

Efeitos dos intervalos de recuperação passiva e ativa em sessões de treino intervalado em corredores de meio-fundo e fundo

Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Ciências do Desporto, área de especialização de Treino de Alto Rendimento Desportivo, ao abrigo do Decreto-lei nº. 74/2006 de 24 de Março.

Orientador: Professor Doutor Paulo Jorge Colaço Oliveira

Autor: Sofia Borges de Almeida

Porto, Setembro 2015

Almeida, S. (2015). Efeitos dos intervalos de recuperação passiva e ativa em sessões de treino intervalado em corredores de meio-fundo e fundo. Porto: S. Almeida. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: ATLETISMO, MEIO FUNDO E FUNDO, TREINO INTERVALADO, LACTATO SANGUÍNEO, MECÂNICA DO APOIO.

“Existe somente uma idade para a gente ser feliz, somente uma época na vida de cada pessoa em que é possível sonhar e fazer planos e ter energia bastante para realizá-los a despeito de todas as dificuldades e obstáculos. Uma só idade para a gente se encantar com a vida e viver apaixonadamente e desfrutar tudo com toda intensidade sem medo nem culpa de sentir prazer. Tempo de entusiasmo e coragem em que todo o desafio é mais um convite à luta que a gente enfrenta com toda a disposição de tentar algo novo, de novo e de novo, e quantas vezes for preciso.

Essa idade tão fugaz na vida da gente chama-se Presente e tem a duração do instante que passa.”

Mário Quintana

Agradecimentos

O presente trabalho é o resultado final de um longo percurso académico e pessoal, durante o qual fui somando importantes contributos e experiências de várias pessoas. Desta forma, gostaria de agradecer:

Ao orientador deste trabalho, o Professor Doutor Paulo Colaço, por todo o seu apoio e amizade, pela possibilidade de uma aprendizagem constante, a todos os níveis, ao longo destes anos de trabalho conjunto e por me ter dado a oportunidade de realizar esta dissertação.

Ao Professor Doutor José Augusto, pela organização do mestrado e por nos incentivar à realização de um trabalho de investigação como forma de aprendizagem e evolução pessoal.

A todo o projeto *run4excellence*, desde a equipa técnica - em especial à Marisa pela amizade, pelo trabalho, pelas experiências e momentos partilhados - até aos vários atletas das vertentes de competição e recreativa por todos os importantes contributos ao longo de todo o percurso, pelas experiências que me permitiram adquirir e pelo crescimento profissional e pessoal que me proporcionam.

À *Kinematix*, pelo contributo e participação nos dados recolhidos pelo dispositivo *TUNE* utilizado como complemento deste trabalho.

Aos atletas participantes no estudo, pela forma como aceitaram contribuir para a realização deste projeto, pela boa disposição e dedicação que tiveram em cada momento de avaliação.

À minha FAMÍLIA, principalmente à minha mãe por tudo o que faz por mim, pelo apoio indescritível em todas as minhas decisões e escolhas e por me amar incondicionalmente. Ao meu irmão, pelo orgulho que tem em mim e por sempre me acompanhar neste percurso. Ao meu avô, o meu “herói”, por todo o exemplo e força que me transmitiu durante toda a vida e que fez de mim a pessoa que sou hoje. À minha avó, por ser a estrela mais brilhante do meu céu!

À minha “irmã mais velha” Vanessa Rodrigues, por me acompanhar em mais uma etapa da minha vida, por todo o apoio e motivação.

À minha amiga do coração Magali, por estar sempre comigo, por todos os momentos vividos neste percurso, pelos dias passados a trabalhar em prol dos nossos sonhos e objetivos, por todas as palavras de ânimo e de incentivo.

À minha Rita, pelo caminho percorrido lado a lado e por ter sempre aquela palavra amiga em todos os instantes.

Às amigas de sempre Ana, Pipa e Inês pelos anos de amizade, pelo apoio e por acreditarem em mim.

Ao meu “padrinho” João Marques, pela amizade e por me amparar desde o primeiro dia desta etapa da minha vida. Por apesar de “longe”, estar sempre por “perto” e nunca se esquecer da sua “afilhada”.

Aos meus amigos, companheiros de trabalho e de curso “Fed” e Vanessa, pela entreaajuda e auxílio constante durante a realização desta dissertação.

A todos os que diretamente ou indiretamente contribuíram de forma positiva para a realização deste trabalho.

..... A todos, o meu MUITO OBRIGADO!

Índice Geral

Índice Geral	IX
Índice de Figuras	XI
Índice de Quadros	XIII
Resumo	XV
Abstract	XVII
Abreviaturas	XIX
1. Introdução	3
2. Revisão da Literatura	9
2.1 Treino Intervalado	9
2.2 Economia de Corrida	23
2.3 Técnica de Corrida	25
2.4 Mecânica do apoio	27
3. Objetivos e Hipóteses	33
3.1 Objetivo Geral	33
3.2 Objetivos Específicos	33
3.3 Hipóteses	33
4. Material e Métodos	37
4.1 Caracterização da amostra	37
4.2 Procedimentos	38
4.3 Procedimentos utilizados na determinação do limiar anaeróbio	39
4.4 Testes de treino intervalado	40
4.5 Procedimentos matemáticos e estatísticos	41
5. Resultados	45
6. Discussão	53
7. Conclusões	63
8. Bibliografia	67

Índice de Figuras

Figura 1 - TI tradicional - Intervalos entre repetições são realizados com paragem ou trote.	19
Figura 2 - NTI - Intervalos entre repetições são realizados em corrida ativa.	19
Figura 3 - Tune (Kinematix, 2015).	38

Índice de Quadros

Quadro 1 - Valores médios ($\pm dp$) relativos às características fisiológicas dos atletas avaliados (n=9).	37
Quadro 2 - Tabela de tempos para cada um dos patamares dos testes de terreno de determinação do limiar aeróbio - anaeróbio (Colaço, 2007).	39
Quadro 3 - Valores médios ($\pm dp$) correspondentes à velocidade (m/s) obtida no teste de limiar anaeróbio, para concentrações lácticas de 2 e 4 mmol/l, para os 9 atletas da amostra.	45
Quadro 4 - Valores médios ($\pm dp$) relativos à velocidade dos atletas nos dois testes intervalados.	46
Quadro 5 - Valores médios ($\pm dp$) relativos aos diferentes valores de frequência cardíaca (FC) medidos após repetição, imediatamente após o intervalo de recuperação e após 1min do término da sessão de treino.	47
Quadro 6 - Valores médios ($\pm dp$) relativos ao valor de lactato medido no final de cada teste de treino intervalado.	48
Quadro 7 - Valores médios ($\pm dp$) relativos aos parâmetros mecânicos do apoio medidos em cada teste de treino intervalado.	49

Resumo

O treino intervalado é um dos métodos de treino, particularmente, utilizado para potenciar o rendimento competitivo de corredores de MFF. O presente estudo teve como objetivo principal, avaliar o efeito de dois tipos de recuperação (passiva e ativa) numa sessão de treino intervalado em corredores de meio-fundo e fundo portugueses.

A amostra foi constituída por 9 atletas, com uma média de idades de $28,0 \pm 6,1$ anos que realizaram duas sessões de treino intervalado de 10x400m com uma recuperação passiva (T_{ipas}) de 1min e uma recuperação ativa (T_{lact}) de 300m entre as repetições. Foi ainda realizado um teste de limiar anaeróbio, através do qual se determinou a intensidade selecionada para a recuperação ativa (V₂).

Como principais resultados verificamos: A existência de diferenças estatisticamente significativas na velocidade de corrida ($F=109,38$; $p<0,001$), no lactato final ($t= 4,126$; $p<0,05$), FC de recuperação ($t=10,046$; $p<0,05$) e FC de repouso ($t=-3,706$; $p<0,05$) entre os dois treinos intervalados. Nos parâmetros mecânicos do apoio, diferenças significativas em T_{ipas} vs T_{lact}: no T/min ($t= -3,022$; $p<0,05$), P ($t= -2,502$; $p<0,05$) e no P/min ($t= 2,498$; $p<0,05$). Diferenças significativas em T_{lact}400m vs T_{lact}300m: no T/min ($t= -5,898$; $p<0,001$), no P ($t= 9,493$; $p<0,001$), no P/min ($t= 2,852$; $p<0,05$), no CP ($t= 6,936$; $p<0,001$), no TTC ($t= -8,341$; $p<0,001$), no TTCE ($t= -6,272$; $p<0,001$), no TTCD ($t= -6,511$; $p<0,001$), no AC ($t= -3,487$; $p<0,05$), no ACE ($t= -3,105$; $p<0,05$) e no AAE ($t= 3,105$; $p<0,05$).

As principais conclusões a reter com este estudo foram: (I) A velocidade de corrida é superior no T_{ipas} comparativamente com T_{lact}; (II) No T_{lact} os valores de FC não são estatisticamente significativos em relação ao T_{ipas}. à exceção dos valores de recuperação que são mais baixos no T_{ipas}; (III) Os valores de lactato sanguíneo são mais elevados no T_{ipas}. Contudo, os resultados sugerem maiores dinâmicas na produção e remoção do lactato no T_{lact}; (IV) Não existem alterações nos parâmetros mecânicos do apoio entre os dois tipos de treino. O que confere ao T_{lact} uma utilização sem efeitos negativos na técnica do corredor; (V) A seleção da V₂, para a realização do T_{lact} mostra-se incapaz de promover alterações técnicas na corrida. Surgindo assim, como uma boa opção para calibrar as intensidades neste tipo de treino.

PALAVRAS-CHAVE: Atletismo, Meio fundo e Fundo, Treino Intervalado, Lactato sanguíneo, Mecânica do apoio.

Abstract

Interval training is one of the training methods particularly used to enhance competitive performance in middle and long-distance runners (MLD). The aim of this study is to evaluate the effect of two different types of recovery (passive and active) in an interval training session in MLD Portuguese runners.

Nine athletes with an average age of 28.0 ± 6.1 years, performed two interval training sessions (10x400m) with 1min of passive recovery (T_{ipas}) in one case and 300m of active recovery (T_{lact}) in the second case between each repetitions. In addition, an anaerobic threshold test was conducted, to determine the more appropriate intensity for active recovery (V₂).

The main results were the existence of significant differences between the two interval workouts for the following variables: running speed ($F = 109.38$, $p < 0.001$); lactate concentrations at the end of the session ($t = 4.126$, $p < 0.05$); in recovery HR ($t = 10.046$; $p < 0.05$); and resting HR ($t = -3.706$; $p < 0.05$). For the mechanical parameters of the support phase of running, significant differences between T_{ipas} and T_{lact} were found for: T/min ($t = -3.022$; $p < 0.05$); P ($t = -2.502$; $p < 0.05$); and P/min ($t = 2.498$; $p < 0.05$). Significant differences between T_{lact}400m and T_{lact}300m were found for: T/min ($t = -5.898$; $p < 0.001$); P ($t = 9.493$; $p < 0.001$); P/min ($t = 2.852$; $p < 0.05$); CP ($t = 6.936$; $p < 0.001$); TTC ($t = -8.341$; $p < 0.001$); TTCE ($t = -6.272$; $p < 0.001$); TTCD ($t = -6.511$; $p < 0.001$); AC ($t = -3.487$; $p < 0.05$); ACE ($t = -3.105$; $p < 0.05$); and AAE ($t = 3.105$; $p < 0.05$).

The main conclusions of the present study were: (I) The running speed was higher in T_{ipas} when compared with T_{lact}; (II) In T_{lact}, the HR values were not statistically significant when compared to T_{ipas}, except for the recovery values that resulted lower in T_{ipas}; (III) The blood lactate values were higher in T_{ipas}. However, the results suggested greater dynamics in the production and removal of lactate in T_{lact}; (IV) There were no changes in the mechanical parameters of support phase between the two types of training. Consequently, T_{lact} did not affect negatively the running technique; (V) The choice of V₂ to perform the T_{lact} did not promote technical changes during running. Thus, it emerges as a good option to calibrate the intensity in this type of workout.

KEYWORDS: Track and Field, Middle and Long Distance, Interval-Training, Blood Lactate, Support Phase Mechanics.

Abreviaturas

ATP - Adenosina trifosfato

CP - Fosfocreatina

EC - Economia de Corrida

FC - Frequência Cardíaca

FC_{máx} - Frequência Cardíaca Máxima

Km/h - Quilómetros por hora

LAn - Limiar anaeróbio

L/min - Litro por minuto

MLSS - Máxima fase estável de lactato

MFF - Meio fundo e fundo

min - Minuto

m/s - Metros por segundo

ms - Milissegundos

mmol/l - Milimol por litro

NTI - “Novo treino intervalado”

O₂ - Oxigénio

OBLA - Início do acúmulo do lactato sanguíneo

s - Segundos

TI - Treino intervalado

TIact - Treino intervalado com recuperação ativa

TIAl - Treino intervalado de alta intensidade

TIpas - Treino intervalado com recuperação passiva

vLAn - Velocidade correspondente ao limiar anaeróbio

VO₂max - Consumo máximo de oxigénio

vVO₂max - Velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigénio

V₂ - Velocidade de corrida correspondente a uma concentração sanguínea de 2mmol/l de lactato

V4 - Velocidade de corrida correspondente a uma concentração sanguínea de 4mmol/l de lactato

1. Introdução

1. Introdução

As melhores performances obtidas pelos atletas no decorrer do último século são, em geral, atribuídas às maiores oportunidades de participação, melhores condições de saúde, melhor nutrição, melhores equipamentos, mas também, sem dúvida, ao aperfeiçoamento dos métodos de treino.

A necessidade de se definirem modelos de treino que promovam adaptações tão diversas e transferíveis para diferentes distâncias, exige por parte do treinador, uma avaliação muito regular do nível de rendimento dos seus atletas, bem como das adaptações que determinadas variáveis de trabalho provocam em cada corredor. A utilização do treino intervalado surge, desde logo, como uma ferramenta imprescindível ao aumento do rendimento competitivo de qualquer corredor de MFF. Por isso mesmo, a definição entre outros parâmetros da carga, do tipo de intervalo a realizar nestas sessões de treino é de primordial importância. Existem diversos conceitos que exigem estudos mais profundos no que diz respeito à seleção de intervalos de recuperação passiva ou ativa e neste caso, do tipo de recuperação ativa que deve ser implementada.

Por outro lado, as performances na corrida de meio-fundo e fundo estão intimamente relacionadas com fatores fisiológicos, como o consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), o tipo de fibra muscular, limiar anaeróbio e com as adaptações metabólicas nos músculos (Noakes, 2001). No entanto, a técnica de corrida e os parâmetros mecânicos do apoio são vistos como fatores a ser tidos em conta na limitação do alcance de um nível de desempenho superior, até pelas influências que têm na economia de corrida.

Nesse sentido, caracterizar os parâmetros mecânicos do apoio durante a corrida mostra-se bastante útil, sendo que a partir de toda a informação captada no terreno - através da utilização de ferramentas específicas - podemos definir as melhores estratégias a desenvolver em todo o processo de treino.

