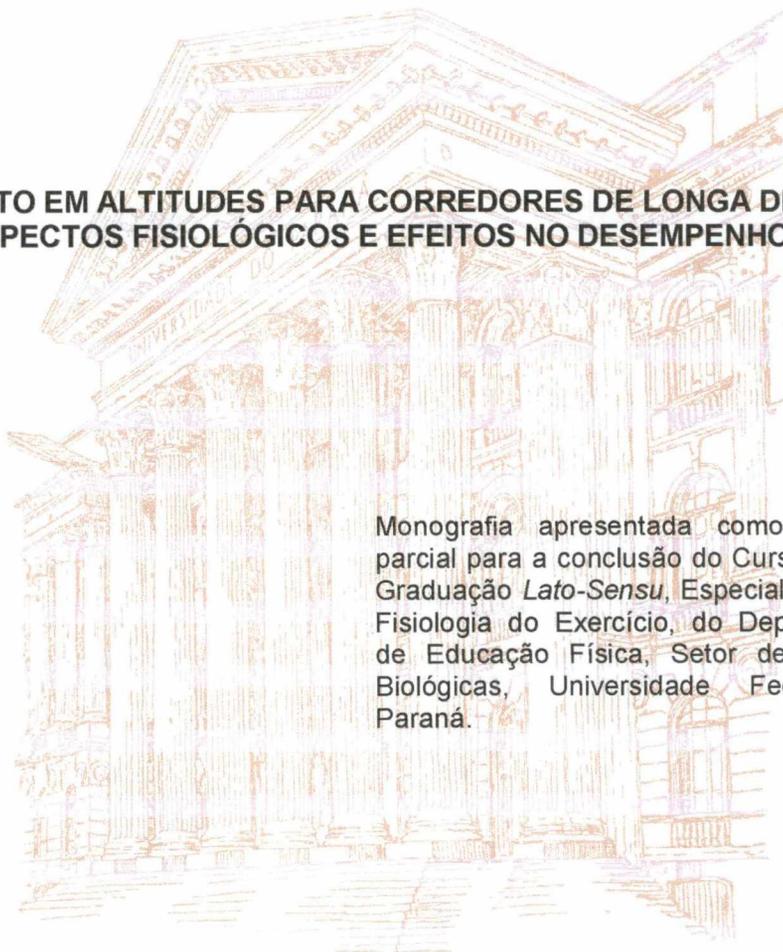


EBERTON ALVES DE SOUZA

**TREINAMENTO EM ALTITUDES PARA CORREDORES DE LONGA DISTÂNCIA:
ASPECTOS FISIOLÓGICOS E EFEITOS NO DESEMPENHO**



Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato-Sensu*, Especialização em Fisiologia do Exercício, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA
2008**

EBERTON ALVES DE SOUZA

**TREINAMENTO EM ALTITUDES PARA CORREDORES DE LONGA DISTÂNCIA:
ASPECTOS FISIOLÓGICOS E EFEITOS NO DESEMPENHO**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso Pós-Graduação *Lato Sensu*, Especialização em Fisiologia do Exercício, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Orientador: PROFESSOR ESPECIALISTA HUMBERTO GARCIA DE OLIVEIRA

**CURITIBA
2008**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho as pessoas que mais amo na vida, os meus pais: Idalino de Souza e Cleusa Alves dos Santos de Souza, exemplos de caráter e honestidade. E também a todos aqueles que incansavelmente buscam novos conhecimentos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação e Professores do curso de Especialização em Fisiologia do Exercício da Universidade Federal do Paraná, em especial ao professor Dr. Wagner de Campos e aos mestrandos Cosme e Hassan, pelo empenho e esforço contínuo durante nosso curso;

Ao professor orientador deste trabalho Humberto Garcia de Oliveira por permitir partilhar o conhecimento no processo da aprendizagem da pesquisa;

Ao professor Itamar Tagliari pelo incentivo, conselhos, companheirismo e apoio para minha formação pessoal e profissional;

Aos Grandes Amigos: Felipe Alexandre Rodriguês (Bolacha), Wesley Cardoso da Silva (Tatu), Guilherme Girdelli Dominici (Gui), Alencar Tsugue, Celly Rezende, Lourival Ferreira da Silva Junior, Valter Eduardo Rovere (Valtinho), Juliano Endo, Orovaldo Colchom (Vardo), Osvaldo Berbetti Junior, Bruno Danielli, Adhemar Issi (Adhemarzinho) e Alexandre Sequeira de Mello (Carioca). Pessoas que estiveram ao meu lado em todos os melhores e piores momentos de minha vida e que a direta ou indiretamente contribuíram para minha formação pessoal e profissional;

Aos meus Familiares: Eliseu Candido dos Santos, José Candido dos Santos, Aleandro Alves de Souza e Agenor Alves de Souza que me ajudaram em vários momentos da minha vida;

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1.0 INTRODUÇÃO	8
1.1 Apresentação do problema.....	8
1.2 Objetivos.....	11
2.0 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 Pressão Parcial de Oxigênio e suas Relações com o Sistema Cardiorespiratório ao Nível do Mar e em Altitudes	12
2.1.1 Pressão Parcial de Oxigênio	12
2.1.2 Pressão Parcial de Oxigênio em Altitudes.....	14
2.1.3 Ventilação Pulmonar.....	15
2.1.4 Frequência Cardíaca e sua Relação com o Consumo de Oxigênio.....	16
2.2 Volume Sanguíneo e Suas Modificações com o Treinamento em Altitude	17
2.2.1 Composição Sanguínea.....	18
2.2.2 Conceito de Hematócrito.....	19
2.2.3 Eritrócitos e sua relação com o Transporte de Oxigênio	20
2.2.4 Estrutura e função da Hemoglobina.....	21
2.2.5 Eritropoietina (EPO) e sua relação com os Eritrócitos.....	22
2.3 Substâncias Químicas Músculo-Esqueléticas e suas Adaptações Crônicas ao Treinamento em Altitude	24
2.3.1 Substância 2,3 Difosfoglicerato (DPG) e sua relação com a oxihemoglobina.....	24
2.3.2 Estrutura e Função da Mioglobina.....	25
2.3.3 Densidade dos capilares, mitocôndrias e suas alterações enzimáticas.....	26
2.3.4 Ácido Lático e sua alteração Crônica.....	27

2.4 Treinamento em Altitudes para Competições no Nível do Mar.....	29
2.4.1. Período para aclimação e nível de altitude para treinamento.....	30
2.4.2 Controvérsias em relação ao treinamento em altitude	32
3.0 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 Planejamento da Pesquisa.....	34
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	38

RESUMO

O treinamento em altitude desde a década de 40 vem sendo um método muito utilizado para que corredores de longa distância melhorem seus desempenhos. Nesses ambientes a pressão parcial de oxigênio é diminuída, com isso, para um atleta se adaptar terá que alterar algumas funções fisiológicas ao nível cardiopulmonar, na composição sanguínea e músculo-esqueléticas. Estas alterações ocorrem para compensar a falta de oxigênio no ar atmosférico, e não são perdidas imediatamente após o retorno ao nível do mar. O objetivo desta pesquisa foi estudar as alterações fisiológicas e sua contribuição para modificações no desempenho em atletas corredores de longa distância expostos a um período de treinamento em altitudes. Este estudo foi desenvolvido através de uma revisão bibliográfica. Foram selecionados e analisados publicações de autores de livros, revistas, periódicos, monografias e artigos nacionais e internacionais presentes na biblioteca local, próximas e recolhidas nos sites de revistas oficiais científicas, presentes na internet. Os resultados mais significativos foram obtidos quando os treinamentos se realizaram por volta de 2300 metros de altitude, onde podem ocorrer alterações fisiológicas de forma aguda que predominam até as duas primeiras semanas, aumentando a aceleração na ventilação pulmonar e frequência cardíaca. Com o prolongamento de permanência a essa altitude, as alterações crônicas começam a predominar, possibilitando o aumento das células sanguíneas como os eritrócitos e hemoglobina, que são promovidas pelo aumento da liberação da eritropoietina. Essa mudança melhora o transporte de oxigênio até os músculos, porém, para que ocorra o consumo de oxigênio no interior da célula muscular, são necessárias alterações químicas músculo-esqueléticas, como aumento das substâncias 2,3 difosfoglicerato, mioglobina, mitocôndrias e suas enzimas, e diminuição nas concentrações do ácido láctico. Estas alterações promovem uma melhor oxidação e produção de energia através das vias aeróbias, além de possibilitar uma maior resistência à fadiga em atividades submáximas. Sendo assim, conclui-se que apesar de ocorrer alterações fisiológicas que podem ser benéficas para o desempenho, muitos pesquisadores contradizem este método, mas, a maioria dos maratonistas em nível profissional e olímpico realiza este modelo de treinamento e com isso, recordes pessoais e mundiais vão sendo alcançados em suas provas ao nível do mar.

Palavras-chave: Alterações no desempenho; Corredores de longa distância; Treinamento em altitude.

