

**PAULO ROBERTO SANTOS–SILVA**

**Limiar ventilatório dois (LV<sub>2</sub>) e o consumo máximo de  
oxigênio (VO<sub>2</sub>max) como preditores de tolerância ao  
esforço em jogadores de futebol**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina  
da Universidade de São Paulo para obtenção  
do título de **Doutor em Ciências**

Área de concentração: **Ortopedia e Traumatologia**

Orientadora: **Profa. Dra. Júlia Maria D'Andréa Greve**

**SÃO PAULO**

**2 0 0 9**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Santos-Silva, Paulo Roberto

Limiar ventilatório dois ( $LV_2$ ) e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_2max$ ) como preditores de tolerância ao esforço em jogadores de futebol / Paulo Roberto Santos-Silva. -- São Paulo, 2009.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Departamento de Ortopedia e Traumatologia.

Área de concentração: Ortopedia e Traumatologia.

Orientadora: Júlia Maria D'Andréa Greve.

Descritores: 1.Futebol 2.Teste de esforço 3.Consumo de oxigênio 4.Aptidão física 5.Limiar anaeróbio

USP/FM/SBD-206/09

# DEDICATÓRIA

# DEDICATÓRIA

**Aos meus pais (Maria de Lourdes Santos Silva, *in memoriam*) e João Lauro da Silva que me deram exemplo de simplicidade e me ensinaram que o melhor e mais seguro caminho para trilhar a vida é o da honestidade, humildade e trabalho, riquezas que fortalecem o caráter do homem para toda vida.**

**“Deus é forte, Ele é grande, e quando Ele quer não tem quem não queira”**

**Ayrton Senna da Silva**

# AGRADECIMENTOS

# AGRADECIMENTOS

A **Deus** por estar sempre presente na minha vida e tornar tudo possível !

Eu gostaria de expressar meus agradecimentos ao **Hospital das Clínicas da FMUSP**, uma instituição modelo no ensino, na pesquisa e na assistência. Um lugar que me acolheu e onde desenvolvo minha vida profissional e acadêmica. O HC é gigante e uma referência na **América Latina**.

Expresso também meus agradecimentos a esse pólo que irradia conhecimento dentro do HC, uma instituição de ensino de ontem e de hoje e certamente do futuro, **a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo**, na pessoa do Prof. Dr. Luiz Alberto Bacheschi, Presidente da Comissão de Pós – Graduação da FMUSP.

Expresso minha gratidão aos membros da banca de qualificação desta tese que foi composta pelos professores doutores: **Arnaldo José Hernandez, Luiz Eugênio Garcez Leme e Túlio Diniz Fernandes** que em muito contribuíram para que eu pudesse melhorar a defesa desta tese.

Ao mesmo tempo gostaria de estender minha gratidão ao Professor **Olavo Pires de Camargo**, coordenador do curso de Pós – Graduação em Ortopedia e Traumatologia do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo pela oportunidade que me deu de concluir essa tese de doutorado pelo departamento que V. Sa. dirige.

Agradecimentos especiais aos seguintes professores:

Aos Professores doutores **MARCO MARTINS AMATUZZI e JÚLIA MARIA D'ANDRÉA GREVE** por me trazerem de volta ao complexo hospitalar do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, mais especificamente ao Laboratório de Estudos do Movimento (LEM) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT).

Especialmente, a **Profa. Dra. JÚLIA MARIA D'ANDRÉA GREVE**, médica fisiatra e professora associada da FMUSP por confiar no meu trabalho profissional exercendo a função de **FISIOLOGISTA** no Laboratório de Estudos do Movimento (LEM) me contemplando com oportunidades para dar aulas, palestras, conferências no Brasil e exterior, e o envolvimento constante com atividades voltadas para o desenvolvimento científico pessoal e de terceiros. Além disso, por ter me aceitado como minha orientadora no Curso de Pós – Graduação da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo não

medindo esforços no incentivo e na minha orientação, o meu profundo agradecimento por toda a atenção dedicada e por todo o saber que colocou ao meu alcance.

Ao **Dr. ANDRÉ PEDRINELLI**, médico ortopedista, doutor em ortopedia e traumatologia e especializado em medicina do esporte, que nunca esqueceu de me dar oportunidade de trabalho na área da fisiologia do exercício, abrindo as portas de algumas Instituições Esportivas (CA Juventus e Clube Paineiras do Morumby) e por último me indicando para o Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) do Hospital das Clínicas da FMUSP.