Este trabalho, ao comparar dois métodos de treino intervalado, pretende contribuir para o processo de treino de corredores de MFF, constituindo-se assim como mais um contributo para a implementação de metodologias corretas e tão operacionais quanto possível na evolução destes atletas, visando um contributo claro na facilitação do ato prescritivo do treino e de uma individualização crescente do mesmo.

Deste modo, o objetivo principal deste estudo é avaliar o efeito de dois tipos de recuperação numa sessão de treino intervalado nas concentrações de lactato sanguíneo e nos parâmetros mecânicos do apoio em corredores de meio-fundo e fundo portugueses.

A partir deste objetivo, formulamos as seguintes hipóteses: (I) A intensidade dos treinos intervalados é mais baixa quando os intervalos de recuperação são ativos; (II) Os valores de FC são significativamente mais elevados nas sessões de treino intervalado com recuperação ativa, comparativamente com as sessões de treino intervalado com recuperação passiva; (III) Os valores de lactato são mais elevados na sessão de treino intervalado com recuperação passiva comparativamente com as sessões de treino intervalado com recuperação ativa; (IV) Os parâmetros mecânicos do apoio traduzem perdas nos treinos intervalados onde a recuperação é ativa; (V) A distância de 300m nos treinos intervalados apresenta diferenças significativas nos parâmetros mecânicos do apoio quando comparado com as séries de 400m.

Assim, este trabalho foi dividido em 8 capítulos, organizados da seguinte forma:

Capítulo 1 (Introdução) - Apresentação do estudo, bem como da sua pertinência, estruturação, objetivos e hipóteses.

Capítulo 2 (Revisão da Literatura) - Procuramos apresentar uma revisão do estado atual dos conhecimentos ao nível do treino intervalado, dos seus efeitos e da sua aplicabilidade no processo de treino, do papel do lactato como indicador de efeitos de treino, bem como as questões relacionadas com a influência da mecânica de corrida na prestação dos corredores.

Capítulo 3 (Objetivos e Hipóteses) - Apresentamos os objetivos e hipóteses do nosso trabalho.

Capítulo 4 (Material e Métodos) - Caracterizamos a amostra do nosso estudo e descrevemos a metodologia dos diferentes testes de avaliação e ainda os procedimentos matemáticos e estatísticos utilizados neste trabalho.

Capítulo 5 (Resultados) - Apresentamos de forma concisa os resultados das avaliações realizadas, bem como do tratamento dos dados e da aplicação dos procedimentos estatísticos.

Capítulo 6 (Discussão dos Resultados) - Discutimos os principais dados obtidos, focando as implicações dos nossos resultados.

Capítulo 7 (Conclusões) - Apresentamos as conclusões do nosso estudo, reportando aos objetivos e hipóteses formuladas, como resultado final da discussão desenvolvida no capítulo anterior.

Capítulo 8 (Bibliografia) - Indicamos, por ordem alfabética, as referências bibliográficas das citações incluídas no texto.

2. Revisão da Literatura

2. Revisão da Literatura

2.1 Treino Intervalado

O treino intervalado tornou-se um método indispensável no processo de treino dos atletas de endurance.

Este método, utilizado por treinadores e atletas à mais de 100 anos, foi largamente popularizado a partir da década de 50, sobretudo pelo corredor e campeão olímpico Emil Zatopek que realizava treinos com variação de velocidade. O treino intervalado tem sido muito utilizado por treinadores de meio-fundo e fundo como método de treino que possibilita aos atletas a aplicação de velocidades próximas ou superiores às que atingem durante as competições (Billat, 2001a).

O objetivo do treino intervalado, então e agora, é o de acumular um maior estímulo de treino em intensidades elevadas de exercício em comparação com o que pode ser tolerado numa única sessão de treino de intensidade constante (Balsom et al. 1992). Ou seja, equilibrar a qualidade de desempenho em todas as séries com o menor intervalo de recuperação possível (Fox et al. 1977). Assim, este método de trabalho permite que os exercícios sejam executados com uma intensidade mais alta e por um tempo superior ao treino contínuo (Olsen et al. 1988; Rozenek et al. 2007).

A prescrição do treino intervalo, ao contrário do treino de corrida contínua requer, por parte dos treinadores, a manipulação das variáveis que o caracterizam. Nesses parâmetros incluem-se o modo e natureza precisa do estímulo do exercício, ou seja: a intensidade, a duração e o número de repetições realizadas, bem como a duração e padrões de atividade durante a recuperação (Gibala & Jones, 2013). Estes parâmetros podem ser conjugados de forma a gerar uma grande variedade de tipos de treino intervalado destinados a desenvolver o metabolismo energético aeróbio ou anaeróbio (Billat, 2001a).

Numa típica sessão de treino intervalado, a manipulação de tais variáveis pode alterar as demandas metabólicas dos músculos exercitados, bem como o transporte de O₂ para esses mesmos grupos musculares (Laursen & Jenkins, 2002). Desta forma, as adaptações subsequentes ao treino, a nível celular e sistêmico, tornam-se específicas do plano de treino prescrito.

Os efeitos metabólicos imediatos e a longo prazo decorrentes do método de treino intervalado foram examinados, pela primeira vez, por Astrand e Christensen nos anos 60. Eles compararam exercícios realizados nas mesmas intensidades, porém com períodos de duração diferentes. Os autores observaram que séries de exercícios contendo períodos de trabalho e de recuperação de curta duração representaram estímulos submáximos tanto para o sistema circulatório quanto para o respiratório. Já as séries que contavam com períodos de trabalho e de recuperação mais longos solicitaram respostas quase máximas desses sistemas. Partindo de um ponto de vista prático, os autores concluíram que optando por períodos de trabalho e recuperação mais longos o indivíduo poderia obter maiores adaptações ao treino na função cardiorrespiratória (Billat, 2001a).

Vários cientistas tentam determinar qual o fator mais importante na prescrição do treino intervalado, o estímulo ou o intervalo. Posta esta dúvida, Volkov (2002) refere que tanto o trabalho quanto o repouso devem apresentar igual importância para que o resultado final do treino seja positivo, entendendo que os dois são fundamentais. O estímulo não deve ser muito forte, nem o repouso muito prolongado para que não se provoque o efeito contrário ao desejado no processo de adaptação ao treino. O autor ressalta ainda, que no treino intervalado a escolha do tempo de duração da pausa e o caráter do repouso apresenta importância idêntica. Porém, a maioria dos fisiólogos e especialistas (Keul, 1961; Mosterd, 1961; Reindell, 1961; Roskamm, 1962; Gerschler, 1962; Metzener, 1962; Smoloka, 1964; Costes, 1972) concordam que a eficácia do treino intervalado depende, sobretudo, da escolha correta dos intervalos de repouso, reportando a importância da duração do intervalo e ainda, talvez com maior ênfase, a ação realizada no intervalo. Esta pode ser

ativa, realizando uma corrida mais lenta ou caminhada, ou passiva, onde alguns treinadores sugeriam que o atleta ficasse deitado no solo (Volkov, 2002). Segundo Weineck (2003), as pausas devem garantir a recuperação completa do atleta, porém sem que haja perda da excitabilidade do sistema nervoso central. Por esta razão, considera-se que as pausas devam ser ativas, ou seja, a passo ou trote lento. A fase de exercício deve ser reduzida de forma gradual, sendo inquestionável que a atividade moderada nos intervalos reflète-se positivamente sobre a rapidez com que o ácido láctico é removido (Hermannsen, 1972). Adicionalmente, sabe-se também que a recuperação do tipo ativa permite que os atletas tolerem exercícios de alta intensidade por longos períodos (Billat et al., 2000; Billat, 2001a; Shepley et al., 1992). Seiler e Hetlelid (2005) analisaram a componente de recuperação em corredores bem treinados, sob os aspectos de desempenho e respostas fisiológicas agudas durante a sessão de treino. Os atletas foram submetidos, inicialmente, a um programa de TIAI que consistia em 6x 4 minutos, onde os atletas escolhiam livremente a velocidade mais elevada que pudessem manter, sem obterem informação acerca da mesma, e com intervalos de recuperação variando, aleatoriamente, entre 1, 2 e 4 minutos, durante 3 semanas consecutivas. O outro programa era caracterizado pelos mesmos 6x 4 minutos, em velocidade constante, levando-se em conta a maior velocidade mantida pelos atletas nas três semanas anteriores, porém cada um escolhia, subjetivamente, o tempo necessário de recuperação, sem obter *feedback* acerca da FC durante a recuperação, nem do tempo que cada um selecionou para o início do estímulo subsequente. Os autores, concluíram que, para séries intervaladas de duração entre 3 e 6 minutos, e com a intensidade variando entre 90 a 100% do VO₂max, um corredor bem treinado necessita, em média, de 120 segundos para a recuperação da FC, para a ressíntese parcial da CP, para a mudança na concentração plasmática de potássio e para a recuperação intracelular das concentrações dos íons fosfato (P e H₂PO₄), possibilitando assim que os estímulos sejam mantidos próximos ao VO₂max durante toda a sessão de treino.

Também Price e Halabi (2005), consideraram o desempenho e as respostas fisiológicas agudas durante uma sessão de TIAI quando analisaram a relação esforço:pausa de 8 sujeitos fisicamente ativos. Os indivíduos realizaram três tipos diferentes de treino intervalado, denominados como curto (6s de estímulo para 9s de recuperação), médio (12s de estímulo para 18s de recuperação) e longo (24s de estímulo para 36s de recuperação). Os treinos foram realizados a uma intensidade de 120% do VO₂max, com recuperação ativa e relação esforço:pausa de 1:1,5. Durante o estudo, os sujeitos realizaram, em três sessões distintas, cada um dos três tipos de treino intervalado. Sendo que no final da série, depois de uma breve recuperação, os mesmos tinham que voltar a correr, o máximo de tempo possível, a 150% do VO₂max, até atingirem a exaustão voluntária. Os investigadores verificaram que as séries intervaladas supramáximas, longas e médias, promoviam maior stress fisiológico e utilizavam maiores quantidades de hidratos de carbono, quando comparadas às de curta duração. Desta forma, concluiu-se que o desempenho é comprometido pela elevada utilização de glicogénio muscular (e subsequente depleção), e pelo aumento da FC, sendo que, ambos os fenómenos são mais marcantes nas séries intervaladas de média e de longa duração.

Vários autores têm utilizado densidades fixas do tipo 2:1, 1:1, 1:2 (Billat et al., 1999, Septo et al., 2001; Smith et al., 1999) ou tempos de recuperação baseados em valores fixos de frequência cardíaca máxima (Acevedo & Goldfarb, 1989; Simoneau et al., 1987). Porém, sabe-se que o intervalo de recuperação para uma sessão de treino intervalado realizado em intensidades próximas ao VO₂max, deve ser ótimo (ou suficiente) para que as variáveis fisiológicas EC, FC, limiares metabólicos e pH intramuscular possam aproximar-se ao valor de base (Price & Halabi, 2005; Seiler & Hetlelid, 2005; Zavorsky et al., 1998), permitindo que o atleta mantenha o desempenho durante toda a sessão.

Em prol destas evidências, podemos afirmar que as componentes do treino intervalado são manipuladas e inter-relacionadas conforme o objetivo que o treinador tenha com a respetiva sessão para o processo de treino do seu

atleta. Em termos práticos, o treino intervalado visa aumentar a tolerância ao acúmulo de lactato, melhorar a capacidade de remoção desse metabolito, aumentar a velocidade média sustentada pelo atleta durante o treino e, à posteriori, durante a competição. Em termos fisiológicos, este visa promover adaptações positivas nas variáveis preditoras do desempenho aeróbio, tais como o $VO_2\text{max}$, a $vVO_2\text{max}$, os limiares metabólicos (LAN , $OBLA$ e $MLSS$) e a EC (Billat, 2001a; Hawley et al. 1997; Laursen & Jenkins, 2002).

Um dos primeiros estudos que demonstraram o impacto benéfico do treino intervalado de alta intensidade sobre o desempenho em indivíduos treinados foi conduzido por Acevedo e Goldfarb (1989). Estes autores investigaram o efeito de 8 semanas de treino de alta intensidade em 7 corredores masculinos competitivos de longa distância. Os treinos de alta intensidade foram realizados 3 dias por semana com uma intensidade correspondente a 90-95% da frequência cardíaca máxima. Nos restantes dias da semana, os atletas mantiveram as suas corridas contínuas habituais. O tempo de corrida aos 10000m melhorou após a experiência, passando de 35min27s a 34min24s, apesar de não ter havido mudança no $VO_2\text{max}$. Já Bangsbo et al. (2009), por um período de 6 a 9 semanas, pediram a um grupo de corredores que substituísse cerca de um quarto do seu volume de treino normal através da inclusão de um treino intervalado (12x 30s) 3 a 4 vezes por semana. A um outro grupo, pediram que continuasse com o seu treino contínuo habitual (55km por semana). Após o período de intervenção, verificaram que o $VO_2\text{max}$ não se alterou, mas que a performance aos 3000m e 10000m, no grupo que realizou treino intervalado melhorou de 10min40s para 10min10s e 37min30s para 36min30s, respetivamente. No grupo de controlo não foi encontrado nenhuma mudança no desempenho. De forma similar, Smith et al. (2003) relataram que os corredores treinados que completaram 2 sessões semanais de treino intervalado (6x 2min ao $vVO_2\text{max}$) durante um mês, melhoraram o seu desempenho na corrida de 3000m em comparação com o grupo que continuou com o seu treino normal.

Os benefícios adquiridos num treino intervalado estão então dependentes de uma boa coordenação entre a intensidade, a duração de trabalho e a recuperação (Rozenek et al. 2007). Segundo Fox (1992), este método de treino tem sido muito utilizado para aumentar a capacidade de captação de oxigénio pelos músculos em exercício, pois em comparação com o treino contínuo, proporciona menor grau de fadiga pela maior intervenção da via energética do sistema ATP-CP e consequentemente, menor produção de ácido láctico. Isto deve-se aos intervalos de descanso que, após cada exercício interrompido, reabastecem pelo sistema aeróbio os stocks de ATP-CP esgotados no período de exercício, compensando parte do débito de oxigénio e colocando novamente o sistema ATP-CP como fonte de energia. Por outras palavras, a fadiga produzida pelo treino intervalado converte-se em intensidade de trabalho, possibilitando a melhoria da capacidade energética dos músculos ativos.