SOUZA, Eberton Alves. Height Training for Long Distance Runners: Physiologic Aspects and Effects to the Accomplishment. *Maringá. 2006. 40fls. Monograph (TCC). Graduation in Physical Education - Centro Universitário de Maringá*

ABSTRACT

The altitude training since the 40's its been a very used method for the long distance runners to improve their performance. In these environments the partial pressure of oxygen is diminished, therefore, for an athlete to adapt itself will have to modify some physiological functions to the level cardiopulmonary, in the sanguineous composition and muscle-squeletics. These alterations occur to compensate the lack of oxygen in atmospheric air, and they are not lost immediately after the return to the level of the sea. The objective of this research was to study the physiological alterations and its contribution for modifications in the performance in displayed running athletes of long distance to a period of training in altitudes. This study it was developed through a bibliographical revision, where they had been selected and analyzed some publications of book authors, magazines, periodic, monographs and articles national and international gifts in the local library, next and collected in the sites to official magazines scientific gifts in the Internet. Results more significant had been gotten when training if had carried through around 2.300 meters of altitude, where physiological alterations of acute form can occur that they predominate until the two first weeks, and increase the acceleration in the pulmonary ventilation and cardiac frequency. With the prolongation of permanence to this altitude, the chronic alterations start to predominate, making possible the increase of the sanguineous cells as the erythrocytes and hemoglobin, which are promoted by the increase of the release of the erythropoietin. This change improves the oxygen transport until the muscles, however, so that the consumption of oxygen in the interior of the muscular cell occurs, they are necessary chemical alterations muscle-squeletics, as, increase of them substantiates 2,3 Diphosphoglyceratate, mioglobin, mitochondria and its enzymes, and reduction in the concentrations of the acid lactic. These alterations promote one better oxidation and production of energy through the aerobic ways, beyond making possible bigger fatigue strength in sub-maximum activities. Being thus, one concludes that although to occur physiological alterations that can be beneficial for the performance, many researchers contradict this method, however, the majority of the maratonists the professional and olympic level carries through this model of training and with this, and personal and worldwide records are being reached in its tests to the level of the sea.

Descriptors: Alterations at accomplishment; Long Distance Runners; Height Training.

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Problema

O treinamento em altitudes desde a década de 40 vem sendo uma das estratégias mais utilizadas para que corredores de longa distância melhorem seu desempenho. Nesses ambientes as pressões dos gases atmosféricos são menores e conseqüentemente a pressão parcial de oxigênio (O₂) também será diminuída. Com isso, poderão ocorrer adaptações fisiológicas para compensar a falta de oxigênio e proporcionar um consumo adequado desse gás pelos músculos dos atletas que realizam este método de treinamento (FOSS e KETEVIAN, 2000; WILMORE e COSTIL, 2001; ROBERGS e ROBERTS, 2002; LIRA *et al.*, 2004).

Estas adaptações do organismo podem ocorrer tanto de forma aguda quanto de forma crônica. Em relação às adaptações agudas, que podem ocorrer horas após a chegada a uma altitude, serão apresentadas neste trabalho as modificações ao nível de ventilação pulmonar e frequência cardíaca. Já com as alterações crônicas, que ocorrem com o prolongamento de permanência na altitude, serão apresentadas as modificações em relação à composição sanguínea, principalmente as que ocorrem nas células responsáveis pelo transporte de oxigênio dos pulmões até os músculos. Além disso, serão mostradas as alterações químicas músculo-esqueléticas, que podem promover um melhor transporte e consumo de oxigênio no interior da célula muscular.

Uma das principais alterações que ocorrem são nos níveis dos eritrócitos, principal componente do sangue, que são produzidos pelas células da medula óssea. Essa produção é estimulada pela eritropoietina-EPO, (hormônio liberado pelas glândulas renais). Os eritrócitos são fundamentais para o transporte de oxigênio até os músculos, pois apresentam a hemoglobina em sua composição. Por essa razão, esse hormônio é extremamente importante para adaptação ao treinamento em altitude. Durante esse tipo de treinamento ocorre um aumento da liberação da EPO, o que promove uma maior disponibilidade de eritrócitos e sua capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue até os músculos (WILMORE e COSTIL, 2002).

Ainda, sobre esta questão, Garret e Kirkendall (2003, p.482), afirmam que:

Para o treinamento em altitude ter um benefício fisiológico sobre o treinamento ao nível do mar, a performance deve ser aumentada tanto pelo processo de aclimatização a altitude quanto pelas adaptações com o treinamento em hipoxia, ou uma combinação dos dois. Em relação à aclimatização a altitude, a adaptação mais proeminente, que aumenta a performance no exercício de endurance, é um aumento na capacidade do sangue de transportar oxigênio.

Estas alterações podem ocorrer de forma significativa em altitudes em torno de 2300 metros acima do nível do mar, e mesmo após o retorno desses atletas ao nível do mar, estas mudanças não são perdidas imediatamente e podem levar dias ou até mesmo semanas. Esse pode ser um dos grandes motivos para que os atletas pretendam melhorar seus resultados em suas corridas de longa distância após este modelo de treinamento (BOMPA, 2002; FOSS e KETEVAN, 2000; PLANTANOV, 2004).

Pelo fato do Brasil não possuir grandes altitudes, ainda existem poucas pesquisas nacionais sobre este assunto, porém, muitos atletas maratonistas nacionais se deslocam para outros países para realizarem este tipo de treinamento. Este método de treinamento em altitude, é uma área de estudos que apresenta um significativo interesse de muitos fisiologistas e técnicos de alto nível competitivo, tanto que segundo Robergs e Roberts (2002), atletas profissionais devido a este modelo de treinamento, vêm obtendo melhores resultados em seus campeonatos profissionais e olimpíadas.

Assim sendo, o desenvolvimento desse trabalho justifica-se pelo interesse de estudar as possíveis alterações que ocorrem no organismo desses atletas, verificando sua relação com o nível de desempenho que os corredores de longa distância podem apresentar em competições no nível do mar após esse tipo de treinamento.

O treinamento em altitude, apesar de alguns autores ainda contradizerem, vem sendo muito investigado por pessoas ligadas ao assunto, que procuram analisar as reais vantagens desse modelo de treinamento. Desta forma, esta pesquisa será desenvolvida procurando estudar: quais alterações fisiológicas ocorrem e por que os

corredores de longa distância profissionais se utilizam desse método para complementar seu programa de treinamento?

1.2 Objetivos

1.2.1 Estudar as alterações fisiológicas e sua contribuição para modificações no nível de desempenho em atletas corredores de longa distância após um período de treinamento em altitudes.

1.2.2 Entender a pressão parcial de oxigênio atmosférico ao nível do mar e em altitudes e compreender suas relações com as funções cardiorespiratórias;

1.2.3 Identificar as alterações da química do sangue em relação ao volume sanguíneo durante a exposição em altitudes;

1.2.4 Identificar as modificações químicas músculo-esqueléticas após exposição crônica em treinamento em altitudes;

1.2.5 Compreender segundo conclusão de alguns autores os possíveis benefícios e contradições no desempenho após um período de treinamento em altitude.

2.0 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Pressão Parcial de Oxigênio e suas Relações com o Sistema Cardiorrespiratório ao Nível do Mar e em Altitudes

Quando um indivíduo sai do nível do mar ou de baixas altitudes e se desloca para treinar em uma altitude mais elevada, algumas atividades fisiológicas do seu organismo podem-se alterar imediatamente a partir de algumas horas de exposição. Estas alterações podem ocorrer devido a menor pressão de oxigênio no ar atmosférico. Sendo assim, este capítulo trás uma abordagem sobre como a menor pressão de oxigênio de uma altitude pode provocar algumas alterações agudas que afetam principalmente a frequência cardíaca e a ventilação pulmonar. Estas alterações podem ocorrer como uma resposta devido à falta da quantidade adequada de oxigênio que chega aos tecidos musculares, e assim, possibilitar ao atleta uma adaptação imediata a este modelo de treinamento em altitudes.

2.1.1 Pressão Parcial de Oxigênio

Segundo Amaral (2000), a pressão atmosférica ou pressão barométrica significa a soma da pressão parcial de todos os gases, ou seja, hidrogênio, oxigênio, vapor de água, dióxido de carbono e gases inertes. O oxigênio apresenta uma relação direta ao desempenho de um atleta corredor de longa distancia, e o seu consumo está intimamente ligado as suas pressões parciais, tanto no ar ambiente, quanto nas estruturas fisiológicas respiratórias até chegar aos músculos.

O suprimento corporal de oxigênio depende da pressão no ar ambiente que, por sua vez, permanece constante em uma composição englobando 20,93% de oxigênio. Assim, da pressão total de gases no ar atmosférico de 760 mmhg, 159 mmhg corresponde à pressão parcial de oxigênio disponível no ambiente. Essas moléculas gasosas se movimentam com uma velocidade relativamente grande e exercem pressão contra qualquer superfície com a qual entram em contato. O ar é saturado completamente com vapor de água quando penetra nas cavidades nasais

e na boca e desce através das vias respiratórias. Na traquéia a pressão de oxigênio diminui cerca de 10mmhg, passando de 159 mmhg para 149 mmhg. Nos alvéolos pulmonares a pressão parcial de oxigênio é ainda menor, chegando em média a 103 mmhg (MCARDLE *et al.*, 2003).

Os pulmões são bem estruturados para difusão de gases através da membrana respiratória, tanto para dentro como para fora do sangue, pois a área superficial total para difusão é grande e a membrana respiratória é extremamente fina, fatores estes, que facilitam a troca gasosa entre o pulmão e o sangue. O fato dos pulmões serem órgãos ideais para a troca gasosa é importante tendo em vista que durante o exercício máximo, a taxa de captação de oxigênio pode aumentar vinte a trinta vezes mais que as condições de repouso (POWERS e HOWLEY, 2000).

O sangue frequentemente entra nos capilares pulmonares com uma pressão de oxigênio de 40 a 45 mmhg, ou seja, aproximadamente 60 a 65% a menos que a pressão alveolar. Esse gradiente de pressão impulsiona o oxigênio dos alvéolos para o interior do sangue, para que assim, possam ser transportados para todas as células musculares do corpo. Em repouso, a pressão parcial de oxigênio por fora da célula muscular é de aproximadamente 40 mmhg, e durante os exercícios mais vigorosos a pressão de oxigênio dentro da célula muscular pode cair para zero mmhg. Os gradientes de difusão facilitam a movimentação de oxigênio dos capilares para os tecidos. Com o exercício o oxigênio se difunde rapidamente à medida que seu gradiente de pressão se expande (WILMORE e COSTIL, 2001; MCARDLE *et al.*, 2003).