Ao **Dr. PAULO YAZBEK JÚNIOR**, médico cardiologista, doutor em cardiologia e especializado em medicina do esporte, foi aquele que me incentivou e me introduziu no estudo da ergoespirometria, uma área que me abriu e continua abrindo muitas oportunidades em minha vida profissional.

Ao **Prof. Dr. RUI CURI**, professor Livre docente da USP e diretor do Laboratório de Fisiologia Celular do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo pelo incentivo constante a minha vida acadêmica.

Ao **Prof. Dr. JOÃO GILBERTO CARAZZATO**, médico ortopedista, doutor em ortopedia e traumatologia e especializado em medicina do esporte que me abriu a porta para coordenar o módulo de fisiologia e dar aulas no curso de

especialização em medicina do esporte (curso para médicos) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Ao **Prof. Dr. ARNALDO JOSÉ HERNANDEZ**, médico ortopedista, professor livre docente da FMUSP e doutor em ortopedia e traumatologia, médico do esporte e chefe atual do Grupo de Medicina do Esporte do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) do Hospital das Clínicas da FMUSP, pelos convites para dar aulas de fisiologia do exercício aos residentes em medicina do esporte e aulas na disciplina optativa em medicina do esporte da Faculdade de Medicina da USP.

\*\*\*\*\*

A vida é uma eterna gratidão, ninguém consegue trilhar o caminho do crescimento, do conhecimento e do sucesso sozinho, dependemos uns dos outros a vida toda e, sobretudo da sabedoria do tempo, do conhecimento acadêmico e da experiência daqueles que vivem um pouco mais. Estes anos foram viagens e desta forma olho para eles que foram percurso e que me remetem a estas páginas. Folheando – as consigo encontrar, por trás das palavras que aqui fui escrevendo, uma imensidão de rostos que foram expressão de apoio, de confiança e de amizade em minha vida profissional e acadêmica. Estas são as palavras de reconhecimento que deixo para todos aqueles que nominalmente não estão citados, mas que marcaram a construção e a finalização deste trabalho. Agradeço do fundo do meu coração a todos que

de alguma forma possibilitaram o desenvolvimento e a conclusão deste estudo. Certamente estou em débito para com todos vocês.

**Obrigado,**

**Paulo Roberto Santos – Silva**

## **PADRÃO VANCOUVER**

Esta tese está de acordo com as referências adaptadas dos requisitos uniformes para originais submetidos a revistas biomédicas “*Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals*” (**Padrão Vancouver**). Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por **Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Júlia de A. L. Freddi, Maria F Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena**. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2004. Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com List of Journals Indexed in Index Medicus.

# LISTA DE ABREVIATURAS

**"A ciência não pode prever o que vai acontecer. Só pode prever a  
probabilidade de algo acontecer"**

**César Lattes**

## Lista de abreviaturas

**%Vo<sub>2</sub>max** = fração percentual do consumo máximo de oxigênio

**ATP** = adenosina – trifosfato

**BTPS** = gás admitido na temperatura do corpo [37°C], pressão barométrica local e com vapor d'água [úmido]

**Ca<sup>+2</sup>** = cálcio

**CP** = creatina fosfato

**DC** = Débito Cardíaco, volume de sangue lançado na circulação por minuto

**EC** = economia de corrida

**FC** = frequência cardíaca

**FC max** = frequência cardíaca máxima

**FIFA** = Federação Internacional de Futebol Associado

**FR** = frequência respiratória

**II b** = fibra muscular branca

**K<sup>+</sup>** = potássio

**LA** = limiar anaeróbio

**L · min<sup>-1</sup>** = litros por minuto

**LV<sub>2</sub>** = limiar ventilatório dois

**mM** = milimoles

**mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>** = consumo de oxigênio em mililitros por minuto ajustado a massa corpórea.

