

**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Educação Física e Desportos**  
**Especialização em Atividade Física, Desempenho Motor e Saúde**

**Hipoxia Normobárica: Efeitos Sobre a Frequência Cardíaca e a Saturação de Oxigênio da Hemoglobina em Jogadores de Futebol**

Acadêmico: Rodrigo Ghedini Gheller

Orientador: Luiz Osório Cruz Portela

**Resumo**

A exposição aguda a altitude sem aclimação prévia, pode provocar mal estar e diminuir a performance física e esportiva. Esta realidade é enfrentada por jogadores de futebol de equipes brasileiras, os quais disputam a Taça Libertadores da América. Este estudo verificou o efeito de sessões de hipoxia normobárica, em repouso, sobre a SpO<sub>2</sub> e FC de atletas de futebol profissional. Para isso, submeteu-se 13 jogadores, 5-6 vezes por semana, com média de 14,7 ± 1,7 sessões de hipoxia. As sessões tinham 60 minutos de duração, com intensidade de 14% e 12 % O<sub>2</sub>, e foram registrados os resultados dos dados de SpO<sub>2</sub> e FC. A comparação entre pré e pós-teste, através do teste t de Student, mostrou um aumento significativo (p<0,05) do percentual da SpO<sub>2</sub> e redução significativa (p<0,05) da FC em todos os indivíduos. Concluímos que o protocolo de Treinamento Hipóxico Intermitente (THI) utilizado, melhora a resposta do organismo em hipoxia, evidenciando-se através do aumento da SpO<sub>2</sub> e da redução da FC de repouso.

**Palavras-chaves:** Performance, Altitude, Saturação de Oxigênio da Hemoglobina, Frequência Cardíaca.

## Introdução

As equipes brasileiras de futebol, participantes da Taça Libertadores da América, enfrentam a dificuldade adicional de competir em altitude sem a aclimatação prévia. A altitude provoca diminuição da capacidade de desempenho físico e esportivo de atletas não aclimatados, principalmente em atividades de longa duração, proporcionando significativa vantagem às equipes nativas (Brutsaert et al., 2000; McSharry, 2007).

A perda de performance referida na literatura é variável. Fox et al., (1991), referem uma diminuição de rendimento, medido pelo consumo máximo de oxigênio de aproximadamente 3 a 3,5% para cada 300 m de ascensão acima de 1524 m. Wehrli e Hallén (2006), observaram redução de 6,3% no  $VO_2$ máx a cada 1.000m de altitude. O percentual da queda de performance pode variar na dependência da variável de desempenho utilizada (Clark et al., 2007) ou das características do grupo estudado. Os valores acima representam médias, pois ao nível individual, a sensibilidade de cada jogador a hipoxia pode diminuir ou aumentar estes percentuais.

Tratando-se de exposição aguda a hipoxia, outro aspecto importante a ser considerado é o fato de que os maiores índices de diminuição do  $VO_2$ máx, em relação ao desempenho ao nível do mar, são observadas em atletas com maior capacidade de endurance. O mesmo pode ser dito para a comparação entre pessoas treinadas e destreinadas (Lawler et al., 1988; Chapman et al., 1999; Woorons et al., 2007). Mollard et al (2007), atribuem esta ocorrência a maior redução da  $SpO_2$  que acontece quando estes atletas são submetidos a hipoxia. Uma maior desaturação do percentual de oxigênio da hemoglobina em corredores de endurance de alto nível, durante esforço máximo pode ocorrer mesmo em testes realizados ao nível do mar (Woorons et al., 2007).

A exposição aguda a altitude, sem aclimatação prévia, aumenta o risco de desenvolvimento do mal da montanha, distúrbio conhecido pelos sintomas de dor de cabeça, náuseas, perda de apetite, sonolência, que podem impossibilitar a

participação na competição esportiva. A realização de aclimatação pode evitar que esse e os outros aspectos negativos à performance ocorram.

No futebol competitivo, cabe aos departamentos médico e técnico dos clubes buscam alternativas capazes de reduzir a perda de desempenho e proporcionar maior bem estar aos jogadores. Esta exigência desafia diferentes profissionais, a busca de novas alternativas. No cotidiano esportivo, muitos métodos que vêm sendo aplicados com ou sem o devido monitoramento científico.