Segundo Faria *et al.* (2005), a captação e o transporte de oxigênio são realizados de forma passiva, ou seja, não ocorre um gasto de energia para sua difusão, passando assim, sempre de um lugar de maior pressão para outro de menor pressão.

Neste sentido Wilmore e Costil (2001, p.253), explicam que:

Os atletas com grandes capacidades aeróbias frequentemente apresentam uma capacidade de difusão de oxigênio maior. Isso provavelmente se deve ao resultado combinado [...], ao aumento da área superficial alveolar e redução da resistência de difusão através da membrana respiratória.

2.1.2 Pressão Parcial de Oxigênio em Altitudes

Como vimos anteriormente, a pressão barométrica ou atmosférica significa a soma da pressão parcial de todos os gases. Na medida que subimos do nível do mar para níveis crescentes de altitude há uma queda da pressão barométrica. A queda da pressão ocorre porque ao nível do mar há uma maior massa de ar acima da terra, onde as moléculas estão mais próximas umas das outras e, conseqüentemente, produzindo uma maior pressão. Em altitudes existe uma menor massa de ar e com isso, as moléculas de ar estão mais separadas uma das outras proporcionando uma menor pressão, por um dado volume de ar (ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Como no aumento da altitude ocorre uma diminuição na concentração dos gases atmosféricos, o conteúdo de oxigênio disponível também será diminuído no ar, esse fenômeno é denominado hipoxia. A hipoxia, por sua vez, resulta em uma menor disponibilidade de oxigênio no sangue, conseqüentemente o organismo encontra maiores dificuldades para encontrar a quantidade de oxigênio necessário para o seu metabolismo oxidativo. Para compensar essa mudança, o organismo de uma pessoa comum ou de um atleta se altera para disponibilizar uma quantidade de oxigênio necessária para o funcionamento de seus tecidos musculares (MAGALHÃES *et al.*, 2002; VREDAROS, 2003).

“O termo Hipoxia refere-se a uma condição na qual o oxigênio disponível nas células é insuficiente para manter um metabolismo aeróbico necessário para efetuar atividades celulares normais” (BERNE *et al.*, 2004, p. 537).

Deve-se entender, que quando um atleta se expõe acima do nível do mar a quantidade percentual de oxigênio não se altera e continua sendo de 20,93, porém, as moléculas de oxigênio por unidade de volume diminuem. A pressão parcial de oxigênio diminui proporcionalmente ao decréscimo da pressão barométrica. Com isso, numa grande altitude, para recebermos a mesma quantidade de oxigênio que ao nível do mar em cada inspiração, teríamos que inalar mais ar. Sendo assim, para mantermos uma determinada atividade em altitude será necessário aumentar tanto a ventilação pulmonar, quanto a freqüência cardíaca. Estas alterações fisiológicas causadas em atletas que se expõem de forma aguda a altitude, ocorrem tanto no

repouso, como durante ao exercício e dependerão do tipo, da intensidade da atividade realizada e do grau da altitude (FOSS e KETEYIAN, 2000; MAGALHÃES *et al.*, 2002).

2.1.3 Ventilação Pulmonar

A ventilação pulmonar é ajustada conforme a necessidade metabólica para manter o consumo de oxigênio adequado de cada indivíduo. Com o exercício físico a necessidade de oxigênio é aumentada. Essa modificação crescente de consumo de oxigênio por um atleta, durante o exercício, aumenta de forma proporcional à ventilação pulmonar (MCARDLE *et al.*, 2003).

Em uma altitude o ar é menos denso, isso significa que existe uma menor quantidade de moléculas de oxigênio por litro de ar. Se uma pessoa deseja consumir a mesma quantidade de litros de oxigênio, a ventilação pulmonar precisa aumentar. Para manter uma determinada intensidade submáxima de exercício em altitude moderadas, há uma maior resposta ventilatória quando comparada ao nível do mar. Como resultado, haverá um aumento da pressão de oxigênio nos pulmões permitindo assim uma provisão adequada de oxigênio para o corpo que é benéfico para elevar a pressão arterial de oxigênio e a saturação arterial da hemoglobina. Essa adaptação permitirá ao atleta de endurance (exercícios de predominância aeróbia) suportar suas atividades durante seu treinamento em altitudes (OLIVEIRA *et al.* 1998; POWERS e HOWLEY, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Segundo Robergs e Roberts (2002), a ventilação pulmonar de repouso de um atleta, exposto ao treinamento em altitude, poderá aumentar progressivamente durante as duas primeiras semanas de exposição à altitude, independentemente de sua intensidade, depois começará a diminuir um pouco e se estabilizar. Esse aumento da ventilação pode permanecer por vários dias após o retorno ao nível do mar, um dos motivos pelo qual muitos corredores de longa distância podem se beneficiar em suas competições ao nível do mar, após este modelo de treinamento.

O aumento da ventilação durante a realização de exercício próximo ao máximo proporciona um antídoto rápido e relativamente eficaz contra o desafio

agudo da exposição em altitude. Simultaneamente, outras ajustagens cardiovasculares de ação mais lenta ocorrem durante a permanência numa grande altitude (MCARDLE *et al.*, 2003).

2.1.4 Frequência Cardíaca e sua Relação com o Consumo de Oxigênio

A frequência cardíaca reflete a quantidade de trabalho que o coração deve realizar para satisfazer as demandas aumentadas do corpo durante uma determinada atividade. A intensidade da frequência cardíaca é diretamente proporcional à necessidade dos músculos consumirem oxigênio. Desse modo, à medida que aumenta a intensidade de um exercício, a frequência cardíaca também irá aumentar (WILMORE e COSTIL, 2001).

A diminuição da pressão parcial de oxigênio, à medida que subimos acima do nível do mar, reduzirá a pressão parcial de oxigênio alveolar. Isso fará com que as células sanguíneas transportem menos quantidade de oxigênio, o que causa uma chegada insuficiente deste gás até os tecidos musculares (GUYTON e HALL, 1997; CINGOANI e HOUSSAY, 2004).

Durante a exposição aguda em altitudes moderadas ocorre uma diminuição do gradiente efetivo de difusão de oxigênio nos tecidos musculares. Por isso, para manter um determinado volume de oxigênio consumido, a frequência cardíaca aumenta. Essa alteração do batimento cardíaco tanto em repouso, quanto em exercício sub-máximo é devido a diminuição da quantidade de oxigênio disponível no sangue. Com essa adaptação a altitude, a frequência cardíaca e o débito cardíaco (quantidade de sangue bombeada por minuto) podem aumentar cerca de 50% em exercícios submáximos nas primeiras duas semanas. Após esse período, assim como a ventilação pulmonar, a frequência cardíaca diminui um pouco e se estabiliza (OLIVEIRA *et al.*, 1998; ROBERGS e ROBERTS, 2002; FOSS e KETEVAN, 2000).

Estas adaptações fisiológicas do organismo podem contribuir significativamente no consumo de oxigênio pelo atleta, favorecendo seu retorno para competições em provas ao nível do mar. Entretanto, para que o treinamento em

altitude possa apresentar algum benefício para corredores de longa distância, é necessário treinar em altitudes baixas e moderadas, pois altitudes muito elevadas podem comprometer significativamente o consumo de oxigênio pelos atletas e não possibilitar melhoras em seus tempos em provas ao nível do mar. Por outro lado, altitudes muito elevadas também podem oferecer risco aos atletas, pois sua frequência cardíaca pode se tornar muito elevada (FOSS e KETEYIAN, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Por causa do impacto da altitude sobre o teor de oxigênio no sangue e os conhecidos efeitos dessas alterações sobre a resistência cardiovascular, a maioria das pesquisas tem predominantemente investigado os efeitos da altitude sobre os exercícios de endurance (ROBERGS e ROBERTS, 2002, p. 380).

De acordo com as informações anteriores, verifica-se que, quando um atleta se desloca do nível do mar e para uma determinada altitude podem ocorrer modificações fisiológicas de forma aguda, tanto em relação à frequência cardíaca, quanto na ventilação pulmonar, que se elevam devido à hipoxia, ou seja, menor quantidade de oxigênio disponível. Estas mudanças são proporcionais ao nível de altitude, para assim promover uma adaptação rápida do organismo de um atleta. As acelerações da frequência cardíaca e ventilação pulmonar possibilitam compensar a falta de oxigênio nos músculos, tanto no repouso quanto durante o exercício e se iniciam horas após a chegada à altitude e tendo aumento significativo nas primeiras duas semanas de exposição. Contudo, com o prolongamento de permanência e treinamento em altitude, essas elevações da frequência cardíaca e da ventilação pulmonar podem diminuir e se estabilizar devido a alterações crônicas que ocorrem na composição sanguínea, as quais serão ressaltadas no capítulo seguinte.

2.2 Volume Sanguíneo e Suas Modificações com o Treinamento em Altitude

Quando um indivíduo sobe a uma altitude elevada, alterações fisiológicas agudas na frequência cardíaca e na ventilação pulmonar ocorrem de forma proporcional ao nível da altitude correspondente. Entretanto, à medida que essa exposição se prolonga, essas alterações cardiopulmonares começam a diminuir e se

estabilizarem devido a alterações crônicas na composição sanguínea. Desta forma, este capítulo apresentará as principais alterações causadas pelo treinamento em altitude, ao nível de plasma sanguíneo (parte líquida do sangue), e células sanguíneas principalmente aquelas responsáveis pelo transporte de oxigênios dos pulmões até os músculos em atividade. Estas alterações na composição sanguínea podem ser provocadas devido a uma modificação hormonal, na qual sua liberação pode ser estimulada quando o indivíduo se submete ao treinamento em altitude.