Para McArdle et al. (1991), os processos aeróbios do corpo, sendo estimulados pelo treino intervalado aumentam a capacidade celular de sustentar taxas mais altas de transferência de energia aeróbia em relação aos esforços de intensidade elevada. Sendo que, essas mesmas células em resposta ao estímulo do treino intervalado, aumentam a produção de lactato e em consequência, também facilitam a sua remoção (Billat, 2001b). Desta forma, os corredores ao treinar à intensidade do LAn desenvolvem estímulos, capazes de provocar alterações fisiológicas positivas nos seus organismos (Farrel et al. 1979; Sjödín et al. 1982; Janssen, 1987). Posto isso, torna-se importante compreender o nível de lactatémia no treino intervalado já que, como referi anteriormente, a produção e remoção do lactato neste tipo de treino são determinados pela intensidade e duração do intervalo. Assim sendo, o conhecimento deste nível é de grande utilidade quando se quer aumentar o consumo de oxigénio minimizando a acumulação de lactato (Olsen et al., 1988), visto que a taxa de lactatémia revela a contribuição glicolítica no esforço despendido pela musculatura ativa (Mader, 1991).

O conceito de limiar anaeróbio está então associado à intensidade máxima de exercício em que se verifica um equilíbrio entre a produção e

remoção do lactato, geralmente conhecido por limiar das 4 mmol/l. (Heck et al., 1985). Assim, para os mesmos autores, qualquer intensidade de esforço acima deste limiar terá como consequência a acentuada acumulação sanguínea de lactato e uma possível diminuição de rendimento. O aumento da concentração sanguínea de lactato durante e após o exercício é um sinal da contribuição da glicólise no fornecimento da energia necessária para a manutenção da intensidade do exercício e o resultado da formação, acumulação e eliminação de lactato no músculo, noutros tecidos e no próprio sangue (Mader, 1991).

Contudo, é importante realçar que o lactato sanguíneo não reflete de uma forma fidedigna a produção muscular de lactato, verificando-se que o lactato sanguíneo é consideravelmente menor que o lactato muscular (Billat, 1996). Isto ocorre devido aos mecanismos de remoção de lactato que pode ser realizada por diversas fontes, principalmente, pelo músculo ativo (Åstrand et al., 1986), pela fibra muscular em que foi produzido (Brooks et al., 1999; Brooks, 2000), pelas fibras ou músculos adjacentes (Donovan & Pagliassotti, 1989) e por alguns órgãos como o fígado e o coração. No entanto, este valor de limiar assume-se como um indicador que reflete as alterações que ocorrem no músculo (Stallknecht et al. 1998).

Durante muito tempo, o consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) foi considerado, como um importante indicador cardiorrespiratório de potência aeróbia. No entanto, tem-se vindo a verificar que este é um critério insuficiente para avaliação da resistência em esforços de média e longa duração. Com efeito, constata-se que o sucesso entre corredores com VO_{2max} semelhantes é determinado pela capacidade de manter elevadas intensidades de corrida, a uma elevada $\%VO_{2max}$ e com uma baixa lactatémia (Jones, 1998; Mader, 1991). Assim, a formação e o aparecimento de lactato na corrente sanguínea e a sua relação com a intensidade e duração de esforço, assume uma enorme importância na prescrição do treino intervalado (Medbo & Burgers, 1990).

Atualmente, a velocidade de corrida no LAn é o melhor indicador de performance dos atletas após realizarem o método de treino intervalado (Heck et al., 1985). Este é identificado como um bom preditor da prestação dos atletas na corrida, correspondendo a 72- 92% da variação da performance para

distâncias compreendidas entre 3,2 - 42,2 km (Farrell et al., 1979; Sjödín et al., 1981).

A fim de verificar essa relação, Santos - Concejero et al. (2013) investigaram se a velocidade de início do acúmulo do lactato sanguíneo (vObla) é um bom indicador de desempenho na corrida de média e longa distância em corredores bem treinados. Avaliaram vinte e dois corredores que completaram um teste incremental em tapete rolante para determinar a vObla (4mmol/l de concentração de lactato). Foram analisadas as relações entre vObla e a melhor velocidade nos ritmos de corrida de 3000 e 10000m. O valor encontrado para a vObla foi de $17,7 \pm 1,2$ km/h e as velocidades aos 3000m e 10000m foram $19,0 \pm 0,8$ km/h e $21,1 \pm 0,7$ km/h, respetivamente. Foi encontrada uma relação linear positiva entre vObla e a velocidade nos 10000m ($r = 0,761$, $p < 0,05$) e entre vObla e a velocidade nos 3000m ($r = 0,561$, $p < 0,05$). Estes autores concluíram que existe uma relação significativa observada entre vObla e o desempenho do corredor de média e longa distância na velocidade de corrida nos 3000 e 10000 metros.

Enquanto que Esfarjani e Laursen (2007), com intuito de detetar as melhorias nas variáveis fisiológicas com diferentes treinos intervalados, compararam os efeitos de dois tipos de treino intervalado para o VO_{2max} , LAn e a performance de corrida para 3000m em corredores moderadamente treinados. Eles relataram que o TI prescrito utilizando a vVO_{2max} como a intensidade dos intervalados, e o treino realizado a 60% da vVO_{2max} melhorou o tempo de performance de 3000m (-7.3%), concomitante com o aumento no VO_{2max} (+9.1%), na vVO_{2max} (+6.4%) e na vLAn (+11.7%). Já o treino intervalado curto de sprint máximo de 30s, melhorou a performance de corrida dos 3000m (-3.4%) com simultâneos aumentos em VO_{2max} (+6.2%) e na vVO_{2max} (+7.8), mas não na vLAn (+4.7%; $p = 0.07$). Contudo, a melhoria na performance e nas variáveis fisiológicas tende a ser mais significativa quando se realiza maioritariamente o treino intervalado longo (TIL) na vVO_{2max} quando comparado com o treino intervalado curto (TIC) de sprint supra máximo.

Já Gunnarson e Bangsbo, em 2012, estudaram o efeito fisiológico de uma alteração de treino de resistência “padrão” para o treino intervalado em indicadores de saúde cardiovascular, metabolismo muscular, VO_2max e desempenho em corredores moderadamente treinados. Os indivíduos foram divididos em dois grupos, um grupo de treino de alta intensidade e um grupo de controlo que manteve o seu treino normal. Durante um período de 7 semanas, o grupo do treino intervalado substituiu todas as sessões de corrida por uma baixa, moderada e alta velocidade em todas as sessões de treino (< 30, < 60 e < 90% da intensidade máxima) para 30, 20 e 10s, respetivamente, em três ou quatro blocos de 5min intercaladas com 2min de recuperação. Deste modo, o volume de treino semanal foi reduzido de 30km para 14km de corrida. Após o período de intervenção, o VO_2max foi aumentado 4% no grupo de treino intervalado, e o desempenho na distância de 1500m e 5000m melhorou significativamente (21s e 48s, respetivamente). Além disso, a pressão sanguínea sistólica foi reduzida, assim como o LDL e o colesterol total foram significativamente menores. Já no grupo de controlo, não foram observadas alterações nos diferentes parâmetros durante todo o período de intervenção. Este estudo revelou que o tipo de treino intervalado de alta intensidade pode melhorar tanto o perfil de saúde cardiovascular assim como o desempenho do exercício.

Como tal, as capacidades funcionais do coração podem ser substancialmente aumentadas por intermédio deste método de treino (Zakharov, 2003). Segundo o autor, tal fenómeno é possível devido à correta relação entre o estímulo e o repouso. Já que apenas com a combinação racional de cargas diferenciadas é que se pode obter melhorias na capacidade funcional do músculo cardíaco. Para além disso, ele também observou um aumento significativo na frequência máxima na qual o oxigénio poderia ser utilizado pelo corpo. Isso demonstrou que os efeitos benéficos deste método de treino não estavam restritos ao coração. Na realidade, trabalhos subsequentes demonstraram que o maior benefício para o indivíduo não era oriundo dos efeitos sobre o coração em si, mas da melhoria da capacidade do músculo

esquelético em utilizar o oxigénio e os substratos energéticos obtidos da corrente sanguínea (Newsholme; Leech; Duester, 2006).

Por tudo isto, as adaptações a este tipo de treino, centram-se na ampliação do “âmbito funcional dos diferentes sistemas orgânicos”, na capacidade de manter os padrões motores perante condições adversas internas e na tolerância à fadiga imposta pelo treino (Castelo et al. 1998). Reportando que, as melhorias na capacidade aeróbia dos atletas após realização de treino intervalado são acompanhadas por um desvio das curvas de lactato para a direita, o que, essencialmente, representa o deslocamento do limiar anaeróbio para intensidades superiores. Quando o referido ocorre, o atleta encontra-se fisiologicamente preparado para trabalhar a uma intensidade superior sem que tal se traduza num aumento dos níveis sanguíneos de lactato (P. Santos, 1995).

Compreender o papel do lactato no organismo torna-nos capazes de facilmente entender por que certos tipos de treino que foram feitos no passado, funcionaram tão bem e como podemos agora aplicar esse conhecimento de forma mais precisa, usando inclusive, o “novo treino intervalado” (New Interval Training) para aumentar o desempenho dos nossos atletas.

Movamo-nos então para os dias de hoje. A nossa compreensão de como o corpo produz energia mudou muito e é possível ser identificado uma tipologia de treino intervalado pouco usual entre os corredores de MFF portugueses, o “novo treino intervalado” (NTI). Neste, o efeito que procuramos com o treino acontece, novamente e especificamente nos intervalos entre as repetições de corrida rápida.

O NTI é um método simples que se caracteriza especificamente por um trabalho de repetição onde o que o atleta faz durante os intervalos de recuperação é crucial e, na verdade, tem um profundo efeito sobre a formação de sistemas de energia metabólica (Thompson, 2010).

No intervalo entre as repetições mais rápidas, neste tipo de treino, o atleta realiza uma recuperação em corrida ativa. No NTI realizado em pista, o intervalo de recuperação é geralmente definido em termos de distância à qual o atleta faz a recuperação ativa específica, o “rolamento”. Os diagramas a seguir

(Figura 1 e 2) ilustram, dessa forma, a clara diferença entre o TI tradicional e o NTI.

Figura 1- TI tradicional - Intervalos entre repetições são realizados com paragem ou trote.

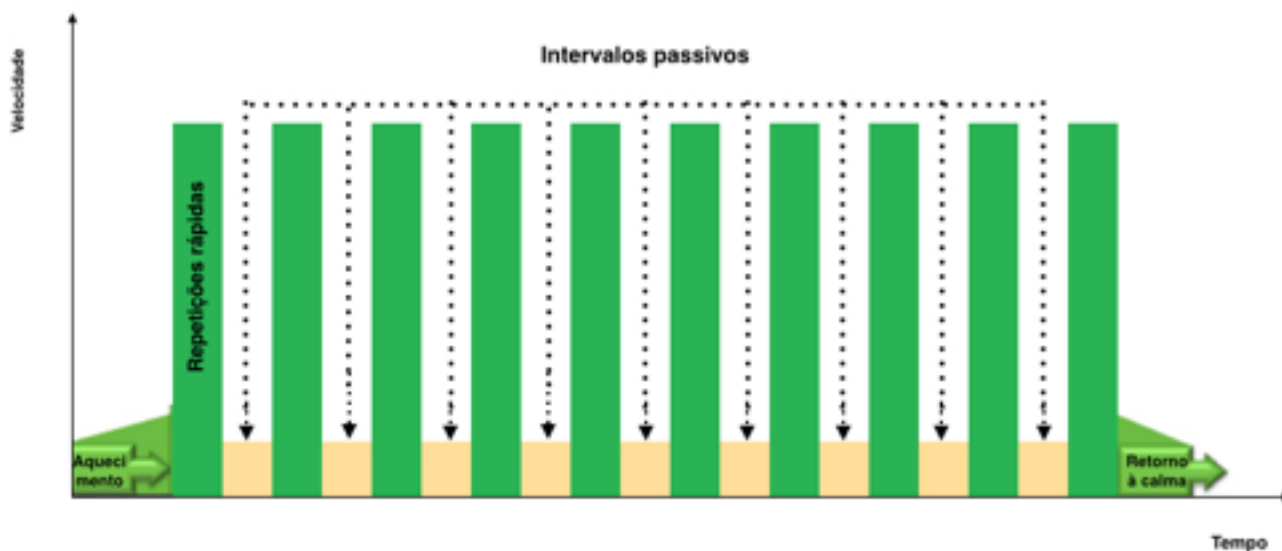
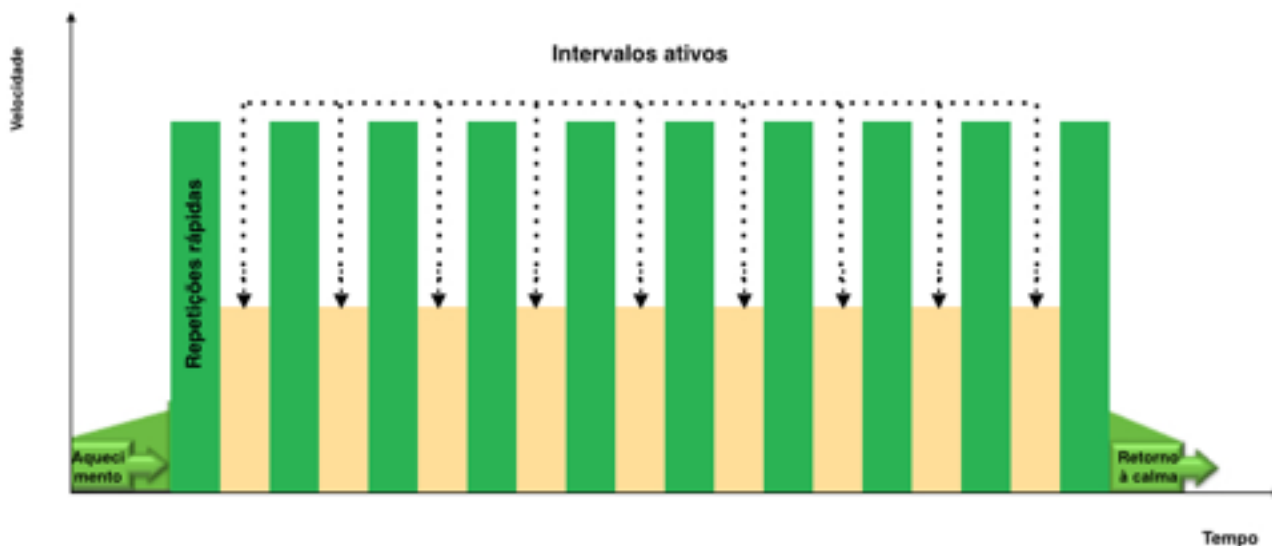


Figura 2- NTI - Intervalos entre repetições são realizados em corrida ativa.



A recuperação ativa realizada durante os intervalos entre repetições permite desenvolver a relação sinérgica entre o lactato e os sistemas de

energia aeróbia, melhorando o desempenho em todos os ritmos e distâncias. O atleta vai correr mais rápido durante mais tempo, melhorando não apenas o limiar anaeróbio e a economia de corrida, mas também a sua velocidade ao VO_{2max} (vVO_{2max}) e o tempo de execução a essa velocidade ($Tlim$) (Thompson, 2005).