**Na<sup>+</sup>** = sódio

**PETCO<sub>2</sub>** = pressão expirada de dióxido de carbono

**PETO<sub>2</sub>** = pressão expirada de oxigênio

**pH** = potencial hidrogeniônico

**QR** = quociente respiratório ( $V_{CO_2}/V_{O_2}$ )

**STPD** = gás admitido à temperatura de 0° Celsius, na pressão barométrica de 760 mmHg e sem vapor d'água [seco]

**TTLV<sub>2</sub>** = tempo de tolerância ao exercício até atingir o limiar ventilatório dois

**TTMAX** = tempo de tolerância máximo atingido ao exercício no teste de esforço

**V<sub>E</sub>CO<sub>2</sub>** = equivalente ventilatório de dióxido de carbono

**Vo<sub>2</sub>LV<sub>2</sub>** = consumo de oxigênio no limiar ventilatório dois

**VO<sub>2</sub>max** = consumo máximo de oxigênio consumido por unidade de tempo

# LISTA DE TABELAS

## LISTA DE TABELAS

**"A ciência nos traz conhecimento; a vida, sabedoria"**

**Will Durant**

## Lista de Tabelas

Página

**Tabela 1** – Valores descritivos da idade, massa corpórea e estatura dos jogadores de futebol (n = 60)..... 26

**Tabela 2** – Valores descritivos do consumo máximo de oxigênio, tempo de tolerância máxima, consumo de oxigênio e tempo de tolerância ao exercício no limiar ventilatório dois dos jogadores de futebol (n= 60)..... 37

### **RELAÇÃO: TTMAX vs. VO<sub>2</sub>max**

**Tabela 3** – Correlação e regressão linear entre o tempo de tolerância máxima ao exercício e o consumo máximo de oxigênio dos jogadores de futebol (n = 60)..... 38

### **RELAÇÃO: VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub> vs. VO<sub>2</sub>max**

**Tabela 4** – Correlação e regressão linear entre o consumo de oxigênio no limiar ventilatório dois e o consumo máximo de oxigênio dos jogadores de futebol (n = 60)..... 39

### **RELAÇÃO: TTLV<sub>2</sub> vs. VO<sub>2</sub>max**

**Tabela 5** – Correlação e regressão linear entre o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois e o consumo máximo de oxigênio dos jogadores de futebol (n = 60)..... 40

## **RELAÇÃO: TTMAX vs. TTLV<sub>2</sub>**

**Tabela 6** – Correlação e regressão linear entre o tempo de tolerância máxima ao exercício e o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois para dos jogadores de futebol (n = 60)..... 41

## **RELAÇÃO: TTLV<sub>2</sub> vs. VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub>**

**Tabela 7** – Correlação e regressão linear entre o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois e o consumo de oxigênio no limiar ventilatório dois dos jogadores de futebol (n = 60)..... 42

**Tabela 8** – Correlação e regressão linear entre o consumo de oxigênio no limiar ventilatório dois e o consumo máximo de oxigênio nas posições de zagueiros, laterais, meio – campistas e atacantes..... 43

# LISTA DE FIGURAS

## LISTA DE FIGURAS

**"A ciência serve para nos dar uma idéia de quão extensa  
é a nossa ignorância"**

**Félicité Robert de Lamennais**

## Lista de Figuras

Página

<b>Figura 1</b> – Teste ergoespirométrico realizado pelos jogadores de futebol no Laboratório de Estudos do Movimento (LEM) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP.....	28
<b>Figura 2</b> – Tabela de percepção de cansaço subjetivo de Borg utilizada durante as avaliações dos jogadores de futebol.....	29
<b>Figura 3</b> – Eletrocardiógrafo computadorizado utilizado pelos jogadores de futebol no Laboratório de Estudos do Movimento (LEM) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP.....	30
<b>Figura 4</b> – Analisador metabólico de gases computadorizado respiração-a-respiração utilizado pelos os jogadores de futebol no Laboratório de Estudos do Movimento (LEM) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP.....	31
<b>Figura 5</b> – Comportamento dos parâmetros ventilatórios utilizados na determinação do limiar ventilatório dois (LV <sub>2</sub> ) dos jogadores de futebol durante esforço progressivo na esteira.....	34