2.2.1 Composição Sanguínea

O volume total de sangue é igual à soma do volume celular mais o volume plasmático. A porção celular é formada por 99% de eritrócitos. O volume celular sanguíneo completa sua composição com os leucócitos e as plaquetas. O plasma é a substância líquida do sangue formada em sua maior parte por água. Calcula-se que para cada 5000 ml de sangue em um indivíduo adulto normal, 3000 ml são de plasma e 2000 ml são representados pelos glóbulos vermelhos (hemácias ou eritrócitos). O órgão central formador das células do sangue é a medula óssea, que em adultos se localiza nos ossos esterno, ilíacos e costelas. Devido a esta função, esses ossos são muito vascularizados o que permite a produção de células adultas e seu transporte até o sangue periférico. Com exposição crônica em altitudes o volume sanguíneo costuma aumentar de 20 a 30%, resultando num aumento total da hemoglobina circulante de 50% ou mais. Este aumento do volume sanguíneo é lento, quase não tendo efeito nas duas primeiras semanas, atingindo um desenvolvimento significativo em um mês (AMARAL, 2000; AIRES, 1999).

O plasma é a parte líquida do sangue que corresponde à uma média total de 55% do volume sanguíneo total. Com o treinamento em altitude, para compensar a falta de oxigênio, pode ocorrer um aumento das células sanguíneas, possibilitando a diminuição do plasma em 5-21%. Sendo assim, o plasma sanguíneo acaba sendo desviado para os espaços intra e extracelulares, o que possibilita o sangue ficar mais concentrado. Esta redução dependerá do tipo e da intensidade do treinamento, bem como da perda e da reposição de líquidos. Para evitar uma perda muito alta do

plasma sanguíneo, uma hidratação adequada é necessária para os atletas diminuírem os riscos de problemas com a altitude. Para eles, o ideal seria um consumo de 3 a 4 litros de água por dia após períodos longos de atividades aeróbias para compensar a perda hídrica provocada pela altitude e pelo exercício. Para tanto, a urina deve se manter clara, pois urina escura significa hidratação não adequada (OLIVEIRA et al., 1998; AMARAL, 2000; FOSS e KETEVAN, 2000; MCARDLE et al., 2003).

2.2.2 Conceito de Hematócrito

O Hematócrito é considerado o volume que os eritrócitos ocupam para um determinado volume de sangue (AIRES, 1999). Gayton e Hall (1997), consideram o hematócrito como sendo a percentagem de sangue que é constituída por células e geralmente corresponde de 40^a 45%. Ou seja, o que não é plasma sanguíneo corresponde ao hematócrito.

Para oliveira *et al.* (1998), o hematócrito é definido como a relação dos glóbulos vermelhos para somar o volume de sangue. O volume normal para homens (42-52%) e para mulheres (37-47%). Durante a exposição à altitude moderadas a altas podem ocorrer alterações significativas desses valores do hematócrito.

Ainda, com relação à alteração do hematócrito causado pela altitude Amaral (2000, p. 27), explica que:

Geralmente na aclimação completa ao oxigênio baixo, o Hematócrito sobe de um valor normal de 40-45% até cerca de 60% em média, acompanhado de um aumento médio da hemoglobina de um normal de 15g/dl até em torno de 20 g/dl.

É importante salientar que não ocorre um aumento ilimitado do hematócrito, pois essa mudança poderia provocar uma viscosidade exagerada do sangue, devido à diminuição expressiva da quantidade de plasma, o que dificultaria a circulação periférica e a capacidade do sangue transportar oxigênio até os músculos (MCARDLE *et al.*, 2003).

2.2.3 Eritrócitos e sua Relação com o Transporte de Oxigênio

A principal função dos eritrócitos, também conhecidos como glóbulos vermelhos ou hemáceas, é transportar e proteger a hemoglobina, a qual por seu turno, transporta oxigênio dos pulmões para os tecidos. Em pessoas normais a percentagem de hemoglobina em cada eritrócito é quase sempre próxima do nível máximo. Com isso, quando a formação dos eritrócitos é deficiente na medula óssea, a percentagem de hemoglobina cai consideravelmente em relação aos níveis normais (GUYTON e HALL, 1997).

Para Cingoani e Houssay (2004, p.126), em relação aos eritrócitos é necessário acrescentar que:

O eritrócito, hemácias ou glóbulo vermelho, é uma célula anucleada, com grande concentração de hemoglobina, que vive no ser humano em aproximadamente cento e vinte dias e cuja única função parece ser a de transportar e proteger a hemoglobina, que é necessária para incrementar a capacidade do sangue de transportar oxigênio.

Pela função que os eritrócitos apresentam, isto é, transportar oxigênio até os músculos, esta substância é extremamente importante para adaptação ao treinamento em altitude. Durante esse tipo de treinamento ocorre um aumento na disponibilidade de eritrócitos e sua capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue até os músculos. Por essa razão, quando um atleta residente ao nível do mar realizar uma viagem a altitudes elevadas e lá permanecer por algum tempo, apresentará um maior número de eritrócitos quando comparados aos atletas que realizam treinamentos ao nível do mar. Esta alteração é uma resposta fisiológica do organismo para contrabalançar a dessaturação causada pela menor pressão de oxigênio (POWERS e HOWLEY, 2000; WILMORE e COSTIL, 2001).

A Hipoxia (menor pressão de oxigênio) da altitude é o principal causador do aumento da produção dos eritrócitos, e conseqüentemente aumentará a eficiência do sangue de transportar oxigênio, em um fenômeno denominado Policetemia. Por esta substância ter um papel muito importante, que favorece a oxigenação muscular, o seu aumento pode ser decisivo para adaptação e rendimento de um atleta durante a exposição a treinamentos em altitudes e que, conseqüentemente, pode melhorar

seu desempenho em suas provas de longa distância (GUYTON apud AMARAL, 2000; LIRA et al., 2004).

2.2.4 Estrutura e Função da Hemoglobina

“A hemoglobina é o principal componente dos eritrócitos, a qual este deve sua capacidade de transportar oxigênio [...]” (CINGOANI e HOUSSAY, 2004, p. 128).

A maior proporção da parte sólida do sangue é formada pela hemoglobina (90%), substância esta responsável pela absorção, transporte e liberação da molécula de oxigênio dos pulmões para os tecidos. A Hemoglobina é uma proteína conjugada, formada por dois componentes quimicamente distintos: a substância heme, que contém ferro, e que é responsável pela cor vermelha característica da hemoglobina; e a proteína denominada globina. A molécula de hemoglobina é constituída por quatro grupos heme e quatro cadeias peptídicas que em seu conjunto compõem a globina (AIRES, 1999; JHONSON, 2000).

Como um veículo de transporte à hemoglobina deve ser capaz de ligar eficientemente o oxigênio na medida em que ela penetra nos alvéolos pulmonares durante a respiração e de liberar com eficiência semelhante, o oxigênio para as células na medida em os eritrócitos circulam através dos capilares teciduais. Esta marcante dualidade funcional é alcançada por alterações cooperativas entre as subunidades da hemoglobina (BAYNES e DOMINICZAK, 2000, p. 34).

A hemoglobina se encontra cerca de 97-98% saturada de oxigênio, e como cada molécula de hemoglobina contém quatro grupos heme (cada uma contendo um átomo de ferro), cada molécula de hemoglobina transporta 4 moléculas de oxigênio. Sabendo que de acordo com as características dos mamíferos cada átomo de ferro da hemoglobina reage a uma molécula de oxigênio, essa combinação dá origem à oxi-hemoglobina (AIRES, 1999; CINGOANI e HOUSSAY, 2004).

Como se sabe, a hemoglobina é uma molécula que se localiza dentro dos eritrócitos, e tem como função primordial transportar oxigênio dos pulmões para os diversos tecidos musculares do corpo. A exposição a treinamentos em hipoxia (menor pressão parcial do oxigênio atmosférico) pode ser um estímulo que favorece

o aumento das moléculas hemoglobina (hemoconcentração) devido a um aumento da produção dos ertrócitos (OLIVEIRA *et al.*, 1998).

“O treinamento em altitudes moderadas entre 1.800 á 3.000 metros pode elevar as concentrações de hemoglobina no sangue em aproximadamente 1% por semana” (BERGLUND *apud* BOMPA, 2002, p.84).

Esse aumento do número da hemoglobina, durante a exposição à altitude, se inicia nas primeiras semanas. A seguir o aumento torna-se gradual. Essa resposta possibilita um aumento do conteúdo de oxigênio no sangue arterial, que por sua vez, pode favorecer uma maior disponibilidade de oxigênio para os músculos ativos dos atletas expostos aos treinamentos em altitudes. Esta alteração pode ser um fator determinante para que atletas corredores de longa distância melhorem seus desempenhos após a realização deste modelo de treinamento, pois mesmo após seu retorno ao nível do mar estas alterações não retornam ao normal de forma imediata e sim, levando alguns dias ou semanas (FOSS e KETEVIAN, 2000).