Com este método, cada recuperação torna-se tão importante como a repetição mais rápida. Estes complementos de corrida não são necessariamente muito longos e são realizados pelo atleta a um ritmo controlado. A distância de recuperação pode ser de 100m, 200m, 300m ou qualquer outra distância que seja adequada ao estágio de desenvolvimento do atleta, de forma a poder proporcionar variedade e criar diferentes efeitos sobre a dinâmica de produção e remoção do lactato (Thompson, 2005).

Na prática, segundo o autor, uma sessão de TI tradicional pode ser convertida numa sessão de NTI, basta:

- Introduzirmos corrida ativa nos intervalos de recuperação;
- Reduzirmos o ritmo da sessão, ou manter o ritmo e fazer a sessão com um conjunto menor de repetições;
- Variar o ritmo da corrida rápida nas repetições das series e na sessão, de forma a fazer variar as dinâmicas de produção e remoção de lactato nas recuperações ativas;
- Terminar cada repetição e sessão de treino com uma recuperação “roll-on”.

Exemplo:

TI - 12 x 400m (ritmo 3000m) i= 90s (parado ou trote).

NIT - 3 x 4 x 400m (ritmo 3000m) i= 100m “roll-on” l= 3min corrida fácil

A eficácia deste tipo de treino foi verificada pelo desempenho de muitos atletas bem conhecidos e de classe mundial, como Brendan Foster, Benita Johnson, Paula Radcliffe, Stefano Baldini, Steve Prefontaine e Hicham El Gourouj, os quais usaram variações dessa abordagem rítmica com

recuperações muito ativas. Em Fevereiro de 2004, no campeonato nacional australiano, Benita Johnson surpreendeu os espectadores quando realizou a primeira volta da prova de 10.000m, para apuramento dos JO de Atenas, em 72seg. A segunda volta completou-a em 82seg, causando nova reação por parte dos espectadores. Acabou por vencer a prova realizando alternâncias de 72seg e 82seg na restante distância da corrida.

Jasson Begashe, um treinador da academia IAAF, realizou no ano de 2007 um estudo comparando a eficácia do “novo treino intervalado” com o treino intervalado “tradicional”. O estudo foi realizado em Babati, cidade situada na região da Tanzânia, durante 8 semanas. O estudo demonstrou que todos os atletas do grupo do NTI melhoraram significativamente o seu desempenho comparativamente aos atletas do grupo de treino intervalado tradicional, apesar de terem características similares como, a idade cronológica, o mesmo tempo de treino, o mesmo ambiente físico e económico e a participação dos mesmos eventos de corrida, desde os 10.000m à maratona. Os dois grupos realizaram as sessões de treino duas vezes por semana, perfazendo um total de 16 sessões durante o período de estudo. Uma sessão típica do Grupo A (NTI) foi de 3 x 5 x 400m (3km) [100m roll-on e 800m roll-on]. Isto significa que eles realizaram três séries de 5 x 400m a ritmo de 3000m. O intervalo de recuperação entre as repetições foi um rolamento ativo de 100m, que acabou por ser realizado a um ritmo de 10000m aproximadamente. A recuperação entre as séries foi um rolamento ativo de 800m realizado ao mesmo ritmo (10000m). O grupo B fez exatamente a mesma sessão em todas as ocasiões, mas com recuperações passivas de 60-90s entre as repetições e 4min entre as séries. No final das oito semanas os seis atletas competiram nos 10000m de estrada no campeonato nacional da Tanzânia, tendo Malak Ole Mang'era melhorado o seu record pessoal de 31min para 29min18s. Outro exemplo positivo da aplicabilidade deste método é o caso da atleta russa Gulnara Galkina, treinada por Gennady Suvorov e detentora do record mundial de 3000m obstáculos. A aplicação deste método de treino por parte do seu treinador permitiu que a atleta melhorasse a vários níveis e em diversas distâncias, como no caso dos 1500m em pista coberta (4:02.34). Esta foi mais

uma confirmação de que o “Novo treino intervalado” desempenhou um papel contributivo no processo de treino de Gulnara Galkina, tendo-se tornado a primeira mulher a baixar os nove minutos (8:58.81) na corrida de obstáculos, tornando-se a primeira campeã olímpica desta tradicional modalidade do atletismo masculino, que estreou na versão feminina nos Jogos Olímpicos de Pequim 2008.

Vários são os treinadores que passaram a utilizar o NTI como método preponderante no processo de treino dos seus atletas (Thompson, 2010). Eles verificam que este método de treino para além de ser útil e agradável devido à sua característica rítmica, permite melhorias rápidas e duradouras na capacidade de desempenho de cada atleta em distâncias distintas.

2.2 Economia de Corrida

O conceito de Economia de Corrida é usado para expressar o consumo de oxigénio necessário durante a corrida a uma determinada velocidade submaximal. A EC é determinada pela relação do consumo de oxigénio (VO_2) e a velocidade de corrida ou, simplesmente, pela análise da energia requerida por unidade de massa corporal para uma determinada distância de corrida (Bassett & Howley, 2000). Tendo em conta a massa corporal, a uma mesma velocidade, corredores com uma boa EC utilizam menos energia e, desta forma, possuem um menor consumo de oxigénio do que corredores com uma fraca EC. Assim sendo, a EC de um atleta será tanto melhor quanto mais baixo for o valor de VO_2 correspondente a uma determinada velocidade. Quer dizer, que o atleta mais económico pode aumentar a velocidade da corrida para atingir o mesmo consumo de oxigénio, ganhando vantagem em relação a um oponente menos económico. Diversos estudos têm demonstrado que EC pode explicar, de forma objetiva, a variabilidade da performance no MFF entre corredores com valores similares de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (Sjödin & Svedenhag, 1985; Bassett & Howley, 1997).

A quantidade de energia despendida durante a corrida depende de fatores como: a distância da corrida, massa corporal, velocidade da corrida e a eficácia da passada (Péronnet, 1991). A esse nível, a variabilidade inter-individual da EC está dependente de uma série de indicadores fisiológicos (temperatura corporal, frequência cardíaca e ventilatória, tipos de fibras musculares), biomecânicos (frequência e amplitude da passada, oscilação vertical do centro de massa, força de reação do solo), antropométricos (massa corporal, altura, índice de massa corporal, distribuição da massa corporal, comprimento do membro inferior, comprimento da bacia, tamanho do pé, flexibilidade e amplitude de movimento), psicológicos (estado psicológico, estratégias mentais), ambientais (altitude, vento, temperatura, humidade, piso e perfil topográfico), por fatores relacionados com o treino (treinabilidade, fadiga,

sobretreino, destreino), como também pela idade, sexo e vestuário (Paiva, 2002; Santos, 2002).

A variabilidade inter-individual da economia de corrida em atletas com performances desportivas semelhantes deve-se, entre outros, a fatores mecânicos. Partindo deste pressuposto, a diversidade considerável de diferentes mecânicas de corrida identificáveis a olho nu sugerem a existência de padrões de passada mais ou menos eficazes (Paiva, 2002). O perfil mecânico dos atletas mais económicos estudados por Williams e Cavanagh (1987) a uma velocidade padrão (3,6 m/s) apresentava em comum um menor pico de força no ataque do calcanhar ao chão, menor ângulo de flexão plantar máxima após a perda de contacto dos dedos com o chão, uma inclinação do tronco à frente superior e uma menor velocidade mínima de um ponto do joelho durante o contacto do pé com o solo.

As características mecânicas e as dimensões antropométricas de cada indivíduo podem ser adaptadas pelo treino na procura da atitude de corrida mais económica. Nesse sentido a técnica de corrida, como estratégia para potenciar melhorias a esse nível, deve ser considerada.

2.3 Técnica de Corrida

A técnica de corrida de um corredor de elite pode assumir uma elevada importância, uma vez que representa a forma como a corrida é realizada, sendo que a compreensão do modo como esta se processa, no que se refere à forma de obtenção de uma maior velocidade ou economia de corrida, indicamos algumas das prioridades do treino (Costa, 1996). O estilo de corrida de cada corredor é muito específico (Skof B., 2004), apesar de existirem alguns modelos gerais em relação ao que é considerado uma técnica de corrida otimizada. Desta forma, devemos compreender que não existem fatores mecânicos da corrida que possam ser considerados como referência para a definição de uma técnica ideal de um corredor de elite (Williams, 1991).

Para Schomolinsky (1983), o movimento cíclico da corrida pode ser dividido em duas fases: uma fase de apoio e uma fase aérea. Desta forma, um fator importante na procura de uma técnica de corrida eficiente prende-se com a capacidade de gerar a menor desaceleração possível na fase de amortecimento da fase de apoio. Este momento é o responsável pela maioria das perdas de velocidade durante o apoio com o solo (Costa, 1996), devendo esta fase ser o mais curta possível. Para isso, e para que haja uma menor perda de velocidade horizontal, o pé de apoio deverá ser colocado o mais perto possível da projeção vertical do centro de massa do corpo no chão (Skof B., 2004) e deve deslocar-se com uma velocidade horizontal que se aproxime da deste, mas no sentido contrário ao seu deslocamento (Costa, 1996).

A passada, como unidade básica da corrida, corresponde ao ciclo que se inicia no contacto de um pé e termina no contacto do mesmo pé sendo que, a diversidade das características desta determinam a velocidade do corredor (Cavanagh & Kram, 1989).

Ao nível do nosso estudo, vamos ter em conta os dois componentes da base da locomoção do ser Humano: o comprimento de passada e a frequência

de passada (Hay, 1981; Danion et al., 2003). O comprimento de passada corresponde à distância percorrida em cada passada e a frequência corresponde ao número de passadas realizadas num determinado tempo (Danion et al., 2003). Para uma dada velocidade de corrida, o comprimento e a frequência da passada são livremente selecionados pelo indivíduo (Cavanagh & Kram, 1989; Martin et al., 2000). Segundo Ecker, (1985), o parâmetro amplitude de passada é determinada pelo comprimento do membro inferior e pela força exercida no solo durante cada passada. O aumento dessa amplitude tem vindo a ser demonstrado como uma das principais causas para o aumento da velocidade até velocidades de 5 m/s (Luhtanen & Komi, 1978). A este ponto, segundo Bushnell & Hunter (2007), a capacidade técnica tem influência na adoção de diferentes amplitudes. Ainda assim, Cavanagh e Kram (1989) apresentam um maior número de fatores capazes de influenciar a mesma, tais como: a velocidade, calçado, propriedades da superfície, dimensões antropométricas, estado de desenvolvimento, nível do atleta, composição das fibras musculares, estado de fadiga, e historial de lesões. No entanto, as alterações exatas que estes fatores específicos provocam não são de todo conhecidas. Svedenhag (2000), afirma que os valores mais baixos de EC são encontrados em amplitudes adotadas livremente pelos atletas. Desta forma, o autor refere que parece haver evidências de que os atletas, espontaneamente, conseguem manipular alguns aspetos da técnica de corrida, no sentido de minimizar o custo energético. Anderson (1996) refere que as passadas com grande amplitude provocam uma excessiva oscilação vertical do centro de massa, o que implica um custo energético superior devido à maior quantidade de trabalho necessária para a propulsão. No entanto, refere ainda que as passadas com amplitude reduzida proporcionam uma frequência mais elevada, o que faz aumentar a carga interna e consequentemente o custo energético.

A apreciação de alguns aspetos mecânicos da corrida e a sua associação com a EC tem sido feita por alguns investigadores, pois parece aceitável que uma boa técnica de corrida tenha implicações positivas no gasto energético (Cavanagh et al., 1985; Cavanagh & Kram, 1985, 1989; Cavanagh,

Pollock & Landa, 1977; J. Daniels & N. Daniels, 1992; Ecker, 1996; Williams, 1991).

Neste contexto, Martin e Morgan (1992) referem que apenas uma pequena percentagem de indivíduos tem uma combinação desajustada entre a amplitude e a frequência da passada e o custo aeróbio da corrida. Num padrão de passada adequado, um pequeno desvio na amplitude ou na frequência não altera a EC. Já Kyrolainen et al. (2000) reforçam a ideia através do estudo efetuado com 7 triatletas, onde observaram que um pequeno aumento da frequência da passada e um decréscimo semelhante na amplitude de passada, não contribuíram para a alteração da EC. Desta maneira, uma mudança em aspetos mecânicos da corrida, que resultem num menor dispêndio energético a uma dada velocidade, será uma vantagem para a performance (Cavanagh & Williams, 1982).

Assim sendo, e de acordo com o desafio do nosso trabalho, é de grande interesse e compreensão conhecer a forma como uma mudança mecânica ao nível dos apoios pode influenciar o rendimento dos atletas.

2.4 Mecânica do apoio

O pé é o único segmento do corpo que recebe diretamente as forças do solo durante o movimento de corrida (Hasegawa et al., 2007), compreender a forma como o pé do corredor se comporta no momento do contacto com o solo, durante as fases de apoio e aérea tem especial importância.

Geralmente, são definidas três categorias de tipos de contacto do apoio mais frequentes nos corredores de MFF: retropé, no qual o contacto inicial se realiza no calcanhar ou parte posterior do pé; médiopé, no qual o calcanhar e os metatarsos fazem o contacto quase que simultaneamente e antepé, em que o contacto inicial é feito predominantemente na metade anterior do pé (Cavanagh & LaFortune, 1980; Hasegawa et al., 2007; Lieberman et al., 2010;

Lohman et al., 2011). Estudos sobre o tipo de apoio mais comum em corredores de longa distância relataram que 75 - 99% dos corredores faz o primeiro contacto com o calcanhar (retropé/ terço posterior), 0-24% realizam o contacto com o médio-pé e os restantes 0 - 2% fazem-no a partir do antepé (terço anterior) (Kerr, 1983; Hasegawa et al., 2007; Larson et al., 2011).

O padrão do apoio depende, em certa forma, de variáveis como a velocidade, superfície, calçado e fadiga (Daoud et al., 2012). Cada uma destas variáveis pode influenciar diretamente o comportamento mecânico dos nossos apoios e desta forma contribuir para uma evolução positiva ou negativa da performance na corrida.

A velocidade influencia diretamente o tipo de apoio realizado e o comportamento mecânico dos corredores. Pesquisas anteriores, verificaram que os corredores que corriam a velocidades inferiores a 18km/h tinham um apoio predominantemente em retropé e que a velocidades superiores, compreendidas entre 18 - 21,6km/h, esse apoio era realizado em médio-pé ou antepé (Nigg et al., 1987; Keller et al., 1996). Desta forma, os corredores conseguiam lidar com as forças de reação do solo em velocidades mais elevadas (Nigg et al., 1987).