<b>Figura 6</b> – Diagrama de dispersão com regressão linear entre o tempo de tolerância máxima durante exercício em função do consumo máximo de oxigênio em todos os jogadores de futebol (n = 60).....	38
<b>Figura 7</b> – Diagrama de dispersão com regressão linear entre o consumo de oxigênio no limiar ventilatório dois durante exercício em função do consumo máximo de oxigênio em todos os jogadores (n = 60).....	39
<b>Figura 8</b> – Diagrama de dispersão com regressão linear entre o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois durante exercício em função do consumo máximo de oxigênio nos jogadores de futebol (n = 60).....	40
<b>Figura 9</b> – Diagrama de dispersão com regressão linear entre o tempo de tolerância máxima e o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois durante exercício nos jogadores de futebol (n = 60).....	41
<b>Figura 10</b> – Diagrama de dispersão com regressão linear entre o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois durante exercício e o consumo de oxigênio no limiar ventilatório dois nos jogadores de futebol (n = 60).....	42

# SUMÁRIO

## SUMÁRIO

### SUMÁRIO

Página

Lista de Abreviaturas

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

RESUMO

SUMMARY

1 – INTRODUÇÃO .....	01
2 – HIPÓTESES.....	05
2.1 – Hipótese 1.....	05
2.2 – Hipótese 2 .....	05
3 – OBJETIVO.....	06
4 – REVISÃO DA LITERATURA.....	07
4.1 – Consumo máximo de oxigênio ( $VO_2max$ ).....	08
4.2 – Limiar ventilatório dois ( $LV_2$ ).....	12
4.3 – Distância percorrida e o desempenho aeróbio.....	15
4.4 – Distribuição das fibras musculares.....	18
4.5 – A relação entre o metabolismo aeróbio e a capacidade de repetir estímulos intermitentes de curta duração.....	19
4.6 – A importância do metabolismo aeróbio para os esportes contínuos e intermitentes.....	21
5 – MÉTODOS.....	25
5.1 – Casuística.....	25
5.2 – Metodologia.....	27
5.2.1 – Local.....	27
5.2.2 – Cuidados pré-teste.....	27
5.2.3 – Avaliação ergoespirométrica.....	27
5.2.3.1 – Descrição da avaliação.....	27
5.3 – Avaliação cardiovascular.....	29
5.4 – Avaliação respiratória e metabólica.....	31
5.4.1 – Parâmetros avaliados.....	33
5.5 – Análise estatística.....	36
6 – RESULTADOS.....	37
7 – DISCUSSÃO .....	44
7.1 – Considerações iniciais.....	44
7.2 – Interpretação do desempenho aeróbio submáximo e máximo .....	46
7.3 – Desempenho do $VO_2max$ e do $LV_2$ no futebol.....	47

<b>7.3.1 – Análise do VO<sub>2</sub>max</b> .....	47
<b>7.3.2 – Análise do LV<sub>2</sub></b> .....	50
<b>8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	58
<b>9 – CONCLUSÕES</b> .....	62
<b>10 – REFERÊNCIAS</b> .....	63

# RESUMO

**"para a luta da vida são necessárias duas coisas: armas e coragem; a ciência prometeu-nos as armas que nos forneceu; se não temos coragem suficiente para as utilizar, não foi ela que falhou, fomos nós".**

**(Appell, 1925:88)**

## RESUMO

**Santos – Silva, PR.** Limiar ventilatório dois ( $LV_2$ ) e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) como preditores de tolerância ao esforço em jogadores de futebol [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2009.85p.