2.2.5 Eritropoietina (EPO) e sua Relação com os Eritrócitos

A oxigenação dos tecidos depende diretamente das concentrações de hemoglobina, deste modo, do número de eritrócitos presentes no sangue. A produção dos eritrócitos pela medula óssea depende da estimulação de um hormônio chamado eritropoietina, que é sintetizado nos rins pelas células intersticiais corticais. Estas células renais são especiais e sensíveis à menor pressão de oxigênio no ar atmosférico. Sendo assim, na ausência da eritropoietina a hipoxia teria pouco ou nenhum efeito sobre a estimulação da produção dos eritrócitos. Por outro lado, quando o sistema da eritropoietina está funcional, a hipoxia causa acentuado aumento na produção desse hormônio, que por sua vez, acaba acelerando a produção dos ertrócitos até minimizar a hipoxia (GAYTON e HALL, 1997; ROBERGS e ROBERTS, 2002; BERNE *et al*, 2004).

“A diminuição da quantidade de oxigênio cedida pelo sangue ao tecido leva produção renal de uma substância, a eritropoietina, que atua sobre a medula óssea levando ao aumento da produção de eritrócitos” (AIRES, 1999, p. 108).

Segundo Amaral (2000), a alteração na liberação deste hormônio é uma resposta imediata e se inicia após 15 horas de exposição a uma altitude. Porém, em uma exposição crônica, a altitude provoca um aumento mais acentuado e significativo da eritropoiese (síntese dos eritrócitos), devido ao aumento ainda maior da eritropoietina circulante.

“O tempo para a estimulação da eritropoiese e o aparecimento de eritrócitos maduros é de sete dias. Portanto, é necessário pelo menos uma semana para que a policetemia seja significativa por causa da altitude” (ROBERGS e ROBERTS, 2002, p.382).

Alguns estudos relacionados à estimulação e alteração deste hormônio mostram que a eritropoietina começa a aumentar logo após algumas horas de exposição em altitude, e que essa alteração se mantém elevada por até dez dias após o retorno ao nível do mar. Motivo pelo qual muitos atletas e técnicos utilizam do treinamento em altitude para melhorarem os resultados em suas provas ao nível do mar (OLIVEIRA *et al*, 1998).

Com o aumento do período de treinamento, o organismo dos atletas começa a se adaptar de forma crônica. Sendo assim, pode ocorrer uma diminuição no volume plasmático, e com isso, o sangue se torna mais viscoso. Essa diminuição do plasma não pode ocorrer de forma acentuada, pois, o excesso de viscosidade sanguínea pode dificultar a circulação do sangue pelas artérias periféricas e seu acesso nos músculos. Paralelo à essa modificação do plasma, ocorre um aumento no número dos eritrócitos e, conseqüentemente, da hemoglobina, estas substâncias apresentam uma grande afinidade pelo transporte de oxigênio dos pulmões até o tecido muscular. Esse aumento é provocado pela eritropoietina, um hormônio produzido pelas células renais, e sua produção começa a aumentar após 15 horas de exposição à hipoxia, tornando-se significativo a partir de uma semana e, quando liberado, atua na medula óssea estimulando o aumento da produção dos eritrócitos. Essas alterações podem promover uma melhor eficiência de transporte de oxigênio até os músculos ativos dos atletas, porém, para ocorrer uma separação da oxihemoglobina e para que o oxigênio penetre no interior da célula muscular é

necessário que ocorram modificações em algumas substâncias químicas músculo-esqueléticas, as quais serão explicadas no capítulo seguinte.

2.3 Substâncias Químicas Músculo-Esqueléticas e suas Adaptações Crônicas ao Treinamento em Altitude

Com a exposição prolongada a este modelo de treinamento, como foi visto no capítulo anterior, ocorrem modificações na composição sanguínea que melhoram a eficiência do transporte de oxigênio dos pulmões até os músculos. Porém, para que as moléculas de oxigênio possam desligar-se do sangue e penetrar no interior da célula muscular, é necessário que algumas substâncias químicas músculo-esqueléticas também se alterem. Dessa forma, neste capítulo será mostrado como o treinamento em altitude pode alterar o número das substâncias 2,3 difosfoglicerato (substância responsável pela dissociação da oxi-hemoglobina), no número da mioglobina (molécula responsável pelo transporte da molécula de oxigênio para o interior do músculo), do número das mitocôndrias e de suas enzimas oxidativas (substâncias responsáveis pela respiração celular). Além de provocar modificações nas concentrações do ácido láctico sanguíneo (substância responsável pela inibição da contração das fibras musculares) durante o exercício. Alterações estas, que podem favorecer um melhor consumo de oxigênio no interior da célula muscular, permitindo que o indivíduo tenha melhor resistência em suas atividades a partir produção de energia, através de suas vias aeróbias.

2.3.1 Substância 2,3 Difosfoglicerato (DPG) e sua Relação com a Oxi-hemoglobina

A 2,3 Difosfoglicerato é uma substância formada dentro dos eritrócitos durante a glicólise. A relação entre a hemoglobina por oxigênio diminui proporcionalmente na medida em que os níveis de 2,3 difosfoglicerato aumentam nos eritrócitos. Este composto une-se frouxamente com as subunidades das moléculas de hemoglobina, reduzindo sua afinidade por oxigênio. Desse modo, a curva de dissociação da oxi-hemoglobina é desviada para a direita, favorecendo

uma maior liberação de oxigênio. Contudo, sua diminuição no sangue eleva a afinidade de oxigênio por hemoglobina, o que inibe a liberação de oxigênio para os músculos (OLIVEIRA *et al.*, 1998; MCARDLE *et al.*, 2003; BERNE *et al.*, 2004).

A concentração da substância 2,3 difosfoglicerato nos eritrócitos é sensível à várias condições fisiológicas. Durante uma privação crônica de oxigênio para os tecidos, como, “por exemplo,” durante a exposição a altitudes elevadas, os níveis de substância 2,3 difosfoglicerato se elevam devido a menor pressão parcial de oxigênio no ar atmosférico. Esta mudança proporcionará aos indivíduos expostos ao treinamento em altitude uma maior separação da oxi-hemoglobina, e conseqüentemente uma maior quantidade de oxigênio disponível para suas atividades musculares (BAYNES e DOMINIACZAK, 2004).

Para Oliveira *et al.* (1998), ocorre um aumento notável de 14% da substância 2,3 Difosfoglicerato em exposição a este método de treinamento em altitude em um período de duas semanas.

Como o aumento da produção da substância 2,3 DPG pelos eritrócitos, é uma resposta hematológica que ocorre devido à hipoxia, os indivíduos expostos a treinamento em altitudes, possuem um maior nível da substância 2,3 difosfoglicerato nos eritrócitos, quando comparados aos atletas que realizam seus treinamentos ao nível do mar. Com isso, muitos atletas, principalmente corredores de longa distância, utilizam desse método para completar seus programas de treinamento antes de suas competições mais importantes ao nível do mar (ROBERGS e ROBERTS, 2002; MCARDLE *et al.*, 2003; BERNE *et al.*, 2004).

2.3.2 Estrutura e Função da Mioglobina

A mioglobina é uma proteína globular que contém ferro responsável pelo transporte e armazenamento de oxigênio no tecido muscular. Ela é similar à hemoglobina em estrutura e função, porém, cada mioglobina contém apenas um átomo de ferro, enquanto a hemoglobina apresenta quatro átomos. Desse modo, o seu peso molecular corresponde somente 25% do peso da hemoglobina, pois

enquanto esta pode transportar até quatro moléculas de oxigênio, a mioglobina transporta somente uma (MCARDLE *et al.*, 2003; BERNE *et al.*, 2004).

Localizado nas células dos músculos estriados e esqueléticos, a mioglobina liga o oxigênio liberado pelas células sanguíneas nos tecidos onde desempenham um metabolismo oxidativo. Como o oxigênio é consumido durante o metabolismo aeróbio nos tecidos musculares, o oxigênio dissocia da hemoglobina, fator este favorecido pela substância 2,3 difosfoglicerato, e difunde-se através da mioglobina para as mitocôndrias, os geradores de energia da célula muscular. Esta mudança pode favorecer um melhor desempenho em atividades de predominância aeróbia (BAYNES e DOMINICZAK, 2000).

“A mioglobina auxilia na transferência de oxigênio do sangue para as células musculares e na estocagem de oxigênio, fato que é especialmente crucial quando o fornecimento de oxigênio não é adequado” (BERNE *et al.*, 2004 p. 532).

Durante a exposição em treinamento em altitude ocorrem algumas alterações fisiológicas que podem ser benéficas para o desempenho de atletas em suas provas de resistência. Entre essas modificações está o aumento do número da mioglobina. Sendo a mioglobina é uma substância responsável pelo transporte de oxigênio no interior do tecido muscular, com o treinamento em altitude pode ocorrer um aumento de sua composição de 14% em relação ao treinamento ao nível do mar (TERRADOS *et al.*, *apud* OLIVEIRA *et al.*, 1998; FOSS e KATEYIAN, 2000).

Sendo assim, com o aumento da mioglobina pode-se aumentar a quantidade do oxigênio armazenado do no músculo, o que possibilitaria um mecanismo fácil e rápido para obtenção de energia durante as necessidades musculares. Isso poderá favorecer uma melhor disponibilidade de oxigênio e possibilitar um melhor desempenho dos atletas em suas provas de longa distância, como “por exemplo” maratonas (FARIA *et al.*, 2005).

2.3.3 Densidade dos Capilares, Mitocôndrias e suas Alterações Enzimáticas

A exposição crônica a altitudes moderadas promove uma série de alterações ao nível músculo esquelético que melhoram a difusão do oxigênio. Entre estas

alterações está o aumento da densidade e capilarização muscular, a qual permite uma melhor circulação periférica e uma maior quantidade de sangue oxigenado que chega até o interior da célula muscular e conseqüentemente da mitocôndria. A mitocôndria é uma organela citoplasmática responsável pela respiração celular, ela usa substâncias orgânicas como a glicose e o oxigênio para sintetizar energia na forma de ATP- Adenosina-trifosfato (armazenamento de energia no músculo) e assim disponibilizar uma maior liberação de energia através das vias aeróbias (FOSS e KATEYIAN, 2000).