Com a entrada no mercado de máquinas que retêm as moléculas de oxigênio do ar ambiente e deixam passar as de nitrogênio, foi possível simular altitudes. Este método é conhecido pelo nome de hipoxia normobárica e permite realizar, ao nível do mar, a aclimatação de jogadores para eventos esportivos em altitudes. Este estudo testou esta possibilidade. O objetivo desta investigação foi verificar a resposta da SpO<sub>2</sub> e da FC em atletas de futebol profissional submetidos a sessões de hipoxia normobárica.\_

## **Materiais e métodos**

Participaram do estudo 13 jogadores de futebol profissional, (média de idade de 24,7 e desvio padrão de 4,5), que se preparavam à disputa de jogo pela Taça Libertadores da América na altitude de 3600 m. Os atletas realizaram entre 14 e 17 sessões de hipoxia normobárica, em média (14,7 ± 1,7), sessões, no simulador de altitude (GO2Altitude, Austrália). A respiração se dá através de um sistema fechado com o uso de máscaras. As sessões ocorreram na frequência de 5-6 vezes por semana, com a duração de 60 minutos e foram realizadas em repouso. A intensidade da hipoxia utilizada variou entre 14 a 12% O<sub>2</sub>, correspondente as alturas de 3200 a 4.500 m respectivamente. Durante as sessões foram gravados os dados de SpO<sub>2</sub> e FC, que eram registrados a cada segundo através de oximetria de pulso disponível no próprio GO2Altitude. As sessões foram realizadas inclusive em dia anterior a jogos oficiais pelo campeonato regional sem a

constatação de prejuízo aparente ao desempenho esportivo. No período de aplicação das sessões de hipoxia foram mantidas as atividades rotineiras de treinamento físico, técnico e tático. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Os dados do pré-teste foram registrados na 1ª sessão de hipoxia e o pós-teste foi coletado na última sessão de hipoxia.

Tratamento Estatístico – Os dados foram submetidos à estatística descritiva para cálculo da média, desvio padrão e percentual. E estatística analítica através do teste t de Student para amostras dependentes a fim de comparar as médias de SpO<sub>2</sub> e FC durante os 60 minutos da sessão hipóxica. O teste t de Student também foi utilizado com a finalidade de comparar as médias das sessões tomadas minuto a minuto. O nível de significância adotado foi  $\alpha = 0,05$ .

## **Resultados**

O valor de normalidade para a SpO<sub>2</sub> varia entre 98 a 96%, para as pessoas saudáveis ao nível do mar. A média da FC em repouso deste grupo de jogadores, obtida sentada, foi 55,2 e o desvio padrão 3,5. As médias de cada jogador nas variáveis mensuradas em hipoxia são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Média, Desvio-Padrão e percentual de diferença ( $\Delta\%$ ), no pré e pós-teste, da Saturação Periférica de Oxigênio da Hemoglobina (SpO<sub>2</sub>) e Frequência Cardíaca (FC). Registrados durante 60 minutos de Hipoxia normobárica (13% O<sub>2</sub>).

Indivíduo	%SpO <sub>2</sub> -pré	%SpO <sub>2</sub> -pós	Δ%	FC-pré	FC-pós	Δ %
1	87,2 ± 1,95	95,2 ± 0,78	9,2	66,6 ± 4,33	60,1 ± 7,28	-9,8
2	88,5 ± 3,13	94,7 ± 1,10	7,0	74,0 ± 7,77	55,8 ± 6,35	-24,6
3	85,7 ± 4,13	88,1 ± 3,18	2,8	66,4 ± 9,81	60,6 ± 10,39	-8,7
4	88,2 ± 4,01	94,1 ± 2,16	6,7	60,5 ± 6,64	54,6 ± 6,92	-9,8
5	92,3 ± 1,19	97,2 ± 0,83	5,3	64,9 ± 4,71	54,2 ± 5,07	-16,5
6	89,2 ± 3,77	93,1 ± 2,56	4,4	79,9 ± 8,73	69,2 ± 4,57	-13,4
7	84,7 ± 3,33	94,1 ± 1,54	11,1	67,5 ± 4,83	61,3 ± 6,45	-9,2
8	85,5 ± 4,00	91,4 ± 2,91	6,9	66,0 ± 3,77	57,5 ± 3,11	-12,9
9	86,4 ± 4,00	93,5 ± 1,36	8,2	57,6 ± 5,37	53,3 ± 5,17	-7,5
10	85,6 ± 4,70	95,7 ± 1,08	11,8	81,8 ± 6,50	65,2 ± 5,22	-20,3
11	86,7 ± 3,84	89,2 ± 3,03	2,9	66,5 ± 7,05	55,0 ± 5,24	-17,3
12	87,2 ± 3,37	90,1 ± 3,14	3,3	66,4 ± 7,05	50,2 ± 8,41	-24,4
13	88,2 ± 4,24	95,0 ± 1,37	7,7	64,1 ± 4,56	60,1 ± 3,82	-6,2
Média <sub>13</sub>	87,4 ± 2,0	93,2 ± 2,7	6,7	67,9 ± 6,9	58,2 ± 5,2	-13,9