Relativamente à influência do padrão de apoio do pé na performance da corrida, alguns estudos observaram uma menor percentagem de apoio em retropé nos atletas de elite comparativamente com corredores de desempenho inferior (Hasegawa et al., 2007; Kasmer et al., 2013), ao passo que noutros essa tendência não se verificou (Larson et al., 2011). Os padrões de mediopé e antepé permitem um melhor alongamento do arco do pé, um melhor armazenamento e libertação de energia elástica dos tendões, dos ligamentos e músculos dos membros inferiores durante a primeira parte do contacto do apoio com o solo (Lieberman et al., 2010; Perl et al., 2012). Diversos autores mostraram que um apoio em médio-pé e antepé tem um menor tempo de contacto com o solo (Cavanagh & Lafortune 1980; Hasegawa et al., 2007; Ogueta-Alday et al., 2014), o que aumenta a rigidez da perna e, eventualmente, melhora a economia de corrida (Dumke et al., 2012). O padrão de apoio no antepé tem sido sugerido para aumentar a economia de corrida

comparativamente ao apoio em retropé (Hasegawa et al., 2007; Lieberman et al., 2010; Jenkins & Cauthon, 2011). Contudo, o estudo realizado por Gruber et al. (2013) ao comparar parâmetros biomecânicos e fisiológicos de corredores com diferentes padrões de apoio, a baixa e média velocidade, verificaram que não existiam diferenças significativas na economia de corrida entre corredores de retropé e antepé. E que um apoio em retropé tendia a ser mais económico do que o apoio em antepé. Quanto a tal constatação é importante referir que neste estudo, assim como no de Perl et al. (2012), a análise da influência do padrão de apoio na economia de corrida, foi realizada em corredores recreativos (com velocidades de corrida até 14,4 km/h). Daí que não se deva estabelecer relações com o tipo de dados retirados em testes onde foram avaliados corredores de elite.

Assim, a prevalência de corredores de médio-pé e antepé entre os atletas de elite (Kasmer et al., 2013), pode indicar-nos que um padrão de apoio de médio-pé e antepé é uma característica biomecânica desejável, capaz de melhorar a eficiência mecânica da corrida e ao mesmo tempo reduzir a incidência da lesão (Martin & Coe, 1991; B. Glover & S.F. Glover, 1999; Dreyer, 2003; Shorter, 2005).

3. Objetivos e Hipóteses

3. Objetivos e Hipóteses

3.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste estudo consiste em avaliar o efeito de diferentes tipos de recuperação (passiva e ativa) numa sessão de treino intervalado em corredores de MFF.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar as diferenças de intensidade provocadas pelo tipo de recuperação.
- Verificar as diferenças obtidas em determinadas variáveis fisiológicas.
- Verificar as diferenças obtidas em determinados parâmetros mecânicos do apoio.

3.3 Hipóteses

Na sequência dos objetivos acima definidos, formulámos as seguintes hipóteses:

(I) A intensidade dos treinos intervalados é mais baixa quando os intervalos de recuperação são ativos.

(II) Os valores de FC são significativamente mais elevados nas sessões de treino intervalado com recuperação ativa comparativamente com as sessões de treino intervalado com recuperação passiva.

(III) Os valores de lactato são mais elevados na sessão de treino intervalado com recuperação passiva comparativamente com as sessões de treino intervalado com recuperação ativa.

(IV) Os parâmetros mecânicos do apoio traduzem perdas nos treinos intervalados onde a recuperação é ativa.

(V) A distância de 300m nos treinos intervalados apresenta diferenças significativas nos parâmetros mecânicos do apoio, quando comparado com as séries de 400m.

4. Material e Métodos

4. Material e Métodos

4.1. Caracterização da amostra

Este estudo foi realizado com uma amostra de 9 corredores nacionais de MFF do sexo masculino. Todos os atletas apresentavam um tempo de prática competitiva superior a 7 anos e um tempo médio de 30'01" $\pm$ 1'17" aos 10000m e cuja caracterização se apresenta no quadro 1.

Quadro 1 - Valores médios ($\pm$ dp) relativos às características fisiológicas dos atletas avaliados (n=9).

Caraterísticas	Valores
Idade (anos)	28,0 $\pm$ 6,1
Peso (kg)	63,3 $\pm$ 6,9
Altura (cm)	174,2 $\pm$ 5,4

Todos os participantes no estudo foram informados dos objetivos e de todos os procedimentos, assim como da sua finalidade e consequências. Foi pedido aos atletas da amostra, que não modificassem as suas rotinas de treino e que não realizassem qualquer treino intenso nas 24 horas que precederam qualquer um dos testes realizados. Foram ainda instruídos a não adotarem qualquer alteração nutricional significativa durante os períodos de avaliação.

4.2 Procedimentos

No início do estudo os corredores foram submetidos ao registo dos dados antropométricos como o peso e a altura.

Os sujeitos realizaram três momentos de avaliação. Um primeiro momento, correspondente à realização do teste do limiar anaeróbio onde determinamos a V4 e a V2 de cada um dos corredores, e outros dois momentos onde foram submetidos a duas sessões de treino intervalado. A primeira sessão consistia na realização de 10x400m com intervalo de 1min passivo (T_{ipas}) entre as repetições. A segunda sessão, consistia na realização de 10x400m com intervalo, entre as repetições, de 300m ativo (T_{lact}) - tendo sido dada a indicação de que teriam que realizar essa distância à intensidade da V2 previamente determinada. Os testes foram realizados em três sessões distintas com um intervalo mínimo de um dia de recuperação. Os três testes tinham que ser realizados num período máximo de sete dias.

Em cada um dos testes, e de forma a conseguirmos analisar vários parâmetros mecânicos dos apoios, utilizamos o TUNE, um dispositivo composto por palmilhas de pressão, tal como mostra a figura 3.



Figura 3- TUNE (Kinematix, 2015).

4.3 Procedimentos utilizados na determinação do limiar anaeróbio

A avaliação do limiar anaeróbio de cada um dos corredores foi realizada segundo o protocolo de Mader et al. (1976), numa pista sintética de 400m. Os atletas realizaram 3 patamares de 2000m com incrementos de velocidade de 0.4 m/s por patamar. Durante a realização de cada patamar, foram fornecidos aos atletas sinais auditivos coincidentes com os tempos de passagem em cada 200m (quadro 2), procurando garantir um ritmo de corrida uniforme de modo a evitar flutuações na velocidade. Para este grupo de atletas, as velocidades de corrida selecionadas para cada patamar foram 4.6, 5.0 e 5.4 m/s. É importante referir que o tempo de realização de cada patamar foi compreendido entre os 6min e 8min, tendo essa duração o objetivo de não provocar uma sobrevalorização na determinação do limiar anaeróbio (Mader et al. 1976; Foxdal et al.1996).

Quadro 2 - Tabela de tempos para cada um dos patamares dos testes de terreno de determinação do limiar aeróbio - anaeróbio (Colaço, 2007).

V(m/s)	V(min/ km)	200m	400m	600m	800m	1000m	1200m	1400m	1600	1800m	2000m
4.2	3.58.10	0.47.62	1.35.24	2.22.86	3.10.48	3.58.10	4.45.71	5.33.33	6.20.95	7.08.57	7.56.19
4.6	3.37.39	0.43.48	1.26.96	2.10.43	2.53.91	3.37.39	4.20.87	5.04.35	5.47.83	6.31.30	7.14.78
5.0	3.20.00	0.40.00	1.20.00	2.00.00	2.40.00	3.20.00	4.00.00	4.40.00	5.20.00	6.00.00	6.40.00
5.4	3.05.19	0.37.03	1.14.07	1.51.11	2.28.15	3.05.19	3.42.22	4.19.26	4.56.30	5.33.33	6.10.37
5.8	2.52.41	0.34.48	1.08.97	1.43.45	2.17.93	2.52.41	3.26.90	4.01.38	4.35.86	5.10.34	5.44.83

O início do teste foi constituído por um período de aquecimento de 6min a 8min de corrida continua a velocidades inferiores a 3.0 m/s. Os intervalos entre os patamares tiveram uma duração máxima de 1min, de modo a garantirmos que o valor do limiar determinado não estaria sobrevalorizado, devido a intervalos demasiado longos (Gullstrand et al., 1994; Coen et al., 2001; Beneke et al., 2003). Foram recolhidas amostras de sangue capilar do lóbulo da orelha durante o intervalo entre cada patamar, no qual teve como critério um aumento da concentração de ácido láctico até 4 mmol/l no sangue periférico. Para determinarmos as concentrações sanguíneas de lactato, utilizamos o *Lactate Pro Portable Lactate Analyzer*.

Garantimos ainda que os testes não fossem realizados com condições climatéricas adversas, como a presença de vento e temperaturas muito elevadas de modo a evitar estados de desidratação que pudessem hipoteticamente interferir nos valores de diluição do lactato na corrente sanguínea (Svedhal & MacIntosh, 2003) e, deste modo, interferir na leitura dos valores finais. Os atletas foram instruídos a não realizarem treinos intensos ou de grande volume, bem como a não ingerirem alimentos ou bebidas (à exceção de água) na hora antecedente à realização do teste.

4.4 Testes de treino intervalado

Depois dos registos antropométricos e do teste de limiar anaeróbio realizado, os atletas submeteram-se ao segundo e terceiro momento de avaliação. Nesses dois dias, e sempre antes de dar início a cada teste, todos os sujeitos realizaram corrida contínua com duração máxima de trinta minutos. Após o aquecimento, foi colocado em cada atleta o sistema TUNE, a banda cardíaca e o relógio Garmin Forerunner® 405. Assim que a sincronização de todos os artefactos foi efetuada, os atletas iniciaram o teste.

No treino de séries de 10x400m com recuperação passiva, os intervalos eram controlados pela equipa de investigação que era responsável por dar o sinal de partida para cada repetição, controlar os tempos de execução bem como observar e registar os valores de FC. Na realização da sessão de treino com intervalo ativo, os atletas eram instruídos no sentido de alternarem as intensidades de corrida a cada ciclo de 400m/300m e a velocidade aos 300m era corrigida sempre que necessário, de modo a garantir que os atletas a percorriam ao ritmo correspondente à V2. Todos os valores de FC foram recolhidos à posteriori, através de software específico para esse efeito.

No término de cada sessão de treino, as concentrações sanguíneas de lactato foram medidas logo após, passado 1 minuto e após 2 minutos de forma a obtermos o valor mais elevado. Para isso, utilizamos o *Lactate Pro Portable Lactate Analyzer*.

Tal como as concentrações de lactato, também a FC foi registada após a sessão e durante os 5 minutos que se precederam. Assim como todo o movimento de corrida, registado continuamente através das palmilhas de pressão ligadas ao TUNE, foi analisado e caracterizado.

4.5 Procedimentos matemáticos e estatísticos

Na análise dos dados utilizou-se a estatística descritiva, nomeadamente medidas de tendência central e de dispersão, para conhecer aspetos gerais das diferentes distribuições de valores das variáveis em estudo. Para comparar os valores médios da velocidade num grupo único em dois testes de treino intervalado foi utilizado o teste t de medidas independentes. Com o propósito de contrastar os valores médios dos parâmetros fisiológicos e mecânicos nas diferentes distâncias percorridas nos dois testes de avaliação, recorreu-se à ANOVA de medidas repetidas. O teste Bonferroni foi utilizado para as comparações à posteriori. O nível de significância mínimo, para rejeição da

hipótese nula em todos os testes estatísticos, foi fixado em 5%. Para tratamento dos dados utilizamos o programa de estatística SPSS 22.0 for Mac.

5. Resultados

5. Resultados

Os resultados serão apresentados de seguida, de forma sequencial, e de acordo com o postulado nos objetivos e nas hipóteses desta pesquisa.

No quadro 3 apresentamos a estatística descritiva da V2 (m/s) e da V4 (m/s) dos atletas em estudo, determinadas a partir do teste de limiar anaeróbio.

Quadro 3 - Valores médios ($\pm dp$) correspondentes à velocidade (m/s) obtida no teste de limiar anaeróbio, para concentrações lácticas de 2 e 4 mmol/l, para os 9 atletas da amostra.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
V2								
4,74	4,95	4,71	5,10	4,44	4,71	4,31	4,88	5,05
4,75 $\pm$ 0,26 m/s								
V4								
5,29	5,26	5,15	5,62	5,35	5,05	4,95	5,26	5,71
5,29 $\pm$ 0,25 m/s								

Representação dos valores descritivos correspondentes à intensidade de corrida dos atletas em cada uma das distâncias realizadas nos dois testes de treino intervalado (quadro 4).

Quadro 4 - Valores médios ($\pm dp$) relativos à velocidade dos atletas nos dois testes

	T_{ipas}	T_{lact}	T_{lact}
	400m	400m	300m
Velocidade (m/s)	5,99 $\pm$ 0,18	5,59 $\pm$ 0,21	4,73 $\pm$ 0,24

T_{ipas} - Treino intervalado com recuperação passiva; **T_{lact}** - Treino intervalado com recuperação ativa.

Através da análise dos valores expostos, podemos verificar que a velocidade de corrida aos 400m no teste intervalado com recuperação passiva (T_{ipas}) entre as repetições é superior (5,99 $\pm$ 0,18), quando comparado com a média da velocidade aos 400m no teste em que o intervalo entre repetições é ativo (5,59 $\pm$ 0,21).

Constatamos que existem diferenças significativas ($F= 86,93$; $p<0,001$) na velocidade aos 400m entre os dois testes.

A partir do comportamento da frequência cardíaca nos dois testes de treino intervalado, obtivemos os valores representados no quadro 5.

Quadro 5 - Valores médios ($\pm dp$) relativos aos diferentes valores de frequência cardíaca (FC) medidos após repetição, imediatamente após o intervalo de recuperação e após 1min do término da sessão de treino.

	Tlpas	Tlact
	400m	400/300m
FCmáx (bpm)	179,8 $\pm$ 8,70	177,5 $\pm$ 9,98
FCrecuperação (bpm)	132,7 $\pm$ 15,8	175,8 $\pm$ 8,01
FCrepouso 1min (bpm)	126,8 $\pm$ 15,7	145,4 $\pm$ 16,9

Analisando os valores auferidos, podemos afirmar que para o teste Tlpas a frequência cardíaca máxima dos atletas foi ligeiramente superior (179,8 $\pm$ 8,70) comparativamente com o teste Tlact (177,5 $\pm$ 9,98). O que tal não ocorreu nos outros parâmetros cardíacos, sendo que a FC de recuperação foi superior no teste Tlact (132,7 $\pm$ 15,8) quando comparado com o teste Tlpas (175,8 $\pm$ 8,01) e a FC de repouso após 1min foi superior (145,4 $\pm$ 16,9) no treino com recuperação ativa quando comparado com Tlpas (126,8 $\pm$ 15,7). Pudemos verificar que relativamente à FCmáx não existem diferenças estatisticamente significativas ($t= 0,608$; $p>0,05$) entre os dois testes. Contrariamente, ao nível da FC de recuperação encontramos diferenças significativas ($t= -8,964$; $p<0,001$) entre o teste de treino intervalado passivo e o teste de treino intervalado ativo. O mesmo se constatou para a FC de repouso após o primeiro minuto, que apresentou diferenças estatisticamente significativas ($t= -2,750$, $p<0,05$) entre os dois tipos de treino intervalado.

No quadro 6, temos representado os valores descritivos (média $\pm$ desvio-padrão) da concentração de lactato sanguíneo alcançado pelos atletas no final de cada teste intervalado.

