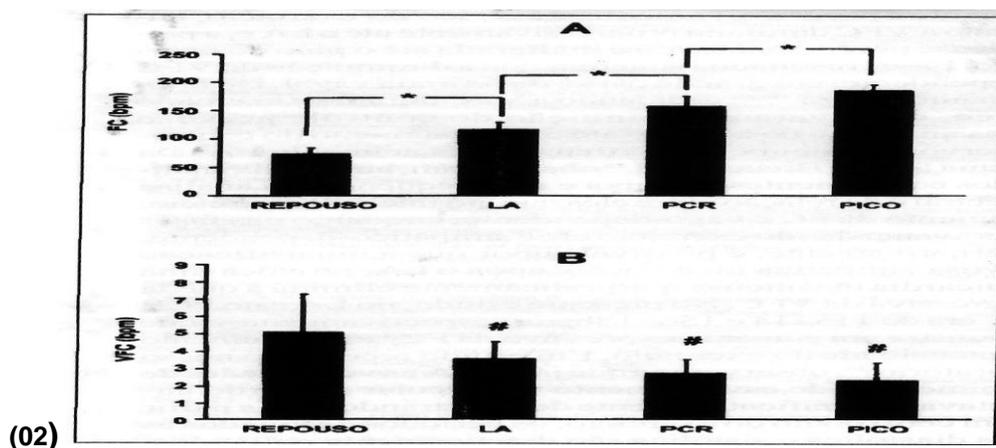
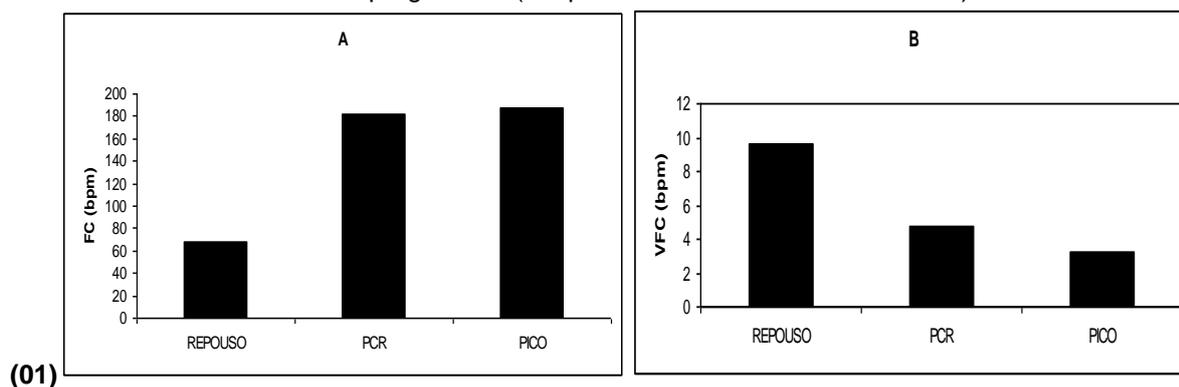
Em outro teste realizado no calor (35°C) com ciclistas (60%  $VO_2$  máx) algumas alterações fisiológicas (redução de volume plasmático, concentração de hemoglobina) foram registradas a partir dos 20 minutos no grupo que não fez uma reposição hídrica adequada e diferenças mais significativas (débito cardíaco, fluxo sanguíneo da perna e pressão arterial) entre este e o grupo controle foram observadas a partir de 60 minutos de atividade (González-Alonso e colaboradores, 1998).

Segundo Henkin (2007) a aclimatização e o condicionamento aeróbico são fatores que influenciam a tolerância ao

calor durante a realização do exercício e levam a adaptações como alta taxa de sudorese, baixa frequência cardíaca e temperaturas internas e percepção do esforço. De acordo com Rowell citado por Coyle e Alonso (2001) a oscilação cardiovascular ocorre quando há um aumento progressivo do fluxo sanguíneo cutâneo, devido ao aumento da temperatura corporal. Baseado nesta teoria, foram observados durante todo o exercício, o comportamento da frequência cardíaca, da temperatura corporal e a diferença do peso corpóreo pré e pós-exercício.

Os dados encontrados nesta análise corroboram com estudos recentes que afirmam que a demanda de sangue para os tecidos musculares aumenta na transição do repouso para o exercício (Almeida, 2007) e pode estar relacionado com a inibição vagal no estágio inicial (Almeida, 2007; Araújo, 2005; Ribeiro, 2005). O aumento exponencial da FC no início do exercício foi bem visualizado nas duas sessões de teste. O protocolo de rampa, utilizado na primeira sessão, não permite estabilização da FC em cada estágio do exercício, o que foi importante para servir de parâmetro para o teste seguinte em intensidade constante.