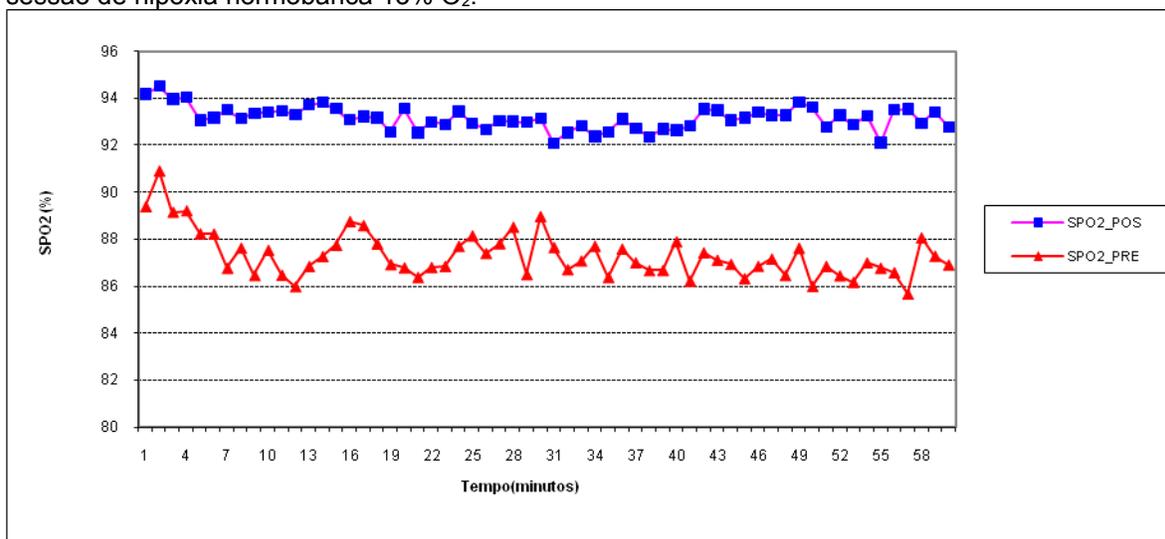
Na resposta aguda a hipoxia, representada pelos valores do pré-teste, observa-se o comportamento de diminuição da SpO<sub>2</sub> em relação aos valores medidos ao nível do mar, 96% a 98%. Com a FC ocorre o contrário, há um aumento durante a hipoxia (FCpré), os valores são maiores que aqueles encontrados em repouso para jogadores de futebol ao nível do mar. Este é o comportamento padrão na exposição aguda a altitudes e descritos nos livros textos (McArdle, Katch e Katch, 1998; Wilmore e Costil, 2001).

O pós-teste representa a resposta de adaptação às 14 sessões de hipoxia normobárica. Em decorrência destas sessões, aumentou, do pré para o pós-teste, a média da SpO<sub>2</sub> de todos os jogadores. O aumento foi significativo estatisticamente para  $p < 0,05$ . Encontra-se o aumento percentual da SpO<sub>2</sub> de todo o grupo, que foi 6,7 % . A adaptação a hipoxia crônica aproximou os valores da SpO<sub>2</sub>-pós dos valores de normalidade encontrados em normoxia ao nível do mar (96 – 98%).