Quadro 6 - Valores médios ($\pm$ dp) relativos ao valor de lactato medido no final de cada teste de treino intervalado.

	T_{lpas}	T_{lact}
	400m	400/300m
Lactato final (mmol/L)	9,81 $\pm$ 3,11	7,04 $\pm$ 1,96

A partir dos resultados obtidos, interpretamos que o valor de lactato alcançado pelos atletas no final dos testes é mais elevado (9,81 $\pm$ 3,11) no teste de treino intervalado passivo comparativamente com o de treino intervalado ativo (7,04 $\pm$ 1,96). Verificamos que existem diferenças estatisticamente significativas ($t= 3,582$; $p<0,05$) nas concentrações de lactato obtidas no final dos dois tipos de treino intervalado.

Os valores descritivos correspondentes aos parâmetros mecânicos registados nas diferentes distâncias de corrida, entre os dois testes de treino intervalado, podem ser observados no (quadro 7).

Quadro 7 - Valores médios ($\pm dp$) relativos aos parâmetros mecânicos do apoio medidos em cada teste de treino intervalado.

Parâmetros Mecânicos	Tlpas	Tlact	Tlact
	400m	400m	300m
T/Km	165,6 $\pm$ 5,09*	176,7 $\pm$ 7,56	207,7 $\pm$ 9,54**
P	212,8 $\pm$ 14,5*	225,4 $\pm$ 11,2	188,5 $\pm$ 13,3**
P/min	206,7 $\pm$ 13,2*	192,3 $\pm$ 14,7	184,0 $\pm$ 10,9**
CP	1,78 $\pm$ 0,10	1,78 $\pm$ 0,86	1,60 $\pm$ 0,10**
TTC	170,9 $\pm$ 26,3	177,9 $\pm$ 25,9	196,6 $\pm$ 26,6**
TTCE	165,9 $\pm$ 26,7	173,7 $\pm$ 32,9	191,2 $\pm$ 38,5**
TTCD	175,9 $\pm$ 26,8	182,2 $\pm$ 19,7	202,0 $\pm$ 16,1**
AC	24,3 $\pm$ 28,2	42,4 $\pm$ 26,6	51,6 $\pm$ 31,1**
ACE	23,9 $\pm$ 32,4	31,6 $\pm$ 33,5	41,6 $\pm$ 40,9**
ACD	24,8 $\pm$ 41,1	53,2 $\pm$ 44,6	61,7 $\pm$ 44,6
AA	75,1 $\pm$ 28,0	54,4 $\pm$ 30,3	48,4 $\pm$ 31,1
AAE	76,1 $\pm$ 32,4	68,4 $\pm$ 33,5	58,4 $\pm$ 40,9**
AAD	75,2 $\pm$ 41,1	46,7 $\pm$ 44,8	38,3 $\pm$ 44,6
TAC	49,6 $\pm$ 32,2	38,2 $\pm$ 20,7	41,7 $\pm$ 17,8
TACE	47,7 $\pm$ 34,9	30,2 $\pm$ 22,7	33,9 $\pm$ 20,7
TACD	51,4 $\pm$ 30,9	46,2 $\pm$ 21,6	49,9 $\pm$ 18,8
TAA	46,9 $\pm$ 34,8	58,6 $\pm$ 22,1	53,7 $\pm$ 19,4
TAAE	53,8 $\pm$ 33,6	65,3 $\pm$ 25,5	59,6 $\pm$ 23,8
TAAD	44,0 $\pm$ 32,8	51,8 $\pm$ 20,6	47,8 $\pm$ 17,9

T/min- ritmo médio; **P**- nº passos; **P/min**- passos p/ min; **CP**- comprimento passada; **TTC**- tempo total contacto; **TTCE/ TTCD**- tempo total contacto esquerda/direita; **AC**- apoio calcanhar; **ACE/ACD**- apoio calcanhar esquerdo/ direito; **AA**- apoio antepé; **AAE/AAD**- apoio antepé esquerdo/ direito; **TAC**- tempo apoio calcanhar; **TACE/ TACD**- tempo apoio calcanhar esquerdo/ direito; **TAA**- tempo apoio antepé; **TAAE/TAAD**- tempo apoio antepé esquerdo/ direito (*diferenças significativas de Tlpas 400m vs Tlact 400m; **diferenças significativas de Tlact 400m vs Tlact 300m).

Os dados apresentados no quadro 7, correspondem ao comportamento dos parâmetros mecânicos dos apoios nos atletas em estudo.

Quando comparamos a manifestação de cada um dos parâmetros nas repetições de 400m no Tlpas com as repetições de 400m no Tlact, observamos a existência de diferenças estatisticamente significativas no T/min ($t = -3,022$; $p < 0,05$), no P ($t = -2,502$; $p < 0,05$) e no P/min ($t = 2,498$; $p < 0,05$). Observar as médias dos valores referentes ao T/min ($176,7 \pm 7,56$) e P ($225,4 \pm 11,2$) verificamos que estes são superiores no Tlact. Contrariamente, a média do parâmetro P/min é maior ($192,3 \pm 14,7$) no Tlpas.

Na comparação entre a distância de 400m e os 300m de recuperação do Tlact, auferimos a existência de diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros T/min ($t = -5,898$; $p < 0,001$), P ($t = 9,493$; $p < 0,001$), P/min ($t = 2,852$; $p < 0,05$), bem como em CP ($t = 6,936$; $p < 0,001$), TTC ($t = -8,341$; $p < 0,001$), TTCE ($t = -6,272$; $p < 0,001$), TTCD ($t = -6,511$; $p < 0,001$), AC ($t = -3,487$; $p < 0,05$), ACE ($t = -3,105$; $p < 0,05$) e AAE ($t = 3,105$; $p < 0,05$).

Em termos médios, observamos um valor de T/min ($207,7 \pm 9,54$) superior nos 300m, um valor médio superior de P ($225,4 \pm 11,2$), de P/min ($192,3 \pm 14,7$) e de CP ($1,78 \pm 0,86$) nos 400m. Enquanto que os valores médios de TTC ($196,6 \pm 26,6$), TTCE ($191,2 \pm 38,5$), TTCD ($202,0 \pm 16,1$), AC ($51,6 \pm 31,1$), ACE ($41,6 \pm 40,9$) e AAE ($61,7 \pm 44,6$) são superiores nos 300m.

6. Discussão

6. Discussão

A performance de um corredor de MFF, encontra-se intimamente relacionada com o seu processo de treino. A este nível, é de todo importante para um treinador saber quais os melhores métodos capazes de potenciar o rendimento dos seus atletas. Para isso, é importante que exista um acompanhando da evolução dos processos de treino e dos meios de avaliação disponíveis e com capacidade de fornecer informações cruciais sobre a intervenção do treinador na carreira desportiva do seu atleta.

Com este pensamento, surge a temática deste projeto. Foi crucial para nós, abordar um método de treino tão utilizado pelos treinadores de MFF, como o treino intervalado, e comparar as respostas fisiológicas e mecânicas em relação a uma tipologia de treino intervalado nem sempre aplicada na estrutura tradicional utilizada pelos treinadores de MFF.

Neste sentido, quando na primeira hipótese pretendemos comparar a intensidade realizada pelos atletas no treino intervalado tradicional, onde a recuperação entre repetições é realizada de forma passiva face à intensidade de corrida num treino com recuperação de características ativas. Pudemos verificar que a intensidade do treino é significativamente ($p < 0,001$) superior quando os atletas realizam T1pas. O que seria expectável, tendo em conta que os corredores variaram o tempo de execução de cada repetição aos 400m entre 65 a 68 segundos quando as recuperações foram realizadas de forma passiva, enquanto que o tempo a que realizaram as repetições dos 400m após os 300m ativos centrou-se entre os 69 a 74 segundos. Falamos assim de uma diferença de cerca de 4 a 10 segundos entre um tipo de recuperação e a outra e que se traduz na diferença de velocidade das sessões. Os menores níveis de fadiga esperados no T1pas justificarão essas velocidades que refletem uma maior capacidade de trabalho muscular na realização deste tipo de treino. O nosso resultado está em consonância com o estudo de Brown & Glaister (2014) onde verificaram que existe uma otimização do desempenho nas repetições

seguintes, quando o período de recuperação entre elas é curto e realizado de forma passiva. O mesmo se apurou através do estudo de Castagna et al. (2008), onde mostraram que durante as repetições de corrida em velocidade, a recuperação passiva permitiu um melhor desempenho, reduzindo a fadiga. Estas diferenças na gestão dos parâmetros da carga no treino intervalado pode-nos permitir a utilização de diferentes tipos de treino intervalado consoante o momento da época desportiva e com isto, uma possível adaptação de acordo com o modelo de periodização selecionado.

Em consonância com o que auferimos relativamente ao comportamento da frequência cardíaca durante os dois tipos de treino, podemos perceber que a FC máxima não apresenta diferenças significativas ($p>0,05$) expressivas entre os dois testes, mesmo quando o tipo de recuperação é diferente entre ambos. Este resultado, é corroborado por Wilmore & Costill, (1999), ao perceber que a FCmáx permaneceu inalterada após um programa de treino de resistência aeróbia em atletas altamente treinados, mas também vai de encontro com a premissa de que durante o exercício intermitente a FC vai respondendo às mudanças de intensidade, sendo que a maiores valores da FC correspondem maiores valores de intensidade (Almeida, 2007; Brum et al., 2004). Daí que no treino onde a intensidade foi superior, a frequência cardíaca máxima foi a mais elevada. Contudo, no nosso estudo, esse valor não foi significativo e a diferença do valor médio de um teste para o outro não foi tão elevado como à partida se poderia ter esperado. Uma explicação para tal situação pode estar na questão associada à fadiga metabólica que se faz sentir no treino com recuperação ativa. Neste sentido, e no que diz respeito à FCmáx não fará sentido esperarem-se diferenças que justifiquem a utilização de um treino com ou sem recuperação ativa.

Relativamente à FC de recuperação entre as repetições, correspondente ao valor obtido após o intervalo de recuperação, verificamos que este foi significativamente ($p<0,001$) superior para o Tlact comparativamente ao Tlpas. Nesta situação esperávamos que tal fosse acontecer, sendo que uma recuperação ativa entre repetições não seria

suficiente para permitir que o ritmo cardíaco dos atletas diminui-se para cerca de 120 ou 130 batimentos por minuto após os 60 segundos de recuperação, como aconteceu no treino de recuperação passivo. Ao manterem atividade durante o período de recuperação, os corredores potenciam o aumento do fluxo sanguíneo e o consequente aumento no transporte de lactato para o coração e músculos esqueléticos em funcionamento (Heck et al., 1985). Essa sobrecarga metabólica constante durante o treino intervalado, associada à fadiga imposta, explica os valores elevados da FC de recuperação no treino onde o descanso foi realizado de forma ativa. Convém realçar, que esta aparente ausência de recuperação cardíaca nos momentos de intervalo se relacionará mais com a realidade competitiva a que os atletas estão sujeitos, o que poderá fazer deste treino um meio por excelência para uma preparação competitiva mais eficaz.

A FC de recuperação após a sessão de treino, foi medida imediatamente após a última repetição e um minuto depois de terminada a sessão de treino. As diferenças significativas ($p < 0,05$) encontradas entre os dois testes, 1min após o término do treino, mostra-nos que o T_{lact} quando comparado com o T_{ipas} apresenta uma FC de recuperação mais elevada, o que estará em conformidade com as intensidade obtidas no T_{lact} e como poderemos verificar mais à frente, com concentrações de lactato mais elevadas que dificultarão uma recuperação cardíaca mais rápida.

A frequência cardíaca é muito utilizada como indicador de determinação da intensidade do exercício (Achten & Jeukendrup, 2003). Tradicionalmente, a FC tem sido utilizada como um indicador de referência para o treino intervalado, muito em particular entre treinadores portugueses (Paiva, 1995). Esta ideia tem como suporte os princípios que Gerschler definira, relativa ao tempo de duração do intervalo de recuperação. Segundo este fisiologista, quando os valores de 120 a 130 pulsações por minuto eram atingidos pelo atleta, durante um tempo máximo de 90 segundos passivos, este tinha a indicação de que estava apto para iniciar a repetição seguinte. Se tal não se verificasse e se o tempo de diminuição da FC até aos valores mencionados fosse superior aos 90 segundos, o treino era considerado exaustivo e

desajustado. Ao longo do nosso trabalho pudemos verificar que esta realidade apenas ocorre no Tlpas, o que está de acordo com as ideias difundidas ao longo dos anos por treinadores de MFF. Quando da utilização do Tlact, esta situação já não ocorre sendo que o tipo de adaptações esperados com este treino não podem ser as mesmas que ocorrem no Tlpas. Neste caso, a monitorização da FC parece fazer mais sentido em sessões de treino com intervalo passivo do que em sessões de treino com intervalo de recuperação ativa, uma vez que os objetivos desse treino se centrarão mais na dinâmica do lactato (Thompson, 2010) do que propriamente nas variações ou recuperação dos valores de FC.

Os valores de lactato sanguíneo medidos no final de ambos os treinos, estiveram de acordo com o que tínhamos inicialmente previsto. Os valores deste metabolito obtidos no final de cada sessão de treino, foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$) e superiores no treino intervalado onde as recuperações entre repetições foram realizadas de forma passiva. Este resultado confirma-nos que o nível de intensidade de corrida tem naturalmente uma relação direta com os valores finais de lactato, o que estará associado a um maior recrutamento das fibras de contração rápida (Janssen, 2001). Considerando que o treino em questão foi realizado a uma velocidade superior, é esperado que haja um aumento no recrutamento das fibras de contração rápida e consequentemente um incremento da concentração de lactato (Beneke, 2003). O aumento da capacidade metabólica, consequência de períodos de recuperação passivos entre as repetições, potenciam concentrações mais elevadas de lactato quando comparado com a concentração do metabolito encontrada num tipo de treino onde a intensidade foi inferior e onde a recuperação foi ativa. Tal constatação pode ser complementada com o estudo de Essen et al. (1977), onde verificaram que com uma recuperação ativa, as fibras do tipo II sofreram uma intensificação do metabolismo oxidativo, bem como poderá ter havido um maior e melhor recrutamento das fibras tipo I, culminando num aumento da capacidade de

remoção do lactato sanguíneo. A seleção de uma intensidade correspondente à V2 no intervalo de recuperação ativo, terá sido influenciador de um maior processo de remoção do lactato sanguíneo.

Assim, a recuperação ativa realizada durante os intervalos entre repetições permite desenvolver a relação sinérgica entre o lactato e os sistemas de energia aeróbia, melhorando o desempenho em todos os ritmos e distâncias. O atleta, vai correr mais rápido durante mais tempo, potenciando a melhoria do limiar anaeróbio, bem como da dinâmica de produção e remoção do metabolito por parte da musculatura ativa (Thompson, 2005).

Um dos grandes desafios do nosso trabalho centrou-se na possibilidade de compreendermos, de que forma os parâmetros mecânicos do apoio se comportam perante estes dois tipos de treino intervalado.