O objetivo deste estudo foi verificar a relação entre o limiar ventilatório dois ( $LV_2$ ) e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) como preditores de tolerância ao esforço em jogadores de futebol. O  $LV_2$  e o  $VO_{2max}$  foram medidos a um terço de encerramento da temporada. Uma amostra de sessenta atletas futebolistas do sexo masculino, distribuídos nas seguintes posições: (14 zagueiros [23%], 14 laterais [23%], 19 meio – campistas [32%] e 13 atacantes [22%]) menos os goleiros. A média de idade era de  $20,8 \pm 2,8$  anos; massa corpórea de  $71,9 \pm 7,6$  kg e estatura de  $178 \pm 6,5$  cm foram avaliadas num estudo transversal. Todos eram assintomáticos, não fumantes, não faziam uso de qualquer medicamento e eram livres de qualquer tipo de distúrbio neuromuscular, cardiovascular, respiratório e circulatório. A média de treinamento no período competitivo consistiu de 10 horas semanais. Todos os jogadores eram de clubes profissionais da primeira divisão do Estado de São Paulo e estavam registrados na Federação Paulista de Futebol. Todos foram submetidos à avaliação cardiorrespiratória e metabólica, utilizando – se analisador metabólico de gases (CPX/D, MedGraphics, EUA) acoplado a eletrocardiógrafo (Max Personal, Marquette, EUA), ambos os sistemas computadorizados. A determinação da capacidade física máxima foi verificada em esteira rolante (Inbramed, ATL–10200, BRA) utilizando – se protocolo escalonado contínuo ( $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada dois minutos) e inclinação fixa de 3%. Os seguintes resultados verificados e os parâmetros utilizados foram:  $VO_{2max} = 58,8 \pm 4,48 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $VO_2LV_2 = 49,6 \pm 4,96 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $TTMAX = 1073 \pm 124,5\text{s}$ ;  $TTLV_2 = 713 \pm 106,0\text{s}$ . Análise de regressão linear demonstrou correlação positiva entre o  $TTMAX$  vs.  $VO_{2max}$  ( $r = 0,473$ ;  $p < 0,001$ );  $VO_2LV_2$  vs.  $VO_{2max}$  ( $r = 0,691$ ;  $p < 0,001$ );  $TTLV_2$  vs.  $VO_{2max}$  ( $r = 0,545$ ;  $p < 0,001$ );  $TTMAX$  vs.  $TTLV_2$  ( $r = 0,560$ ;  $p < 0,001$ ) e entre  $TTLV_2$  vs.  $VO_2LV_2$  ( $r = 0,610$ ;  $p < 0,001$ ). Concluindo, a potência aeróbia máxima associada ao aumento do consumo de oxigênio no  $LV_2$ , são preditores de uma maior capacitação aeróbia em jogadores de futebol. O melhor parâmetro preditor de tolerância ao exercício em todas as posições foi à relação  $VO_2LV_2$  vs.  $VO_{2max}$ .

**Descritores:** 1.Futebol 2. Teste de esforço 3. Consumo de oxigênio 4. Aptidão física 5. Limiar anaeróbio

# SUMMARY

**"Não se pode ensinar tudo a alguém, pode – se apenas ajudá-lo a encontrar por si mesmo"**

**Galileu Galilei**

## SUMMARY

Santos – Silva, PR. Ventilatory threshold two ( $VT_2$ ) and maximal oxygen uptake ( $VO_2\max$ ) as predictors of tolerance for effort in male soccer players [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2009, 85p.

The aim of this study was to investigate the relationship between the ventilatory threshold two ( $VT_2$ ) and maximum oxygen consumption ( $VO_2\max$ ) as predictors of exercise tolerance in soccer players.  $VT_2$  and  $VO_2\max$  were measured when one-third of the soccer season still remained. A sample of sixty male soccer players, distributed in the following position: (14 central-defenders [23%], 14 fullbacks [23%], 19 midfielders [32%] and 13 forwards [22%]) less the goalkeepers, were evaluated a cross-sectional study. The mean age was  $20.8 \pm 2.7$  years, body mass:  $71.9 \pm 7.62$  kg and height:  $178.1 \pm 6.5$  cm. All were asymptomatic, non-smokers, they did not use any medication and were free from any kind of neuromuscular disorder, cardiovascular, respiratory and circulatory. In the competitive season, the average training week consisted of 10 hours practice and games. All the players were professional clubs of the first division of the State of Sao Paulo and were registered in the Paulista Football Federation. All of them underwent a cardiopulmonary and metabolic exercise test evaluation. To this end we used a gas explorer (CPX/D, breath-by-breath – Medgraphics, Saint Paul, MN, USA) coupled to an electrocardiograph (Max Personal, Exercise Testing System, Marquette, USA). Both systems were computerized. The maximum exercise test was performed on a motor-driven treadmill (Inbramed, ATL-10200, Porto Alegre, BRA), using the incremental continuous exercise protocol. The athletes started the race with  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  and increased speed of  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  every two minutes with fixed slope at 3%. In all tests there was verbal encouragement. The results verified and the parameters used were:  $VO_2\max = 58.8 \pm 4.48 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $VO_2VT_2 = 49.6 \pm 4.96 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $\text{MAXTT} = 1073 \pm 124.5\text{s}$ ;  $\text{TTVT}_2 = 713 \pm 106\text{s}$ . Linear regression analysis in male soccer players showed positive correlation between the  $VO_2\max$  vs.  $\text{MAXTT}$  to exercise ( $R = 0.473$ ;  $p < 0.001$ );  $VO_2VT_2$  vs.  $VO_2\max$  ( $R = 0.691$ ;  $p < 0.001$ );  $\text{TTVT}_2$  vs.  $VO_2\max$  ( $R = 0.545$ ;  $p < 0.001$ );  $\text{MAXTT}$  vs.  $\text{TTVT}_2$  ( $R=0.560$ ;  $p < 0.01$ ) and between  $\text{TTVT}_2$  vs.  $VO_2VT_2$  ( $R=0.610$ ;  $p < 0.001$ ). The results allowed us to infer that the attainment of maximum aerobic power together with increased of  $VO_2VT_2$  are predictors of a higher aerobic capacity in soccer players. The best predictive parameter of exercise tolerance in all positions was the relationship  $VO_2VT_2$  vs.  $VO_2\max$ .