A média de frequência cardíaca, medida simultaneamente com a SpO<sub>2</sub>, também apresentou uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) no pós-teste. A diferença entre as médias de FC<sub>pré<sub>13</sub></sub> e FC<sub>pós<sub>13</sub></sub>, apresenta uma economia de 9,7 bat/min no pós-teste, que soma 582 batimentos em 60 minutos e representa um percentual de 13,9%. A adaptação a hipoxia crônica reduziu a FC para valores mais baixos, próximos aos obtidos em normoxia (média  $55,2 \pm 3,5$ ).

No entanto, através da apresentação da média de SpO<sub>2</sub> e FC em 60 minutos, perde-se a percepção da oscilação dos valores durante a sessão de hipoxia, que é uma característica importante para a resposta de adaptação aguda e crônica a hipoxia. Devido a este motivo, o comportamento da SpO<sub>2</sub> e FC são apresentados através dos gráficos 1 e 2, expressos com a média de cada minuto. Os resultados são apresentados com a média dos 13 jogadores, pois, para o momento, é mais importante a caracterização da resposta grupal.

Gráfico 1 - Média de SpO<sub>2</sub> do grupo a cada minuto no pré e pós-teste, durante os 60 minutos da sessão de hipoxia normobárica 13% O<sub>2</sub>.

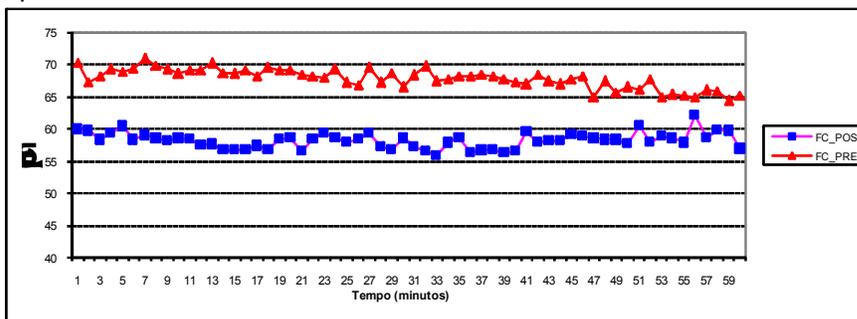


Na resposta aguda, a SpO<sub>2</sub>-pré minuto a minuto demonstra queda de saturação, padrão já observado através da média dos 60 minutos (tabela 1). No entanto, percebe-se a maior oscilação dos valores médios, que aumentam e diminuem ao longo da sessão. Ao analisar a SpO<sub>2</sub> observa-se que os valores diminuem ao longo da sessão, no pré e pós-teste. Os valores encontrados nos

minutos finais da sessão permanecem menores que os encontrados no momento inicial. A maior diferença entre estes valores ocorre na exposição aguda (pré-teste), isso é uma característica de pessoas não aclimatadas e com baixa resistência a hipoxia.

O pós-teste caracteriza o efeito das sessões crônicas de hipoxia sobre SpO<sub>2</sub>. Nesse, as oscilações dos valores médios são menores e se mantêm estáveis durante toda a sessão de hipoxia. A diferença entre os valores iniciais e finais torna-se menor, caracterizando a melhor regulação pelo organismo. As médias de SpO<sub>2</sub> são maiores no pós em relação ao pré-teste. A comparação das médias a cada minuto, durante os 60 minutos da sessão de hipoxia, mostrou que o aumento da SpO<sub>2</sub>-pós obtidos no pós-teste foi estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ). Tal resultado demonstra bem a dimensão do efeito de adaptação ao treinamento hipóxico.

Gráfico 2- Média da FC do grupo a cada minuto no pré e pós-teste, nos 60 minutos da sessão de hipoxia normobárica 13% O<sub>2</sub>.



Os valores de FCpré foram mais altos, durante toda a sessão, que os de FCpós. Dentro de uma mesma sessão, os valores médios da FC (pré e pós-teste) diminuem do primeiro para o último minuto da sessão. A redução da FC-pré tende a aumentar com o tempo de duração da exposição, caracterizando o comportamento de exposição aguda à hipoxia. Esta redução da média de frequência cardíaca entre o início e o final da sessão é maior no pré do que no pós-teste e se deve aos efeitos da hipoxia, que aumentam o estado de sonolência

e são agravados pelo fato da sessão ocorrer em repouso e com a pessoa sentada. Conforme demonstra o gráfico há uma maior oscilação dos valores de FC-pré em comparação a FC-pós.