A comparação principal deu-se assim, entre os resultados mecânicos obtidos ao longo de cada sessão de treino intervalado de 400m com recuperação passiva ou ativa. Verificamos a existência de diferenças significativas nos parâmetros: T/min, P e P/min. Tal seria previsto que acontecesse, tendo em conta que estabelecemos uma comparação entre a corrida para a mesma distância, diferenciando somente o tipo de recuperação que se realizou entre cada repetição. Como os valores médios foram superiores para T/min e P no tipo de recuperação ativa e em P/min na recuperação passiva, podemos facilmente auferir que os atletas demoraram mais tempo a realizar os 400m no Tlact por uma acumulação de fadiga associada a uma manutenção da demanda muscular na execução do intervalo, que se refletiu num maior número de passos efetuados em cada repetição. Acabando por se traduzir numa cadência inferior. O contrário é observado para o Tlpas, pois à medida que o T/min diminui por aumento da velocidade de execução, o P diminui de igual forma resultando num P/min superior.

Para os restantes parâmetros mecânicos como TTC, AC, AA, TAC, TAA e nos correspondentes assimétricos (esquerda/ direita) não foram verificadas diferenças significativas ($p > 0,05$).

Relativamente ao tempo total de contacto do apoio (TTC), este foi superior no Tlact por existência de uma menor intensidade de corrida como corroborado por Mann & Sprangue, (1980) e Chapman et al., (2012), ao observar que o tempo de contacto no solo variava de acordo com o aumento da velocidade. Quando a intensidade é aumentada, uma redução do tempo de contacto é frequentemente relacionado com a melhoria do desempenho (Kyröläinen & Komi, 1995; Komi, 2000; Kyröläinen et al., 2005), pois uma menor duração do contacto do apoio propicia um melhor aproveitamento da energia elástica armazenada pelos músculos propulsores, favorecendo o movimento com menor gasto energético (Kyröläinen & Komi, 1995) que se irá traduzir numa melhor economia de corrida (Williams & Cavanagh, 1987; Santos-Concejero et al., 2014).

O tipo de apoio no solo, é caracterizado segundo o tipo de intensidade e de fadiga associadas ao meio de treino envolvido. No caso da nossa amostra, no Tlact o contacto do apoio no solo ocorreu, predominantemente com o calcanhar (AC). Enquanto que no Tlpas o contacto foi feito maioritariamente pelo antepé (AA). Como foi visto anteriormente, a intensidade do treino é inferior quando o intervalo de recuperação é ativo. Como esse tipo de descanso não permite um restabelecimento do metabolismo face ao recrutamento constante da musculatura e de mobilização de substratos energéticos, o atleta aumenta os níveis de fadiga, gerando uma diminuição na velocidade de corrida que se traduz numa alteração da forma como o apoio contacta com o solo. O mesmo raciocínio é formulado face ao Tlpas. Desta forma, uma menor velocidade de corrida demonstra uma constância no contacto do calcanhar no solo em atletas de fundo (Cavanagh & Lafortune, 1980), enquanto que a uma velocidade mais alta, a necessidade de correr mais rápido leva a uma modificação do contacto do apoio para o antepé (Hoyt et al., 2000). Tal foi verificado em pesquisas anteriores, onde os corredores que corriam a velocidades inferiores a 18km/h tinham um apoio predominantemente feito pelo calcanhar e que a velocidades superiores, compreendidas entre 18 - 21,6km/h, esse apoio era realizado em médio-pé ou antepé (Nigg et al., 1987; Keller et al., 1996).

Assim, o facto de não existirem diferenças significativas entre os parâmetros do tipo e tempo de contacto do apoio para os diferentes treinos intervalados, mesmo quando as repetições são realizadas pós recuperação passiva ou ativa, demonstra-nos que apesar da intensidade, da concentração de lactato final e dos níveis de fadiga do músculo esquelético serem diferentes, estes fatores não foram significativamente suficientes para causar alterações na eficiência mecânica e na técnica de corrida dos atletas em estudo.

Deste modo, a realização de treinos intervalados com recuperação ativa pode tornar-se particularmente importante no treino de corredores de MFF, uma vez que provoca exigências de âmbito fisiológico elevadas sem que estas se traduzam em compromissos significativamente negativos nos parâmetros mecânicos.

Num segundo momento, fomos compreender de que modo os mesmos parâmetros mecânicos se comportam no treino intervalado onde a recuperação é ativa. Após uma análise dos padrões do apoio na corrida dos 400m e na distância dos 300m de recuperação ativa, obtivemos diferenças significativas ($p < 0,05$) para o T/min e P tal como na hipótese anterior, mas também para o CP, TTC, AC.

Reportando ao comprimento de passada (CP), observamos que este foi superior para os 400m comparativamente com os 300m. Um resultado esperado, uma vez que o aumento do comprimento da passada é uma das principais causas para o aumento da velocidade (Hoëgberg, 1952; Luhtanen & Komi, 1978). Quando comparamos dois tipos de corrida, a uma diferente intensidade, esperávamos que estas diferenças fossem encontradas. Já que o tempo de realização dos 300m foi maior para uma intensidade de esforço inferior, que neste caso em particular, correspondeu ao ritmo da V2 (limiar aeróbio) de cada um dos atletas. Desta forma, se os atletas experienciam diferenças no ritmo de corrida e na respetiva intensidade, é admissível que os valores de TTC e do AC sejam superiores como estratégia compensatória para a fadiga associada (Brochado & Kokubun, 1997) durante os 300m.

Para esta hipótese, apesar de o número de apoios com o calcanhar (AC) ser superior nos 300m, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$) no tempo de apoio do calcanhar (TAC) e no tempo de apoio do antepé (TAA). De acordo com estes resultados, a utilização de um intervalo de recuperação ativa à velocidade da V2 parece particularmente importante, visto que permite potenciar elevadas dinâmicas na produção de lactato sem que existam compromissos negativos ao nível mecânico, uma vez que apesar de aumentar o número de apoios com o calcanhar (AC) nos 300m, não surgem diferenças significativas no TCC e no TCA.

Quando definimos a intensidade de corrida de recuperação num valor correspondente à V2, pretendemos que os atletas corressem o intervalo de recuperação a uma velocidade correspondente ao seu limiar aeróbio, uma vez que esta intensidade não provocará incrementos nas concentrações de lactato. Podendo até produzir o efeito contrário, contribuindo para alguma oxidação do lactato produzido nas repetições de 400m.

Na realização dos 400m a intensidade submáxima situa-se acima do limiar das 4mmol/l, estimulando uma maior produção de lactato (Heck et al., 1985). Conseguimos assim, uma excelente alternância entre as repetições de 400m e os intervalos de 300m. Promovendo a relação sinérgica entre o lactato e os sistemas de energia aeróbia, melhorando a capacidade de “clearance” do metabolito. Desta forma, cada intervalo de recuperação torna-se tão importante como a repetição mais rápida, criando diferentes efeitos sobre a dinâmica de produção e remoção do lactato (Thompson, 2005).

Podemos constatar que, apesar do comportamento do apoio no solo de um corredor estar dependente da velocidade de corrida (Ogueta-Alday et al., 2014), quando a recuperação entre repetições num treino intervalado é realizada a uma velocidade suficientemente ativa (V2), uma alteração nos parâmetros mecânicos não é significativamente visível para modificar prejudicialmente a técnica de corrida dos atletas.

7. Conclusões

7. Conclusões

As principais conclusões, após análise e discussão dos resultados deste estudo sugerem que:

- (I) A velocidade de corrida é superior nas sessões de treino intervalado onde a recuperação entre repetições é realizada de forma passiva. Desta forma, podemos adotar este tipo de recuperação quando o intuito é estimular uma maior intensidade de treino.
- (II) A utilização de um intervalo ativo não é suscetível de provocar alterações significativas na FC, a não ser nos valores obtidos após cada período de recuperação entre series e no final da sessão de treino.
- (III) Com os intervalos de recuperação passiva permitem valores mais elevados de lactato sanguíneo. Contudo, os resultados sugerem a possibilidade de obtermos maiores dinâmicas na produção e remoção do lactato.
- (IV) Os parâmetros mecânicos do apoio dos atletas não apresentam alteração quando estes realizam sessões de Tlact em prol de Tlpas. Deste modo, os nossos resultados sugerem que o Tlact poderá ser realizado sem consequentes perdas na componente técnica dos corredores, reforçando o interesse deste tipo de treino.
- (V) A seleção de uma intensidade de corrida correspondente à V2, para a realização do Tlact não promove alterações nos padrões técnicos de corrida, sugerindo a importância na seleção destas intensidades.

8. Bibliografia

8. Bibliografia

1. Acevedo, E.O. & Goldfarb, A.H. (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. *Med Sci Sports Exerc*, 21, 563-568.
2. Achten, J. & Jeukendrup, A. (2003). Heart Rate Monitoring. Applications and Limitations. *Sports Med*, 33(7), 517-538.
3. Almeida, M. B. (2007). Frequência Cardíaca e Exercício: uma Interpretação Baseada em Evidências. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 9(2), 196-202.
4. Anderson, T. (1996). Biomechanics and running economy. *Sports Med.*, 22(2), 76-89.
5. Astrand, P.O. & Rodahl, K. (1986). *Textbook of work physiology*. 3rd ed. New York (NY): McGraw-Hill.
6. Bangsbo, J., Gunnarsson, T. P., Wendell, J., et al. (2009). Reduced volume and increased training intensity elevate muscle Na⁺ - K⁺ pump alpha2-subunit expression as well as short- and long- term work capacity in humans. *J Appl Physiol*, 107, 1771-1780.
7. Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjodin B., & Ekblom, B. (1992). Maximal - intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *Int. J. Sports Med*. 13, 528–533.
8. Bassett, D. R., Jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84.
9. Beneke, R. & Hutler, M. (2005). The effect of training on running economy and performance in recreational athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 37, 1794-1799.
10. Beneke, R., Hutler, M., Von Duvillard, S. P., Sellens, M., & Leithauser, R. M. (2003). Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. *Med Sci Sports Exerc*, 35(9), 1626-1630.
11. Bhambhani, Y. & Singh, M. (1985). Metabolic and cinematographic analysis of walking and running in men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(1), 131-137.

12. Billat, V. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Medicine*, Auckland, 22(3), 157-175.
13. Billat, V. (2001a). Interval training for performance: A Scientific and Empirical Practice. Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. *Sports Med Lille: Faculty of Sports Science*.
14. Billat, V. (2001b). Interval training for performance: A Scientific and Empirical Practice. Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part II: Anaerobic Interval Training. *Sports Med Lille: Faculty of Sports Science*.
15. Billat, V., Fletcher, B., & Petit, B. (1999). Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Indianapolis, 31, 156-163.
16. Billat, V., Slawinski, J., & Bocquet, V. (2000). Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen for a longer time than intense but submaximal runs. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, 81, 188-196.
17. Brochado, M.M.V. & Kokubum, E. (1997). Treinamento intervalado de corrida de velocidade: Efeitos da duração da pausa sobre o lactato sanguíneo e a cinemática. Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências - UNESP - Rio Claro – SP, 3(1), 11-19.
18. Brooks, G., Dubouchaud, H., Brown, M., Sicurello, J., & Butz, C. (1999). Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. *Proc Nat Acad Sci*, 96, 1129-1134.
19. Brooks, G., Fahey, T., White, T., & Baldwin, K. (2000). *Exercise physiology. Human bioenergetics and its applications* (3rd ed.). Mountain View, California: Mayfield Publishing Company.
20. Brown, J. & Glaister, M. (2014). The interactive effects of recovery mode and duration on subsequent repeated sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 651–660.
21. Brum, P. C., Forjaz, C. L. M., Tinucci, T., & Negrão, C. E. (2004). Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Revista Paulista de Educação Física*, 18, 21-31.

22. Bushnell, T. & Hunter, I. (2007). Differences in technique between sprinters and distance runners at equal and maximal speeds. *Sports Biomech*, 6(3), 261-268.
23. Castagna, C., Abt, G., Manzi, V., Annino, G., Padua, E., & D'Ottavio, S. (2008). Effect of recovery mode on repeated sprint ability in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 923–929.
24. Castelo, J., Barreto, H., Alves, F., Santos, P., Carvalho, J., & Vieira, J. (1998). *Metodologia do Treino Desportivo*. Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana – Serviço de Edições.
25. Cavanagh, P. R., A. G. C., Kram, R., Rodgers, M. M., Sanderson, D. J., & Hennig, E. M. (1985). An Approach to Biomechanical Profiling of Elite Distance Runners *International Journal Of Sport Biomechanics*, 1, 36 - 62.
26. Cavanagh, P. R. & Kram, R. (1989). Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effects. *Med Sci Sports Exerc*, 21(4), 467-479.
27. Cavanagh, P.R & Lafortune, M.A. (1980). Ground reaction forces in distance running. *J Biomech.*,13, 397–406.
28. Cavanagh, P. R., Pollock, M. L., & Landa, J. (1977). A biomechanical comparison of elite and good distance runners. *Ann N Y Acad Sci*, 301, 328-345.
29. Cavanagh, P. R. & Williams, K. R. (1982). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med Sci Sports Exerc*, 14(1), 30-35.
30. Chapman, R. F., Laymon, A. S., Wilhute, D. P., Mckenzie, J. M., Tanner, D. A., & Stager, J. M. (2012). Ground Contact Time as an Indicator of Metabolic Cost in Elite Distance Runners. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 44(5), 917–925.
31. Coen, B., Urhausen, A., & Kindermann, W. (2001). Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. *Int J Sports Med*, 22(1), 8-16.
32. Colaço, P. (2007). *Avaliação da prestação aeróbia e anaeróbia em corredores de meio-fundo e fundo*. Porto: Universidade do Porto. Dissertação de doutoramento apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

33. Conley, D. L. & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12(5), 357-360.
34. Costa, A. (1996). *Caracterização da corrida de 400 metros planos : identificação de algumas variáveis condicionantes do rendimento*. Porto: Universidade do Porto. Dissertação de doutoramento apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
35. Daniels, J. & Daniels, N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc*, 24(4), 483-489.
36. Danion, F., Varraine, E., Bonnard, M., & Pailhous, J. (2003). Stride variability in human gait: the effect of stride frequency and stride length. *Gait Posture*, 18(1), 69-77.
37. Daoud, A.I., Geissler, G.J., Wang, F., Saretsky, J., Daoud, Y.A., & Lieberman, D.E. (2012). Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *Med Sci Sports Exerc.*, 44(7), 1325-1334.
38. Donavon, C.M. & Pagliassotti, M. J. (1989). Endurance training enhances lactate clearance during hyperlactatemia. *American Journal of Physiology*, 257, 782-789.
39. Dreyer, D. (2003). *Chi Running*. New York: Fireside Books.
40. Dumke, C. L., Pfaffenroth, C. M., McBride, J. M., & McCauley, G. O. (2012). Relationships between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(2), 249-261.
41. Ecker, T. (1985). *Basic Track and Field Biomechanics*. California: Tafnews Press.
42. Ecker, T. (1996). *Basic Track and Field Biomechanics*. (2 ed.). Mountain View: Tafnews Press.
43. Eddy, D.O., Sparks, K.L., & Adelizi, D.A. (1977). The effects of continuous and interval training in women and men. *Eur J Appl Physiol*, 37,83-92.
44. Esfarjani, F. & Laursen, P.B. (2007). Manipulating high-intensity interval training: effects on VO₂max, the lactate threshold and 3.000 m running performance in moderately trained males. *Journal Of Science And Medicine In Sport / Sports Medicine Australia*, Victoria, 10(1), 27-35.
45. Essen, B., Hagenfeldt, L., & Kaijser, L. (1977). Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. *J Physiol*, 265, 489-506.