**Gráfico 3.** Comparação entre os dados encontrados no teste (01) x estudo de Alonso (02) e colaboradores (1998). Comportamento da FC (A) e da variabilidade da FC (B) em relação ao impacto metabólico do exercício físico progressivo (adaptado de Alonso e colaboradores).



O resultado encontrado no segundo teste corrobora com o estudo de Almeida (2007) que aponta o fato da prática do exercício prolongado (acima de 30 minutos), ainda que constante, sem hidratação adequada faz com que uma seqüência de eventos fisiológicos aconteça. Devido ao

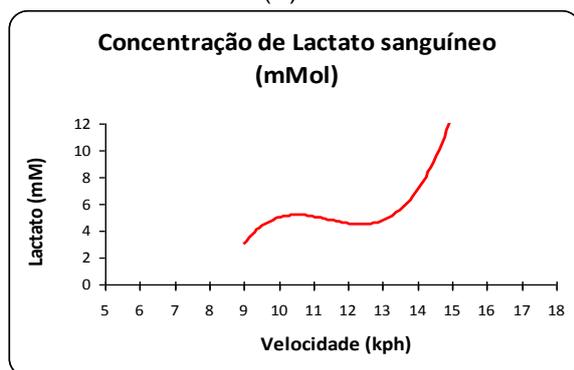
aumento da temperatura corporal, o centro termoregulador, localizado no hipotálamo, orienta o fluxo sanguíneo para a pele (Wilmore e Costill, 2001). Com a desidratação, a volemia diminui e o retorno venoso fica comprometido, diminuindo o volume de ejeção. Para manter o débito cardíaco, o

sistema cardiovascular realiza ajustes importantes (Almeida, 2007; Charkoudian, 2003; Wilmore e Costill, 2001). No presente estudo, vimos que a frequência cardíaca aumentou significativamente a partir dos 25 minutos.

Aos 15 minutos de exercício, quando a temperatura corporal apresentou um aumento de 1,3°C, houve um aumento acentuado da concentração de lactato sanguíneo (60,86% em relação à concentração de repouso), com pequena variação da FC (aumento de 2,2% em relação a FC inicial). Apesar desta grande alteração no terço inicial da atividade, após os 20 minutos a concentração de lactato retornou ao nível inicial e se manteve praticamente constante até os 45 minutos. A redução do volume de sangue para os músculos ativos, na tentativa de liberar o calor através da evaporação do suor por meio da pele, limita a capacidade de resistência da musculatura (Wilmore e Costill, 2001).

A taxa de metabolismo do tecido muscular aumenta durante a atividade e por conta disto os produtos da degradação metabólica se acumulam, provocando aumento da acidez, do CO<sub>2</sub> e da temperatura muscular (Wilmore e Costill, 2001). Por outro lado, melhoras na função cardiovascular com o treinamento a longo prazo, pode permitir que temperaturas centrais mais elevadas sejam atingidas antes de exaustão e que indivíduos mais aptos sejam familiarizados para os desconfortos do exercício no calor (McEellan,

(A)



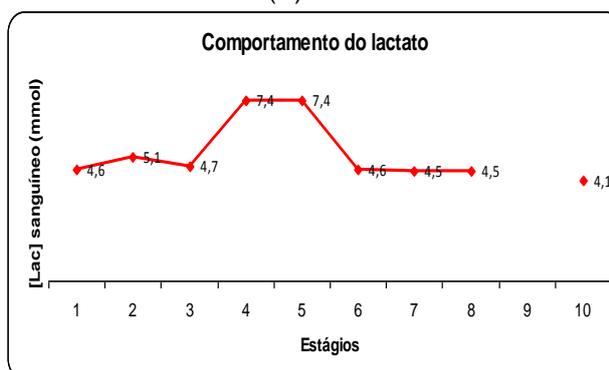
2001) e para a regulação da temperatura corporal de forma mais eficiente.

Embora tenha havido aumento na temperatura e frequência cardíaca a partir dos 25 minutos, a concentração de lactato ao final do teste apresentou-se em níveis similares ao valor inicial e do encontrado na mesma velocidade da primeira sessão de teste. Este dado aponta que apesar do aumento da FC, não foi atingido um índice que indique fadiga muscular, uma vez que por estar adaptado a treinamentos de longa duração, o indivíduo selecionado possui a capacidade de suportar com facilidade os efeitos da degradação metabólica e manter a atividade em intensidade moderada em níveis confortáveis durante um longo período.