A análise interna da sessão no pós-teste, resultantes da hipoxia crônica, mostra que o quadro anterior se altera no sentido da manutenção dos valores finais de FC-pós mais próximos ou igual aos primeiros minutos da sessão, sendo os valores bem mais baixos. Como pode ser visto no gráfico há uma maior estabilidade ou menor oscilação dos valores médios de FC-pós por minuto ao longo dos 60 minutos da sessão, e este é um dos efeitos positivos da adaptação à hipoxia crônica, que caracterizam a aclimatação.

A comparação das médias de FC por minuto entre as sessões de pré e pós-teste, demonstra como efeito de adaptação ao treinamento hipóxico, uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) da frequência cardíaca no pós-teste.

## **Discussão**

Em relação ao nível do mar, os resultados desta investigação mostraram que a  $SpO_2$ -pré diminui e a FC-pré aumentou durante a exposição aguda à hipoxia normobárica. Estas alterações, descritas na literatura especializada (Wilmore e Costil, 2001) para a exposição à altitude ou a câmara hipobárica, também são encontradas em hipoxia normobárica.

Na exposição aguda do ser humano a altitudes, reais ou simuladas, há redução da pressão parcial de oxigênio arterial ( $PaO_2$ ), em função da menor pressão parcial de oxigênio na atmosfera ( $PO_{2atm}$ ), que diminui com a ascensão a locais mais elevados. No caso da hipoxia normobárica, a diminuição da  $PO_2$  ocorre devido a menor concentração de oxigênio ofertada através do ar inspirado. A queda da  $PaO_2$  provoca a diminuição da Saturação Arterial de Oxigênio da Hemoglobina ( $SaO_2$ ) e indica que uma menor quantidade de oxigênio esta sendo transportada pelo sangue. A  $SaO_2$  é representada nesta investigação pela Saturação Periférica de Oxigênio da Hemoglobina ( $SpO_2$ ), medida feita através de

oximetria de pulso, que é realizada, conforme definição, na circulação periférica (Yamaya et al., 2002).

O significado da diminuição da  $SpO_2$  observada no pré-teste (tabela 1, gráfico 1) é a redução da quantidade de oxigênio transportada pelo sangue, a menor disponibilidade para o consumo no tecido muscular. Tais modificações alteram o equilíbrio homeostático em repouso ou esforço e precisam ser restabelecidas, pois provocam perda de desempenho físico (Mazzeo, 2008). Entre as estratégias compensatórias à manutenção do equilíbrio homeostático em repouso e exercício na altitude, encontram-se o aumento da ventilação pulmonar (VE) e da frequência cardíaca (FC), que tem efeito imediato elevando os níveis reduzidos de  $SpO_2$ . Esta resposta aguda de adaptação é limitada, porém possibilita a melhoria das condições de oxigenação, viabilizando a realização de determinado nível de esforço físico em altitudes.

Em hipoxia, a resposta aguda de adaptação dos investigados se manifestou através do aumento da frequência cardíaca de repouso (FC-pré) em relação ao nível do mar, resultado também confirmado por Povea et al (2005), para o repouso e exercício submáximo.

Segundo Lundby e Van Hall (2001), a  $FC_{máx}$  pode apresentar comportamentos variáveis em exercício. No entanto, em grande parte dos casos, os valores de  $FC_{máx}$  são menores em hipoxia do que ao nível do mar.

A elevação da FC de repouso descritas anteriormente em hipoxia aguda, diminui a reserva da frequência cardíaca e provoca aumento do débito cardíaco de repouso e em exercício submáximo. Para os casos de diminuição da  $FC_{máx}$  durante exercício em hipoxia, ocorre diminuição da capacidade de débito cardíaco máximo, se comparado a resposta ao nível do mar. Em síntese, o quadro de alterações descritas da  $SpO_2$ -pré e FC-pré possibilitam um entendimento das dificuldades e da perda de desempenho físico durante exposição aguda a altitude.

Conforme anteriormente demonstrado nos resultados, a resposta de adaptação crônica a altitude, se caracterizou pelo aumento da  $SpO_2$ -pós e pela diminuição da FC-pós em relação aos valores encontrados no pré-teste. Ambos foram estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ), na comparação das médias através

do teste t de Student. Tais respostas de adaptação são reportadas por outros autores com uso de diferentes formas de hipoxia.