46. Farrel, P., Wilmore, J., Coyle, E. Billing, J., & Costill, D. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports*, 11(4), 338-344.
47. Fox, E.L., Bowers, R.W., & Merle, L.F. (1992). *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
48. Fox, E.L. & Mathews, D.K. (1977). *Interval Training: préparation aux sports et amélioration de la condition physique générale*. Paris: Vigot.
49. Foxdal, P., Sjodin, A., & Sjodin, B. (1996). Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. *Int J Sports Med*, 17(5), 360-365.
50. Gibala, M. & Jones, A. M. (2013). Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. *Nestlé Nutrition Institute workshop series*, 76, 51-60.
51. Gibala, M.J., Little, J.P., Van Essen, M., Wilkin, G.P., Burgomaster, K.A, Safdar, A., Raha, S., & Tarnopolsky, M.A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*, 575, 901-911.
52. Glover, B. & Glover, S. F. (1999). *The competitive runner's handbook*. New York: Penguin Books.
53. Gregory, L. W. (1979). The development of aerobic capacity: a comparison of continuous and interval training. *Res Q Exerc Sport*, 50, 199-206.
54. Gruber, A. H., Umberger, B. R., Braun, B., & Hamill, J. (2013). Economy and rate of carbohydrate oxidation during running with rearfoot or forefoot-strike patterns. *J Appl Physiol*, 115(2), 194-201.
55. Gullstrand, L., Sjodin, B., & Svedenhag, J. (1994). Blood sampling during continuous running and 30-second intervals on a treadmill. *Scand J. of Med. & Sci. in Sports*, 4(4), 239-242.
56. Gunnarsson, T.P. & Bangsbo, J. (2012). The 10- 20- 30 training concept improves performance and health profile in moderately trained runners. *J Appl Physiol*, 113, 16-24.
57. Hawley, J., Myburgh, K., Noakes, T., & Dennis, S. (1997). Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. *J Sports Sci.*, 15(3), 325-533.

58. Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med*, 6(3), 117-130.
59. Hasegawa, H., Yamauchi, T., & Kraemer, W. J. (2007). Foot-strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 888-893.
60. Hay, J. G. (1978). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
61. Hermansen, L. & Stensvold, I. (1972). Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiological Scandinavia*, Stockholm, 86(2), 191-201.
62. Ho"nberg, P. (1952). Length of stride, stride frequency, "flight" period and maximum distance between the feet during running with different speeds. *Arbeitsphysiologie*, 14, 431-436.
63. Hoyt, D.F., Wickler, S.J., & Cogger, E.A. (2000). Time of contact and step length: the effect of limb length, running speed, load carrying and incline. *J Exp Biol.*, 203, 221-227.
64. Janssen, P.G.J.M. (1987). *Training Lactate Pulse-Rate*. (5 ed.). Oulu, Finland: Polar Electro Oy.
65. Janssen, P. (2001). *Lactate Threshold Training. Running, Cycling, Multisport, Rowing, X-Country Skiing*. Champaign: Human Kinetics.
66. Jenkins, D.W. & Cauthon, D.J. (2011). Barefoot running claims and controversies: a review of the literature. *J Am Podiatr Med Assoc* 101, 231-246.
67. Jones, A. M. (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br J Sports Med*, 32(1), 39-43.
68. Kasmer, M. E., Xue-cheng, L., Roberts, K. G., & Valadao, J. M. (2013). Foot-strike pattern and performance in a Marathon. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(3), 286- 292.
69. Keller, T. S., Weisberger, A. M., Ray, J. L., Hasan, S. S., Shiavi, R. G., & Spengler, D. (1996). Relationships between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging and running. *Clin Biomech* (11), 253-259.
70. Kerr, B.A., Beauchamp, L., Fisher, V., & Neil, R. (1983). Footstrike patterns in distance running. In: *Biomechanical Aspects of Sport Shoes and Playing*

Surfaces, edited by Nigg BM, Kerr B. Calgary, Canada: Univ. of Calgary Press.

71. Komi, P.A. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J. Biomech.*, 33, 1197-1206.
72. Kyröläinen, H., Avela, J., & Komi, P.V. (2005). Changes in muscle activity with increasing running speed. *J. Sports Sci.* 23(10), 1101-1109.
73. Kyröläinen, H. & Komi, P.V. (1995). The function of neuromuscular system in maximal stretch- shortening cycle exercises: comparisons between power- and endurance-trained athletes. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 5(1), 15-25.
74. Kyröläinen, H., Pullinen, T., Candau, R., Avela, J., Huttunen, P., & Komi, P.V. (2000). Effects of marathon running on running economy and kinematics. *Eur. J. Appl. Physiol.* 82(4), 297-304.
75. Larson, P., Higgins, E., Kaminski, J., Decker, T., Preble, J., Lyons, D., MacIntyre, K., & Normile, A. (2011). Foot-strike patterns of recreational and sub-elite runners in long-distance road race. *Journal of Sports Sciences* , 29 (15), 1665-1673.
76. Laursen, P. & Jenkins, D. (2002). The Scientific Basis of High-Intensity Interval Training. Optimising Training Programmes and Maximising Performance in Highly Trained Endurance Athletes. *Sports Med*, 32, 53-73.
77. Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W. A., Daoud, A. I., D'Andrea, S., Davis, I. S., Mang'Eni, R. O., & Pitsiladis, Y. (2010). Foot-strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *nature* , 463 (7280), 531- 535.
78. Lohman, E.B., Balan Sackiriyas, K.S., & Swen, R.W. (2011). A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics and biomechanics between shod, unshod and minimally supported running as compared to walking. *Phys Ther Sport.*, 12(4), 151-163.
79. Luhtanen, P. & Komi, P.V. (1978), Mechanical energy states during running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 38(1), 41-48.
80. MacIntosh, B., Esau, S., & Svendahl, K. (2002). The lactate minimum test for cycling: Estimation of the maximal lactate steady state. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27, 232-249.
81. Mader, A. (1991). Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. *J Sports Med Phys Fitness*, 31(1), 1-19.

82. Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., & Rost, R. (1976). Investigation of the endurance efficiency in specific sports activities carried out in the laboratory. *Sportarzt und Sportmedizin*, 27(4), 80-88.
83. Mann, R. & Sprangue, P. (1980). A kinetic analysis of the ground leg during sprint running. *Research Quartely*, 51(2), 334-348.
84. Martin, D. E. & Coe, P. N. (1991). *Better training for distance runners*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
85. Martin, P.E. & Morgan, D.W. (1992). Biomechanical considerations for economical walking and running. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 24(4), 467-474.
86. Martin, P.E. & Sanderson, D.J. (2000). *Biomechanics of walking and running*. In: Exercise and Sport Science. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins.
87. McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (1991). *Exercise Physiology – Energy, Nutrition and Human Performance*. Malvern PA; Lea and Febiger.
88. Medbo, J.I. & Burgers, S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, 22(4), 501-507.
89. Newsholme, E. A., Leech, T., & Duester, G. (2006) *Corrida: ciência do treinamento e desempenho*. São Paulo, SP. Phorte Editora.
90. Noakes, T. (2001). *Lore of Running*. (4th Edition ed.). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
91. Nigg, B. M., Bahlisen, H. A., Luethi, S. M., & Stokes, S. (1987). The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running. *J Biomech*, (20), 951-959.
92. Ogueta-Alday, A. J., Rodriguez-Marroyo, J. A., & García-López, J. (2014). Rearfoot striking runners are more economical than midfoot-strikers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(3), 580-585.
93. Olsen, R., Berg, K., Latin, R., & Blanke, D. (1988). Comparison of two intense interval training programs on maximum oxygen uptake and running performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Omaha: Family Practice Clinic e School of Health, Physical Education as Recreation, University of Nebraska.
94. Paiva, M. (1995). Escola Portuguesa de meio fundo e fundo, mito ou realidade? Dissertação apresentada as provas de aptidão pedagógica e capacidade científica. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.

95. Paiva, M. (2002). *Relação entre a performance da maratona e parâmetros internos e externos da carga*. Porto: Universidade do Porto. Dissertação de doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física.
96. Perl, D. P., Daoud, A. I., & Lieberman, D. E. (2012). Effect of footwear and strike type on running economy. *Med Sci Sports Exerc* , 44(7), 1335-1343.
97. Peronnet, F., Thibault, G., & Cousineau, D. L. (1991). A theoretical analysis of the effect of altitude on running performance. *J Appl Physiol*, 70(1), 399-404.
98. Price, M. & Halabi, K. (2005). The effects of work – rest duration on intermittent exercise and subsequent performance. *Journal of Sports Sciences*, London, 23(8), 835-842.
99. Rozenek, R., Funato, K., Kubo, J., Hoshikawa, M., & Matsuo, A. (2007). Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO2max. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 188-192.
100. Santos-Concejero, J., Granados, C., Bidaurreazaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., Irazusta, J., & Gil, S. M. (2013). Onset of blood lactate accumulation as a predictor of performance in top athletes. Comienzo de la acumulación de lactato sanguíneo como predictor del rendimiento en atletas de élite. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*. Universidad del País Vasco, 23, 67-69.
101. Santos-Concejero, J., Tam, N., Granados, C., Irazusta, J., Bidaurreazaga Letona, I., Zabala-Lili, J., & Gil, S. M. (2014). Stride angle as a novel indicator of running economy in well-trained runners. *Journal of Strength and Conditioning Research* , 28(7), 1889-1895.
102. Santos, J. (2002). Economia de Corrida: Uma breve revisão. In P. Santos & J. Santos (Eds.), *Investigação aplicada em atletismo: um contributo da FCDEF-UP para o desenvolvimento do meio-fundo e fundo*. Porto: FCDEF-UP.
103. Santos, P. (1995). *Controlo do treino em corredores de meio fundo e fundo-avaliação da capacidade aeróbia com base no limiar láctico das 4 mmol/l determinado em testes de terreno*. Porto: Paulo Santos. Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.

- 104.Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med*, 34(7), 465-485.
- 105.Schomolinsky, G. (1983). *Track and Field*. Berlin: Sportverlag Berlin.
- 106.Seiler, S. & Hetlelid, K.J. (2005). The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Medicine and science in sports and exercise*, Madison, 37(9), 1601-1607.
- 107.Shepley, B., Macdougall, J.D., Cipriano, N., Sutton, J.R. et al. (1992). Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, 72(2), 706-711.
- 108.Shorter, F. (2005). *Running for Peak Performance*. New York: Dorling Kinderley Publishing.
- 109.Simoneau, J.A., Lortie, G., Boulay, M.R., Marcotte, M. et al. (1987). Effects of two highintensity intermittent training programs interspaced by detraining on human skeletal muscle and performance. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, 56(5), 516-521.
- 110.Sjödin, B. & Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, 2(1), 23– 26.
- 111.Sjödin, B., Jacobs, I., & Svendenhag, J. (1982). Changes in the onset blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *Eur J Appl Physiol*, 49, 45-57.
- 112.Sjödin, B. & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med*, 2(2), 83-99.
- 113.Skof B., S. S. (2004). Kinematic analysis of Jolanda Ceplak's running technique. *IAAF NSA*, 19(1), 23-31.
- 114.Smith, T.P., Mcnaughton, L.R., & Marshall, K.J. (1999). Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO₂max and performance in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Indianapolis, 31, 892-896.
- 115.Smith, T.O., Coombes, J.S., & Geraghty, D. P. (2003). Optimizing high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂ uptake and the time for which this can be maintained. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, 89, 337- 343.

116. Stallknecht, B., Vissing, J., & Galbo, H. (1998). Lactate production and clearance in exercise. Effects of training. A mini-review. *Scand J Med Sci Sports*, 8(3), 127-131.
117. Stepto, N.K., Martin, D.T., Fallon, K.E., & Hawley, J.A. (2001). Metabolic demands of intense aerobic interval training in competitive cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, Madison, 33(2), 303-310.
118. Svedahl, K. & MacIntosh, B.R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol*, 28(2), 299-323.
119. Svedenhag, J. (2000). Running Economy. In J. B. H. B. Larsen (Ed.), *Running Science*. Copenhagen: Institute of Exercise and Sport Sciences.
120. Tartaruga, L.A., Tartaruga, M.P., Ribeiro, J.L., Coertjens, M., Ribas, L.R., & Kruel, L.F. (2004). Correlação entre economia de corrida e variáveis cinemáticas em corredores de alto nível. *Revista Brasileira de Biomecnica*, 5(9), 51-58.
121. Thompson, P.L (2005). *Break through the speed barrier with the 'new interval training'*. *Athletics weekly*. Consult. 22 Janeiro 2015, disponível em <http://www.athleticsweekly.com>).
122. Thompson, P.L. (2010). New Interval Training. Consult. 22 Janeiro 2015, disponível em <http://www.newintervaltraining.com/new-interval-training.php>.
123. Tuimil, J.L., Boullosa, D.A., Fernández-del-Olmo, M.A., & Rodríguez, F.A. (2011). Effect of equated continuous and interval running programs on endurance performance and jump capacity. *J Strength Cond Res*, 25, 2205-2211.
124. Volkov, N. I. (2002). *Teoria e prática do treinamento intervalado no esporte*. São Paulo, SP. Ed. Multiesportes.
125. Weineck, J. (2003), *Treinamento Ideal: Instruções técnicas sobre o desempenho fisiológico, incluindo considerações específicas de treinamento infantil e juvenil*. Barueri, SP. Ed. Manole.
126. Williams, K. R. (1991). Biomechanical Relationships in Distance Running. In J. Jarver (Ed.), *Middle Distances* (3 ed., pp. 52-56). United States of America: Tagnews Press.
127. Williams, K.R. & Cavanagh, P.R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol*, 63(3), 1236-1245.

128. Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (1999). *Physiology of sport and exercise* (second ed.). Champaign, IL: Human Kinetics publishers, Inc.
129. Zakharov, A. & Gomes, A.C. (2003). *Ciência do Treinamento desportivo*. Rio de Janeiro, RJ. Ed. Palestra Sport, 332.
130. Zavorsky, G.S., Montgomery, D.L., & Pearsall, D.J. (1998). Effect of intense interval workouts on running economy using three recovery durations. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Berlin, 77(3), 224-230.