Percebe-se que, a teoria da concentração de lactato sanguíneo fixa em 4mmol não pode ser generalizada, pois a variabilidade individual, a influência da disponibilidade de substrato e o tipo de exercício interferem no limiar de lactato (Beneke e Stegmann citados por Lucas e colaboradores, 2000).

O triatleta em questão, iniciou a primeira sessão de teste com valor próximo do estipulado como padrão para o limiar em 3,2 mM, apresentando uma curva exponencial a partir da velocidade 14Km/h, quando teve a concentração elevada de 5,6mM para 13,2mM, coincidindo com o ponto de limiar ventilatório através da captação do volume de oxigênio pulmonar.

(B)



**Gráfico 04.** Comportamento do lactato sanguíneo. (A) 1ª sessão de teste – carga crescente; (B) 2ª sessão de teste – carga constante

No segundo teste, realizado duas semanas depois, a amostra apresentou lactato de repouso em 4,6 mM, tendo este valor aumentado (7,4mM) a partir dos 15 minutos até os 20 minutos, mas este resultado foi

reduzido a partir dos 25 minutos para valores próximos à concentração de lactato até o final do teste (45 minutos) em 4,42mM + 0,22.

Este resultado elevado no primeiro terço do teste pode estar relacionado ao

estresse inicial do exercício, já que não houve aquecimento prévio e o corpo ainda estava se adaptando ao choque súbito.

Passada esta fase, o tecido muscular conseguiu estabilizar a concentração de lactato em níveis semelhantes ao encontrado no primeiro teste na velocidade de 10 km/h (4,7mM). Como não houve controle da intensidade de treino no dia anterior ao teste, a concentração elevada de lactato, mesmo em repouso, pode estar relacionada ao estresse muscular acumulado pelo treinamento.

Reis e colaboradores (2011), afirmaram em estudo recente que em indivíduos treinados existe uma forte relação entre a frequência cardíaca, a velocidade de corrida e o  $VO_2$  e por conta disto, é possível ter a frequência cardíaca como um indicador preciso da demanda de energia e da velocidade de corrida. No presente estudo, percebemos que entre as duas sessões de teste os dados obtidos de FC para uma mesma velocidade de treino permaneceram em torno de 71-74% da FC máx até os 20 minutos. A partir deste período, a relação de linearidade entre a FC e  $VO_2$ , quando comparado à primeira sessão, foi alterada.

Se levamos em consideração o consumo de oxigênio do primeiro teste e a frequência cardíaca atingida no segundo teste (realizado em velocidade constante – 10 Km/h), percebe-se que o  $VO_2$  relativo a FC da primeira sessão é alterado ao final do treino em 10,98%. Aos 45 minutos, a FC atingida foi equivalente à velocidade de 12km/h encontrada na primeira sessão, quando o consumo de oxigênio estava mais elevado (81,31% do  $VO_2$  máx). Magalhães e colaboradores (2001) aponta que um aumento da temperatura de 1°C, leva ao acréscimo de 13% no consumo de oxigênio. No presente estudo, o aumento total da temperatura foi de 1.8°C ao final do exercício (5,09% em relação à temperatura de repouso).

## CONCLUSÃO

À medida em que o exercício se prolonga, aumenta a oportunidade da elevação da frequência cardíaca por conta do aumento da temperatura corporal, da desidratação e redistribuição do sangue. Apesar de ter sido verificado uma relação de linearidade entre frequência cardíaca e consumo de oxigênio até certo momento (20

minutos), não é válido pensar apenas na prescrição de treinamento por meio da frequência cardíaca para indivíduos atletas que buscam melhorar o rendimento, pois o aumento da perda hídrica em treinos de endurance faz com que o sistema cardiovascular realize ajustes importantes no comportamento do coração a fim de manter o débito cardíaco. A capacidade de suportar com facilidade os efeitos da degradação metabólica na musculatura e manter a atividade em intensidade moderada em níveis confortáveis durante um longo período é uma característica comum entre os atletas e deve ser levada em consideração durante o treinamento.

É importante que novos estudos sejam feitos através da observação de uma amostra mais quantitativa, com delineamentos metodológicos sofisticados, com um maior controle do treinamento realizado pré-teste, e sob a influência de outros fatores, como sexo, idade, hidratação e nível de condicionamento físico.