Bender et al., (1989), observaram a 4300m, um aumento da SpO<sub>2</sub> (de 72,7% no segundo dia para 82,3% no 22º dia de aclimatação) e redução da FC para a mesma carga submáxima de esforço e no repouso. Esta mesma tendência de adaptação foi reportada por outros autores (Clark et al., 2007; Beidleman et al., 2003) em câmara hipobárica. Beidleman et al., (2003), observaram que a SpO<sub>2</sub> de repouso aumentou de 82% para 90% e a FC diminuiu de 93 a 78 bat/min após aclimatação. Semelhantes tendências são relatadas em estudo com hipoxia normobárica (Ventura et al., 2003; Povea et al., 2005). Confirma-se com os autores citados, nos diferentes tipos de hipoxia, um padrão de resposta de adaptação similar a obtida nesta investigação.

A elevação da SpO<sub>2</sub>-pós, obtida como resposta de adaptação às sessões de hipoxia normobárica, representa aumento da oferta de oxigênio pelo sangue, que é a condição necessária, pré-requisito para o aumento do VO<sub>2</sub>máx e do desempenho físico em altitude.

Schuler et al., (2007), testou 8 ciclistas a 2340 m de altitude. Encontrou redução de 12,8% no VO<sub>2</sub>máx e 25,8% no tempo de exaustão em exercício na exposição aguda comparado com valores encontrados ao nível do mar. No entanto, após período a 21 dias na mesma altitude o VO<sub>2</sub>máx aumentou 8,9% e o tempo de exaustão em exercício 13,6% em relação a exposição aguda.

Beidleman et al., (2003), após 3 semanas de adaptação a altitude de 4.300m, encontrou no pós-teste um aumento de 21% no tempo de exaustão em relação ao pré-teste. O VO<sub>2</sub>máx aumentou em aproximadamente 18%. Para Beidleman et al., (2003), o aumento do VO<sub>2</sub>máx encontra-se fortemente relacionado com o aumento da SpO<sub>2</sub>.

Encontra-se bem documentado, através de investigações em altitudes ou ambientes simulados, a relação entre aumento de VO<sub>2</sub>max e de SaO<sub>2</sub>, ou SpO<sub>2</sub>, obtidas com diferentes protocolos de exposição a hipoxia (Bender et al., 1989; Povea et al., 2005; Ponsot et al., 2006; Schuler et al., 2007; Marshall et al., 2008; Hertzler et al., 2009). Para Marshall et. al (2008) se observaria em hipoxemia com

exercício, a partir de 3% de redução da SaO<sub>2</sub>, uma diminuição do VO<sub>2</sub>máx de 1% para cada 1% de redução da SaO<sub>2</sub>.

Nesta investigação a FC de repouso diminui no pós- teste, como resposta às sessões de hipoxia, aproximando-se dos valores observados em repouso em normoxia. Em consequência a esta alteração ocorre também a queda da FC durante exercício submáximo (Beidleman et al., 2003). Ambas as situações apresentam redução do débito cardíaco para a mesma intensidade de esforço (Grover et al., 1986), e isso implica em menor carga de trabalho ao coração. Adicionalmente, como já mencionado, grande parte das pessoas respondem no estado aclimatado com aumento da FCmáx, o que reflete uma melhora da capacidade de débito cardíaco máximo em altitude (Robach et al., 2006). Os efeitos observados nesta investigação demonstram que as sessões de hipoxia normobárica proporcionam aumento da reserva da FC, que ocorrem em função da redução da FC-pós em repouso. Os autores anteriormente citados relatam ainda, após aclimação, diminuição da FC ao nível de exercício submáximo e aumento da FCmáx. Este conjunto de acontecimentos caracteriza a resposta da FC a hipoxia crônica, a aclimação e é decisivo para o aumento do desempenho físico em altitude.