O sistema aeróbio, [...] tem a possibilidade de produzir grandes quantidades de ATP, embora a taxa desta produção tenha como limite o desempenho possível da fosforilação oxidativa na mitocôndria da fibra muscular atuante, assim como a eficiências dos sistemas circulatório e respiratório na tarefa de fornecer oxigênio proveniente do meio ambiente a essa mesma fibra muscular (ALVES, 2004, p. 4).

Este modelo de treinamento em altitude possibilita um aumento do número e da densidade das mitocôndrias favorecendo, uma melhor respiração celular e conseqüentemente uma maior produção de ATP. Além disso, possibilita uma elevação do número de suas enzimas oxidativas, principalmente aquelas enzimas do ciclo de krebs, que aceleram a capacidade oxidativa de um individuo. Essas alterações poderiam reduzir a distância de difusão do oxigênio para os músculos e aumentar a quantidade desse gás para o organismo, porém, ocorrem de forma crônica e levam mais tempo em relações as outras alterações fisiológicas (FOSS e KATEYIAN, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Em relação às alterações das enzimas oxidativas, durante o treinamento em altitude, foi observado, "por exemplo", o aumento da atividade da 3 hidroxido-CoA desidrogenase. Essa modificação sugere uma melhora na capacidade aeróbia para quem treina em torno de quatro semanas a 2300 metros acima do nível do mar (TERRADOS, *apud*, OLIVEIRA *et al.*, 1998).

2.3.4 Ácido Lático e sua Alteração Crônica

Para que um indivíduo realize uma atividade física é necessário que suas funções orgânicas estejam plenamente ajustadas, resultando assim numa maior

tolerância aos agentes responsáveis pela fadiga muscular, principalmente o ácido láctico, que poderá causar incapacidade de realizar uma força requerida durante uma contração muscular. O ácido láctico é produzido constantemente no organismo, tendo sua concentração aumentada em atividades mais intensas e pela falta do consumo de oxigênio adequada. Como a presença de oxigênio inibe o aumento crescente dos níveis de ácido láctico sanguíneo, na falta de oxigênio, o piruvato é convertido em ácido láctico para que a produção de energia possa continuar através da glicólise, ou seja, uma via anaeróbia. Essa via fornece energia para contração muscular apenas por um curto período de tempo, e com isso, interferindo na resistência do atleta (SOUZA *et al.*, 2003).

Segundo Bompa *apud* Alves (2004 p. 3), "A resistência pode ser entendida como a capacidade do organismo a uma fadiga em uma atividade motora prolongada. Entende-se por fadiga a diminuição transitória e reversível da capacidade de trabalho do atleta".

A insuficiência de oxigênio nas células, durante a exposição aguda em uma altitude, estimula o metabolismo anaeróbio, resultando em um aumento na liberação de lactato e íons hidrogênio e subsequente formação de ácido láctico. Contudo, durante a exposição por um período mais prolongado pode ocorrer uma diminuição de sua concentração no sangue. Essa alteração ocorre de forma significativa em altitudes moderadas, e mesmo com a maior utilização dos carboidratos durante os exercícios moderados, há uma diminuição do lactato circulante no sangue quando comparado ao exercício de exposição aguda. Esse achado foi denominado paradoxo do lactato, ou seja, redução da produção máxima de lactato pela contração do músculo esquelético após a exposição crônica a altitude (ROBERGS e ROBERTS, 2002; BERNE *et al.*, 2004).

A menor quantidade de lactato após a exposição crônica a altitude foi atribuída em parte a uma menor liberação das catecolaminas, que são responsáveis pela estimulação da liberação da glicose (componente anaeróbio), e também a um menor impulso do sistema nervoso central (AMARAL, 2000).

As pesquisas indicaram que a reduzida resposta máxima do lactato do sangue pode ser explicada pela maior captação de lactato pelo músculo ativo ou inativo, coração, rim e fígado

e uma menor capacidade do sistema nervoso central em sustentar em exercícios de grande intensidade (ROBERGS e ROBERTS, 2002, p. 383).

Em um estudo realizado com 29 corredores de longa distância de alto nível competitivo, mostrou em uma biopsia em descanso antes e depois dos testes, que após 20 noites em hipoxia moderada (2650 metros) e 20 dias em de treinamento altitude baixas (600 metros) simulada diminuiu significativamente a taxa de lactato sanguíneo durante o exercício (CLARK *et al.*, 2003).

Para que possa ocorrer um melhor consumo de oxigênio no interior da célula muscular, é necessário não somente uma alteração nas células da composição sanguínea, mas também de algumas substâncias químicas músculo-esqueléticas. Sendo assim, o treinamento em altitudes pode promover a partir de quinze dias de exposição, um aumento significativo das substâncias 2,3 difosfoglicerato, mioglobina, mitocôndrias e suas enzimas. A substância 2,3 difosfoglicerato possibilita a separação do oxigênio da hemoglobina, permitindo que a mioglobina se ligue á molécula de oxigênio para o seu transporte para o interior do músculo onde será oxidado. Esta oxidação é favorecida pelo aumento do número das mitocôndrias e de suas enzimas, que aceleram a produção de energia através das vias aeróbias. Outro fator importante, que é possibilitado pelo treinamento em altitude é a diminuição das concentrações sanguíneas do ácido láctico, substância inibidora da contração muscular, permitindo assim, uma maior resistência à atividades de predominância aeróbia. Estas alterações podem ser determinantes para que os atletas prolonguem suas atividades de resistência, como corrida de longa distância durante seu período de treinamento em altitudes.

2.4 Treinamento em Altitudes para Competições no Nível do Mar

O treinamento em altitude é um método muito utilizado por técnicos, fisiologistas e cientistas ligados ao assunto, que procuram encontrar a altitude e o período de treinamento ideal, que possam acarretar possíveis benefícios fisiológicos e conseqüentemente melhorar o desempenho de seus atletas em suas provas ao nível do mar. Contudo, ainda existem muitos pesquisadores que contradizem esta

informação. Sendo assim, o objetivo deste capítulo será compreender, segundo a conclusão de alguns autores, algumas possíveis vantagens e contradições de atletas, principalmente corredores de longa distância em realizar este método como parte de seu programa de treinamento.

Influenciado pelos resultados das olimpíadas de 1960 no México (a uma altitude de 2.240 metros acima do nível do mar), o treinamento em altitude passou a ser realizado não somente para preparação de competições em regiões montanhosas, mas também se tornou um meio eficaz de preparação de reservas funcionais para levar o organismos dos atletas a um nível de adaptação mais alto, o que refletia num melhor rendimento de desportistas durante sua participação em competições próximas ao nível do mar (MEZZARROBA, 2003; PLATANOV, 2004).

2.4.1. Período para Aclimação e Nível de Altitude para Treinamento

O treinamento em altitude é um método que chama a atenção de treinadores, fisiologistas, que consideram que este tipo de treinamento pode influenciar diretamente no desempenho de seus atletas. Esse método é muito utilizado e pode beneficiar posteriormente corredores de longa distância em suas provas ao nível do mar. Por isso, a maioria dos especialistas considera que as altitudes perfeitas para a preparação de maratonistas ou esportistas de endurance de alto nível estão entre 1800 e 2400 metros acima do nível do mar. Em altitudes mais elevadas pode comprometer a duração e a intensidade do treinamento, além de oferecer um maior risco a saúde do indivíduo (VREDAROS, 2003; PLANTANOV, 2004).

Buscando alertar sobre esta questão, Amaral (2000, p.29), ressalta que:

O melhor método para evitar os transtornos provocados pela altitude, é preveni-los. O organismo necessita de tempo para aclimatar se a cada dia. Deve-se evitar muitos esforços até que te encontre bem aclimatados, e programas de descanso após dias duros de esforços.

Quando exposto a este modelo de treinamento cada indivíduo responderá de forma individual dependendo do tempo e do grau da altitude. Geralmente, considera-se que o período ideal para aclimação a uma altitude por volta de 2300 metros acima do nível do mar é de no mínimo duas semanas. Este método não pode ser realizado na mesma intensidade que ao nível do mar, pois, em estudos com atletas

universitários, concluiu-se, que nessa altitude a intensidade deve ser realizada a 60% do VO_2 máx. (volume máximo e oxigênio consumido) obtido ao nível do mar. Intensidades maiores podem trazer complicação à saúde dos atletas, e cabe ao treinador estar atento a qualquer sintoma apresentado durante este treinamento (CAMPOS e COSTA, 1999; AMARAL, 2000).

Para Foss e Keteyan (2000), um período adequado de permanência e adaptação a um treinamento em altitude está no mínimo entre três a quatro semanas, e quando retorna pode perder essas alterações induzidas pela aclimatização em um período de aproximadamente duas a quatro semanas. Portanto, quando um atleta retorna ao nível do mar para competir, essa competição deverá ocorrer logo após o seu retorno, para que esse atleta possa se aproveitar dos possíveis benefícios fisiológicos adquiridos durante seu programa de treinamento em altitude.

Estudos científicos em atletas mostraram aumento significativo no volume máximo de oxigênio consumido e melhora no desempenho dos atletas nas corridas de 1500 metros e 1 milha (1600 metros) ao nível do mar, após treinamento em altitude a partir de 2300 metros acima do nível do mar, por um período de duas semanas (ROBERGS E ROBERTS, 2002).