## REFERÊNCIAS

- 1- ACSM. Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição. 7ª Ed. Editora Guanabara. 2007
- 2- Almeida, M.B. Frequência Cardíaca e Exercício: Uma Interpretação Baseada em Evidências. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. Vol. 9. Num. 2. 2007. p. 196-202.
- 3- Alonso, D.O.; Forjaz, C.L.M.; Rezende, L.O.; Braga, A.M.F.W.; Barretto, A.C.P.; Negrão, C.E.; Rondon, M.U.P.B. Comportamento da Frequência Cardíaca e da sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Progressivo Máximo. Arquivo Brasileiro de Cardiologia. Vol. 71. Num. 6, 1998. p. 787-792.
- 4- Brum, P.C.; Forjaz, C.L.M.; Tinucci, T.; Negrão, C.E. Adaptações Agudas e Crônicas do Exercício Físico no Sistema Cardiovascular. Revista Paulista de Educação Física. São Paulo. Vol. 18. 2004. p. 21-31.
- 5- Charkoudian, N.; Halliwill, J.R.; Morgan, B.J.; Eisenach, J.H.; Joyner, M.J. Influences of Hydration on Post-exercise Cardiovascular

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

Control in Humans. *Journal of Physiology*. Vol. 552.2. 2003. p. 635-644.

6- Coyle, E.F.; González-Alonso, J. Cardiovascular Drift During Prolonged Exercise: New Perspectives. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Vol. 29. Num. 2. April. 2001. p. 88-92.

7- Farinatti, P.T.V.; Assis, B.F.C.B. Estudo da Frequência Cardíaca, Pressão Arterial e Duplo-produto em Exercícios contra-resistência e Aeróbio Contínuo. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*. Vol. 5. Num. 2. 2000.

8- González-Alonso, J.; Calbet, J.A.L.; Nielsen, B. Muscle Blood Flow is Reduced with Dehydration During Prolonged Exercise in Humans. *Journal of Physiology*. Num. 513.3. 1998. p. 895-905.

9- Henkin, S.D. Respostas de Sudorese de Nadadores, Corredores e Indivíduos não Treinados Após Exercício no Calor. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

10- Leal Junior, E.C.P.; Souza, F.B.; Magini, M.; Martins, R.A.B.L. Estudo comparativo do consumo de oxigênio e limiar anaeróbio em um teste de esforço progressivo entre atletas profissionais de futebol e futsal. *Revista Brasileira Medicina do Esporte*. Vol. 12. Num. 6. Nov/Dez 2006. p. 324.

11- Magalhães, S.; Albuquerque, R.R.; Pinto, J.C.; Moreira, A.L. Termoregulação. Faculdade de Medicina do Porto. Serviço de Fisiologia. Porto, 2001/02

12- Marquezi, M.L.; Lancha Junior, A.H. Estratégias de Reposição Hídrica: Revisão e Recomendações Aplicadas. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo. Vol. 12. Num. 2. jul/dez. 1998. p. 219-227.

13- Maughan, R.; Shirreffs, S. Exercise in the heat: challenges and opportunities. *J. Sports Sci*. Vol. 22. Num. 10. 2004. p. 917-927.

14- McLellan, T.M. The importance of aerobic fitness in determining tolerance to uncompensable heat stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular*

*e Integrative Physiology*. Vol. 128. Num. 4. April, 2001. p. 691-700.

15- Reis, V.M.; Tillar, R.V.; Marques, M.C. Higher precision of heart rate compared with VO<sub>2</sub> to predict exercise intensity in endurance-trained runners. *Journal of Sport Science and Medicine*. Num. 10. 2011. p. 164-168.

16- Ribeiro, J.P.; Moraes Filho, R.S. Variabilidade da Frequência Cardíaca como Instrumento de Investigação do Sistema Nervoso Autônomo em Condições Fisiológicas e Patológicas. *Revista Hospital das Clínicas de Porto Alegre*. Vol. 25. Num. 3. 2005. p. 99-106.

17- Saat, M.; Tochihara, Y.; Haseguchi, N.; Sirisinghe, R.G.; Fujita, M. Chou, C.M. Effects of Exercise in the Heat on Thermoregulation of Japanese and Malaysian Males. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. Num. 24. 2005. p. 267- 275.

18- Shiroma, D.M.; Santos, C.R.P.; Nunes, D.S.; Almeida, A.L.A.R. Correlação entre teste invasivo e não invasivo, verificados através do método D<sub>max</sub>, para estimativa do máximo estável de lactato em indivíduos fisicamente ativos. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. Vol. 3. Num. 18. Nov/Dez. 2009. p. 534-546.

19- Wilmore, JH, Costill, DL. *Fisiologia do Exercício*. 2ªEd. Barueri-SP. Ed. Manole. 2001.

Recebido para publicação em 16/04/2011  
Aceito em 20/08/2011