Nesta investigação fica demonstrado que sessões de hipoxia normobárica, no protocolo e número aqui aplicados são suficientes para produzir resposta de adaptação da SpO<sub>2</sub> e FC que favorecem o desempenho aeróbio, principal afetado em competições em altitudes. O aumento da SpO<sub>2</sub> e do débito cardíaco máximo são as condições pré-requisitos para o aumento do VO<sub>2</sub>máx (Bassett e Howley, 2000) e caracterizam o estado aclimatado. Este é um resultado, até bem pouco tempo, era pouco conhecido com hipoxia normobárica e provocava dúvidas na maioria dos especialistas no assunto.

Hetzler et al., (2009), relatam significativo aumento da SpO<sub>2</sub>, em exposição que somou o total de 30,8 horas na câmara hipobárica, em várias altitudes testadas. O autor considera que o tempo de exposição utilizado foi bem menor do que geralmente reportados na literatura especializada. No entanto, demonstramos que com uma quantidade ainda menor, 14 a 17 sessões de uma hora diária, foi

obtido efeito de adaptação similar, em termos de percentual de SpO<sub>2</sub> ao recebido por este autor e que caracteriza as condições necessárias para melhora de desempenho físico em altitude.

A observação dos investigados na realidade do jogo, apesar das limitações científicas, não pode ser ignorada e pois possibilita dados adicionais, para uma avaliação ampla das possibilidades da hipoxia normobárica. O acompanhamento dos jogadores na altitude de 3600 m e a observação do jogo constatou que o desempenho de corrida ficou muito acima da expectativa de toda a comissão técnica (técnico, auxiliar técnico, preparador físico) e médica, que em outras oportunidades, já haviam participado de jogos em altitudes. Não se registrou sintomas de desconforto como tonturas, náuseas, cefaléia. Perguntados sobre sua opinião, os próprios jogadores relataram ter se sentido bem e negaram sintomas de desconforto.

### **Conclusão**

A hipoxia normobárica (60min/dia, 5-6 dias/semana, 12-14% O<sub>2</sub>, média de 14,7 sessões) melhora as condições fisiológicas para um melhor desempenho em altitude. Isso foi demonstrado através do aumento da SpO<sub>2</sub> e da redução da FC durante a exposição em repouso. Essas alterações criam as condições pré-requisitos para o aumento do débito cardíaco máximo e possibilitam o aumento do VO<sub>2</sub>máx em altitude, (hipoxia).

Os efeitos obtidos com a hipoxia normobárica são similares aos registrados por outros autores para caracterizar o estado de aclimatação após permanência em altitude (Schuler et al., 2007), ou aplicações de hipoxia hipobárica (Beidleman et al., 2003; Clark et al., 2007).

## Referências bibliográficas

Bassett, D. R., Jr., Howley, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 2000; 32: 70 – 84.

Beidleman, B. A., Muza, S. R., Fulco, C. S., Cymerman, A., Ditzler, D. T., Stulz, D., Staab, J. E., Robinson, S. R., Skrinar, G. S., Lewis, S. F., Sawka, M. N. Intermittent altitude exposures improve muscular performance at 4,300 m. **Journal of Applied Physiology**. 2003; 95:1824 – 1832.

Bender, P. R., McCullough, R. E., McCullough, R. G., Huang, S. Y., Wagner, P. D., Cymerman, A., Hamilton, A. J., Reeves J. T. Increased exercise SaO<sub>2</sub> independent of ventilatory acclimatization at 4,300 m. **Journal of Applied Physiology**. 1989; 66: 2733-2738.

Brutsaert, T. D., Spielvogel, H., Soria, R., Araoz, M., Caceres, E., Buzenet, G., Villena, M., Paz-Zamora, M., Vargas, E. Performance of Altitude Acclimatized and Non-Acclimatized Professional Football (Soccer) Players at 3,600 M. **Journal of Exercise Physiology Online**. 2000; 3, 2, April.

Chapman, R. F.; Emery, M.; Stager, J. M. Degree of arterial desaturation in normoxia influences VO<sub>2</sub>máx decline in mild hypoxia. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1999; v. 31: 658 - 663.

Clark, S. A., Bourdon, P. C., Schmidt, W., Singh, B., Cable, G., Ônus, K. J., Woolford, S. M., Stanef, T., Gore, C. J., Aughey, R. J. The effect of acute simulated moderate altitude on power, performance and pacing strategies in well-trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**. 2007; 102: 45 – 55.

Fox, E. L.; Bowers, R. W.; Foss, M. L. **Bases Fisiologicas da Educacao Fisica e dos Desportos**. 4 ed, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1991.