Pesquisa realizada com atletas, corredores de longa distância, durante um programa de treinamento em altitude, mostrou que os corredores de 800 metros, 1 milha (1600 metros) e 2 milhas (3200 metros) melhoraram seus tempos em suas provas ao nível do mar de forma significativa, após períodos de 21 dias expostos a um programa de treinamento em uma altitude de 2300 metros acima do nível do mar (FOSS e KATEYAN, 2000).

Outro estudo de realizado com corredores de alto nível competitivo, expostos 20 dias em hipoxia simulada, que moravam a uma altitude de 2000 metros e treinavam a uma altitude de 600 metros acima do nível do mar, resultou numa melhora significante em suas economias de corrida (SAUNDERS, 2003).

Considerando os aspectos citados anteriormente, algumas questões de ordem prática devem ser levadas em consideração por fisiologistas e treinadores

ligados ao assunto, e que desejam utilizar esta estratégia para obtenção de melhores resultados. É importante saber qual altura o atleta deve ir, seja simulada ou não, quanto tempo o atleta deve permanecer na altitude e, finalmente, qual a melhor maneira de se expor à altitude (LIRA *et al.*, 2004).

2.4.2 Controvérsias em Relação ao Treinamento em Altitude

Em virtude do treinamento e da permanência em altitude elevada acarretar adaptações benéficas no transporte de oxigênio, tal estratégia é comumente utilizada por atletas e treinadores para aumentar a performance no nível do mar, porém, esta estratégia apresenta muitas controvérsias, pois alguns estudos mostram efeitos benéficos; enquanto outros, mostram efeitos desfavoráveis para os atletas, principalmente maratonistas (LIRA *et al.*, 2004).

Em um estudo realizado com dois grupos de seis corredores de duas milhas (3200 metros), altamente treinados, onde um grupo se exercitou ao nível do mar por três semanas, á uma intensidade de 75% do VO_2 máx. para esse nível, enquanto outro grupo de seis corredores percorriam a mesma distância e mesma intensidade, á uma altitude de 2300 metros acima do nível do mar. A seguir os grupos trocavam os locais de treinamento e continuavam treinamento por três semanas com uma intensidade semelhante aquela do grupo precedente. Inicialmente os tempos para corrida de duas milhas eram de 7,2% piores na altitude que ao nível do mar, melhorando cerca de 2% para ambos os grupos após treinamento na altitude. Contudo, o desempenho pós-altitude ao nível do mar não se modificava, quando comparado com corridas pré-altitude ao nível do mar. Houve uma redução no VO_2 máx. inicialmente durante o treinamento na altitude para ambos os grupos de 17,4%, melhorando ligeiramente após 20 dias de treinamento em altitude. A seguir quando os corredores eram medidos ao nível do mar, a capacidade aeróbia ficava 2,8% menor que os valores pré-altitude ao nível do mar. Claramente, para esses corredores de duas milhas, bem condicionados, não havia qualquer efeito sinérgico do treinamento aeróbio árduo numa altitude média, em relação ao programa equivalente de treinamento intensivo ao nível do mar (MCARDLE *et al.*, 2003).

Para Amaral (2000), cada pessoa ou atleta reage de forma diferente durante seu período na altitude. Atletas com baixos níveis de hemoglobina podem se beneficiar com treinamento em altitude, porém, e outros não, pelo fato de sua composição sanguínea de hemoglobina ser bastante elevada e com esse treinamento eleve mais ainda, o que pode tornar o sangue muito viscoso e difícil de ser bombeado para as células musculares periféricas, e com isso, não melhorar seus resultados em competições ao nível do mar.

McCardle *et al.* (2003), coloca que infelizmente, a maioria das pesquisas realizadas sobre o treinamento em altitude apresentou um controle precário de seus indivíduos, o que dificulta identificar se a melhora no desempenho em provas de longa distância ao nível do mar era devido a efeito da altitude, somente do treinamento ou se uma combinação das duas .

Apesar de ocorrerem muitas alterações fisiológicas que possibilitariam uma melhora no rendimento de atletas após retorno ao nível do mar, muitas pesquisas ainda são bastante contraditórias, o que dificulta concluir se realmente há benefício de atletas principalmente para corredores de longa distância participar desse modelo de treinamento (FARIA, 2005).

Segundo Foss e Kateyian (2000) a única coisa que de modo geral pode-se afirmar é que realmente não existe nenhuma evidência científica consistente sobre a real vantagem de atletas realizarem o treinamento em altitude para obtenção de melhores resultados em provas ao nível do mar. Porém, mesmo assim, todos os atletas de alto nível, profissionais e olímpicos, vão para altitudes moderadas para completar seu treinamento e melhorar seu desempenho ao nível do mar. Praticando esse modelo, recordes mundiais e pessoais vão sendo atingido, o que reforça a idéia de que o treinamento em altitude pode trazer algum benefício para o desempenho em provas de longa distância. Baseado nesses aspectos ressalta-se que deve haver alguns aspectos desse treinamento que a ciência ainda não descobriu, e que o interesse científico por esse assunto ainda continua.

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Planejamento da Pesquisa

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica, que de acordo com Cerro e Bervian (2002), consiste em explicar um problema através de referências teóricas publicadas em documentos. Desse modo, foram selecionados e analisados várias publicações de autores de livros, revistas, periódicos, monografias e artigos nacionais e internacionais presentes na biblioteca local, próximas e recolhidas nos sites de revistas oficiais e científicas presentes na internet.

Primeiramente foram separados os textos relacionados ao assunto para uma leitura, melhor compreensão e para desenvolvimento junto com o orientador do projeto e escolha de um tema coerente ao assunto.

Em seguida, foram ampliados os materiais de referências para leituras mais complexas, buscando uma melhor análise e entendimento do assunto. Também foram feitos fichamentos e resumos de livros necessários para que o trabalho fosse sendo construído com qualidade significativa.

Finalmente foram comparadas as conclusões e idéias dos diversos autores selecionados, procurando perceber os pontos convergentes e divergentes entre teoria e prática. Após as análises, a redação do trabalho e suas considerações finais foram construídas acerca das principais descobertas sobre o tema proposto.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando um atleta se desloca do nível do mar ou de baixas altitudes para altitudes mais elevadas, podem ocorrer algumas alterações fisiológicas para compensar a falta de oxigênio no ar atmosférico. Isso não significa que a percentagem de oxigênio de uma altitude é menor que ao nível do mar, mas que na altitude existe uma menor quantidade de moléculas de oxigênio por litro de ar. Em relação às alterações fisiológicas, é possível que aconteça tanto alterações agudas, em um menor período de tempo; como crônicas, as quais exigem um período mais longo para o atleta obter alterações significativas. Sendo assim, muitos técnicos, fisiologistas e cientistas, apesar das contradições, acreditam que essas alterações no organismo dos atletas podem provocar um melhor desempenho quando comparado ao treinamento ao nível do mar.

As alterações agudas se referem à frequência cardíaca e à ventilação pulmonar. Estas se elevam já nas primeiras horas de exposição à altitude. Como o consumo de oxigênio é proporcional à sua pressão parcial no ar atmosférico, essas elevações ocorrem para compensar a menor pressão desse gás oferecido por uma altitude e assim proporcionar um consumo adequado de oxigênio pela célula muscular. Devido a essa elevação é sugerido que não se treine em altitudes muito elevadas, pois, a pressão de oxigênio pode ser muito baixa e o atleta correr riscos cardíacos. As alterações agudas causadas pelas altitudes têm um aumento significativo até as duas primeiras semanas de treinamento, após esse período esses valores se abaixam e se estabilizam devido às alterações crônicas.

Com o prolongamento da permanência e do treinamento em altitude as alterações agudas começam a diminuir, enquanto as crônicas começam a predominar para a adaptação do organismo e oxigenação muscular. As alterações crônicas atingem principalmente a composição sanguínea, que alteram o hematócrito e o plasma sanguíneo. O plasma corresponde a 55 % do volume sanguíneo total, e com o treinamento crônico em altitude pode ocorrer uma diminuição de 5% a 21%. Sendo assim, é necessário que durante esse modelo de treinamento o atleta consuma de 3 a 4 litros de água após um período longo de

atividade aeróbia. Um meio sugerido pelo controle da hidratação é através da urina, que deve se manter sempre clara, e quando escura pode indicar hidratação não adequada. O hematócrito corresponde a 45% do volume sanguíneo total, e um período crônico de treinamento em altitude seus valores podem chegar a 60% do volume. Pode observar-se que enquanto os valores de plasma diminuem, os de hematócrito aumentam, porém, essas alterações não podem ser muito acentuadas, pois o sangue pode se tornar muito viscoso e dificultar sua circulação periférica.

O aumento do hematócrito corresponde a um aumento dos eritrócitos que é composto pela hemoglobina, substância que apresenta uma grande afinidade com o oxigênio. Estas células sanguíneas são responsáveis pelo transporte de oxigênio até o tecido muscular. A hemoglobina corresponde a 90% das células sanguíneas e tem como função ligar-se à molécula de oxigênio no pulmão formando a oxi-hemoglobina e transportá-la até o tecido muscular. Com o treinamento em uma altitude entre 1800 a 3000 metros, pode ocorrer um aumento de 1% da hemoglobina por semana. Estas alterações são promovidas por hormônio chamado eritropoietina, que é produzido pelas células renais, e que em situações de hipoxia sua liberação é estimulada, o qual, irá atuar na medula óssea promovendo a maior produção dos eritrócitos. Sendo assim, o seu aumento melhora a eficiência do sangue no transporte do oxigênio até os músculos, fator que pode ser determinante durante as atividades de predominância aeróbia como, “por exemplo”, corrida de longa distância.