Grover R. F., Weil J. V., Reeves L. T. Cardiovascular adaptation to exercise at high altitude. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. 1986; 14: 269 – 302.

Hertzler, R. K.; Stickley, C. D.; Kimura, I. F.; LaBotz, M.; Nichols, A. W.; Nakasone, K. T.; Sagent, R. W.; Burgess, L.P. The effect of dynamic intermittent hypoxic conditioning on arterial oxygen saturation. **Wilderness Environmental Medicine**. 2009; 20: 26 – 32.

Lawler, J., Powers, S. K., Thompson, D. Linear relationship between  $\text{VO}_2\text{max}$  and  $\text{VO}_2\text{max}$  decrement during exposure to acute hypoxia. **Journal of Applied Physiology**. 1988; 64: 1486 - 1492.

Lundby, C., Van Hall G. Peak heart rates at extreme altitude. **High Altitude Medicine & Biology**. 2001; 2: 41 - 45.

Marshall, H. C.; Hamlin, J. H.; Hellemans, J.; Murrell, C.; Beattie, I.; Hellemans, I.; Perry, T.; Burns, A.; Ainslie, P. N. Effects of intermittent hypoxia on  $\text{SaO}_2$ , cerebral and muscle oxygenation during maximal exercise in athletes with exercise-induced hypoxemia. **European Journal Applied Physiology**, 2008; 104: 383-393.

Mazzeo, R. S. Physiological Responses to exercise at altitude. **Sports Medicine**. 2008; 38: 1-8.

Mcardle, W. D.; Katch, F. I.; Katch, V. L. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4 ed, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1998.

McSharry, P. E. Effect of altitude on physiological performance: a statistical analysis using results of international football games. **British Medical Journal**. 2007; 335: 1278 - 1281.

Mollard P., Woorons X., Letournel M., Lamberto C., Favret F., Pichon A., Beaudry M., Richalet J.P. Determinants of maximal oxygen uptake in moderate acute hypoxia in endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**. 2007; 100: 663 - 673.

Ponsot, E., Dufour, S. P., Zoll, J., Doutrelau, S., N'Guessan, B., Geny, B., Hoppeler, H., Lampert, E., Mettauert, B., Ventura-Clapier R., Richard, R. Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. II. Improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**. 2006; 100: 1249 - 1257.

Povea, C., Schmitt, L., Brugniaux, J., Nicolet, G., Richalet, J. P., Fouillot, J. P. Effects of Intermittent Hypoxia on Heart Rate Variability during Rest and Exercise. **High Altitude Medicine & Biology**. 2005; 6 (3): 215 – 225.

Robach, P.; Schmitt, L.; Brugniaux, J. V.; Nicolet, G.; Dovallet, A.; Fouillot, J. P.; Moutereau, S.; Lasne, F.; Pialoux, V.; Olsen, N. V.; Richalet, J. P. Living high-training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers. **European Journal Applied Physiology**. 2006; 97: 695 – 705.

Schuler, B., Thomsen, J. J., Gassmann, M., Lundby, C. Timing the arrival at 2340m altitude for aerobic performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. 2007; 17: 588 - 594.

Ventura, N., Hoppeler, H., Seiler, R., Binggeli, A., Mullis, P., Vogt, M. The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. **International Journal of Sports Medicine**. 2003; 24: 166 - 172.

Wehrli, J. P.; Hallén, J. Linear Decrease in  $\dot{V}O_2\text{Máx}$  and performance with increasing altitude in endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**. 2006; 96: 404 - 412.

Wilmore, J. H.; Costill, D. L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 2 ed, São Paulo, Monole, 2001.

Woorons, X.; Mollard, P.; Pichon, A.; Lamberto, C.; Duvallet, A.; Richalet J. P. Moderate exercise in hypoxia induces a greater arterial desaturation in trained than untrained men. **Scand J Med Sci Sports**. 2007; 17: 431-436.

Yamaya, Y.; Bogaard, H. J.; Wagner, P. D.; Niizeki, K.; Hopkins, S. R. Validity of pulse oximetry during maximal exercise in normoxia, hypoxia, and hyperoxia. **Journal of Applied Physiology**, Washington. v. 92, p. 162 - 168, 2002.