Com as alterações na composição sanguínea, a tendência é melhorar a capacidade do atleta de transportar oxigênio dos pulmões para as células do tecido muscular. Entretanto, para que ocorra o consumo de oxigênio pelo músculo são necessárias algumas alterações músculo-esqueléticas. Desse modo, o treinamento em altitude por volta de 2300 metros acima do nível do mar, pode promover um aumento de 14% da substância 2,3 difosfoglicerato e da miglobina, moléculas consecutivamente, responsável pela separação da oxi-hemoglobina e transporte da molécula de oxigênio para o interior das células. O treinamento em altitude proporciona o aumento da densidade e do número das mitocôndrias e de suas enzimas principalmente aquelas ligadas ao ciclo de krebs, nos quais promovem uma melhor capacidade de oxidação e respiração celular, possibilitando uma maior

produção de energia através das via aeróbias. Por fim, a exposição crônica a altitude também possibilita a diminuição das concentrações sanguíneas do ácido láctico, o que permite ao atleta uma maior resistência à fadiga em atividades submáximas.

A maioria dos autores pesquisados mostram que para o atleta de longa distância ter algum benefício com o treinamento em altitude e melhorar seus resultados, é necessário treinar em uma altitude moderada e em torno de 2300 metros acima do nível do mar, em um período médio de duas a quatro semanas, e a uma intensidade de 60% do VO_2 máx. obtido ao nível do mar. Dessa forma, tanto as alterações agudas como as crônicas, adquiridas na altitude, não são perdidas logo após o retorno dos atletas ao nível do mar, e podendo durar entre duas e quatro semanas. Sendo assim, sugere-se que suas competições sejam realizadas logo após o seu retorno para que tire proveito de seus possíveis benefícios fisiológicos, adquiridos em seu período de treinamento em altitudes.

Apesar de ocorrer estas alterações fisiológicas que podem contribuir para um melhor rendimento de corredores de longa distancia, muitos pesquisadores são contra esse método, alegando que as pesquisas realizadas sobre este treinamento apresentam um controle muito precário, o que dificultaria identificar se realmente ocorre alguma vantagem comparada com o treinamento ao nível do mar. Outro ponto contraditório, é o de que atletas com altas taxas de hemoglobina podem não se beneficiar do treinamento em altitude, pois seu sangue poderá se tornar muito viscoso e dificultar o seu bombeamento até a periferia muscular. Por essa razão, a questão que geralmente se pode afirmar sobre o treinamento em altitude, é que este não apresenta nenhuma evidência científica consistente que possibilite concluir se realmente existe uma vantagem em relação ao treinamento ao nível do mar. Contudo, a maioria dos corredores profissionais e olímpicos realizam esse modelo como parte de seu programa de treinamento, e com isso, recordes mundiais e pessoais vão sendo atingidos em suas competições. Portanto, conclui-se que, provavelmente ocorram outras alterações ainda desconhecidas que possibilitam alguma vantagem nesse método que a ciência ainda não descobriu. Por isso, é necessário aguardar novas investigações a esse respeito.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. **Treino das Qualidades Físicas - Resistência**. Faculdade de Motricidade Humana. Ciência do Desporto/Gestão do Desporto. Lisboa. Portugal. 2004. Disponível em: <http://www.fmh.utl.pt/disciplinas/MTGest/aulas/MT-GestaoRes04_05.pdf>. Acesso em 02 de novembro de 2006.
- AIRES, M. M. **Fisiologia**. 2ª Edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 1999.
- AMARAL, P.R.C. **Aclimação e Prevenção dos Efeitos Fisiológicos na Altitude**. Instituto Porto Alegre da Igreja Metodista, Escola Superior de Educação Física. Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.mundovertical.com/fisica/aclimatacaoeaprevencao.pdf>>. Acesso em 17 de junho de 2006.
- BAYNES, J. DOMINIACZAK, M. **Bioquímica Médica**. 1ª Edição. São Paulo. Editora Manole. 2000.
- BERNE, M. Robert; LEVY, Matthew N. KOEPEN, B. M. STATON B. A. **Fisiologia**. 5ª. ed. São Paulo: Elsevier Editora, 2004.
- BOMPA, T. O; BATISTA, S. R. F. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. 4. ed. São Paulo: Phorte Editora, 2002.
- CLARK, A.S; AUGHEY R. J; GORE, C. J; HAHM A. G; CHOW, C. **Effects of live, Train low hipoxic exposure on lactate metabolism in trained humans**. School of Exercise and Sports Science. The Univesity of Sydney. Australia. 2003
- CINGOLANI, Horacio E.; HOUSSAY, Alberto B. **Fisiologia humana de Houssay**. 7. ed. atualizada e ampliada. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- CERVO, A. L; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Makron, 2002.
- CAMPOS, A. L; COSTA R. V. **Atividade Física em Moderadas em Grandes Altitudes. Morbidade Cardiovascular e respiratória**. Volume 73. número 1. Rio de Janeiro. 1999. Disponível em: <<http://publicacoes.cardiol.br/abc/1999/7301/73010011.pdf>>. Acesso em 23 de junho de 2006.
- FARIA P.F, DEHN A.L, FILHO E.L, ASSIS G.M, PINTO P. R, SALVI, R.C, FILHO V.D. **Treinamento na Altitude. Movimento e percepção**. Volume 5. número 6. Espírito Santo de Pinhal. São Paulo. 2005. Disponível em: <www.unipinhal.edu.br/movimentopercepcao/include/getdoc.php?id=155&article=43&mode=pdf>. Acesso em 23 de julho de 2006.

FOSS, M. I; KETEYIAN S. J. **Desempenhos Sub Aquáticos, nas Grandes Altitudes e Durante e Após Microgravidade: Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte.** 6ª Edição. Rio de Janeiro. Editora Guanabara. 2000.

GARRETT, W. E; KIRKENDALL D. T. **O Efeito da Hipo e da Hiperbaria sobre a performance: A Ciência dos Exercícios e dos Esportes.** Porto Alegre. Editora Artmed. 2003.

GUYTON, A. C; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia medica.** 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.

JHONSON, R.J. **Fundamentos da Fisiologia Médica.** 2ªEdição. Rio de Janeiro. Editora guanabara Koogan. 2000.

LIRA, C. A. B; BARBIERI, J. V; NAKAMOTO F. P. **Exposição à Altitude para Aumentar a Performance ao Nível do Mar:** Universidade Federal de São Paulo. Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício: 2004. Disponível em: <<http://www.centrodeestudos.org.br/pdfs/altitude.pdf>>. Acesso em 05 de maio de 2006.

MAGALHÃES, J; DUARTE, J; ASCENSÃO, A; OLIVEIRA J. SOARES J. **O Desafio da Altitude. Uma Perspectiva Fisiológica.** Faculdade de Ciências e do Desporto de Educação Física. Universidade do Porto. Portugal. 2002. Disponível em: <http://www.fcdef.up.pt/RPCD/arquivo/artigos_soltos/vol.2_nr.1/08.pdf>. Acesso em 22 de julho de 2006.

MCARDLE, D; KATCH F. I; KATCH V.L. **Fisiologia do Exercício, energia nutrição e Desempenho Humano.** 4ªEdição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2003

MEZZAROBA, C. **Conhecendo o Método do Treinamento em Altitude.** Anais da 5ª Edição de Ensino, Pesquisa e Extensão. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. 2005. Disponível em: <http://www.sepex.ufsc.br/anais_5/trabalhos/684.html>. Acesso em 23 de julho de 2006.

OLIVEIRA. H. G; FÁVERO. G; GOMES A. C. **Treinamento em Altitude.** Seminário de Pós-graduação em Metodologia do Treinamento Desportivo. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 1998.

PLATANOV, V. N. **Montanhas Médias e Altas e a Hipoxia Artificial no Sistema de Treinamento dos Desportistas: Teoria geral do Treinamento Desportivo Olímpico.** Porto Alegre. Artmed, 2004.

POWERS, S. K; HOWLEY E. T. **Exercício e o Meio Ambiente: Fisiologia do Exercício, Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho.** 3ª Edição. São Paulo. Editora Manole. 2000.

ROBERGS, R. A; ROBERTS, S O. **Exercícios em Ambientes Especiais: Princípios Fundamentais da Fisiologia do Exercício, para Aptidão, Desempenho e Saúde.** São Paulo. Editora Phorte. 2002.

SAUNDERS P. U; TELFORD R.D; PYNE D.B; CUNNINGHAM R. B; GORE C. J; HAHM A. G; HAWLEY J. A. **Improved running economy in elite after 20 days of simulated moderate- altitude expessure.** Exercise metabolism Group, Scool of Medicals Sciences, RMIT University, Bundoora, Austrália. 2003.

SOUZA, F. B; PACHECO, M. T; VILAVERDE, A. B; L SILVEIRA; MARCOS, R. L; MARTINE R.A. **Avaliação do Ácido Láctico Intramuscular através da espectroscopia Raman: Novas perspectivas em Medicina do Esporte.** Revista brasileira de Medicina do Esporte. Volume 9. número 6. Rio de Janeiro. 2003. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151786922003000600004&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em 24 de julho de 2006.

VREDAROS, A. **Treinamento em Altitude: Adaptações Fisiológica na Capacidade de Desempenho.** São Paulo. Editora Phorte. 2003. Revista On-Line ano 2 número 3. Disponível em:

<<http://www.phorte.com/phorteonline/teor.php?pid=14&pa=2&pn=3>>. Acesso em 23 de julho de 2006.

WILMORE.J.H; COLTIL D.L. **Execícios em Ambientes Hipobáricos, Hiperbáricos e Microgravidade: Fisiologia do Esporte e do Exercício.** 2ª Edição.São Paulo. Manole. 2001.