**Descriptors:** 1. Soccer 2. Exercise test 3. Oxygen consumption 4. Physical fitness 5. Anaerobic threshold

# INTRODUÇÃO

**“A busca da verdade científica resulta do diálogo entre a inteligência humana, com toda suas enormes potencialidades e a natureza, com todos seus estranhos mistérios”**

**Bertrand Russel**

## 1 – INTRODUÇÃO

O futebol de campo, segundo vários pesquisadores (**Maguire e Pearton, 2000; Eisenberg et al. 2001; Appleby e Street, 2001**) é uma modalidade esportiva de apelo social em todo o mundo. Recentemente, a Federação Internacional de Futebol Associado (FIFA) divulgou uma pesquisa feita com suas 207 associações filiadas, mostrando que o futebol é o esporte mais praticado em todo o mundo por indivíduos de diferentes classes sociais, idade, sexo e níveis de desempenho (**FIFA, 2007**).

Atuam nessa modalidade esportiva aproximadamente 265 milhões de jogadores, que representam quase 4% da população da Terra, dos quais 34 milhões são registrados como profissionais do sexo masculino (**Kunz, 2007; FIFA, 2007**). Segundo a Confederação Brasileira de Futebol (CBF), há 30 milhões de indivíduos praticantes de futebol e 11 mil são registrados como jogadores profissionais (**CBF, 2007**). É o esporte mais praticado em nosso país (**Da Silva e Malina, 2000**).

No futebol de alto rendimento, o desempenho do futebolista está associado a diversos fatores como: níveis de aptidão física, aspectos nutricionais, fatores psicológicos e a eficiência técnica e tática (**Reilly et al. 2000; Stolen et al. 2005**). O futebolista, durante a partida, confronta-se com um grande número de decisões que são tomadas num tempo mínimo ante estímulos repentinos e aleatórios (**Stolen et al. 2005**). A demanda energética do futebol de campo é intermitente, dinâmica e complexa, do ponto de vista fisiológico, e exige esforços de diversas magnitudes (**Castagna et al. 2003**;

**Arnason et al. 2004**). Em termos metabólicos, durante a partida, há a participação de todas as vias metabólicas: aeróbia, anaeróbia aláctica e láctica.

O futebol é um esporte aeróbio-anaeróbio (**Bloomfield et al. 2007**; **Aziz et al. 2007**), e as seguintes características são necessárias para o jogador profissional: potência aeróbia máxima ( $VO_2\text{max}$ ), velocidade, força, flexibilidade, agilidade, composição corporal e constituição física adequadas à posição (**Reilly et al. 2000**). O  $VO_2\text{max}$  é um dos parâmetros metabólicos mais utilizados para quantificar a aptidão física (**Mitchell e Blomqvist, 1971**; **Helgerud et al. 2007**) e representa o volume máximo de oxigênio que pode ser captado, transportado e utilizado pelo metabolismo aeróbio por unidade de tempo ao nível do mar (**Astrand et al. 2003**; **Snell et al. 2007**). Contudo, nem todos os atletas com elevados níveis de  $VO_2\text{max}$  apresentam bom desempenho em esportes de longa duração, demonstrando que outros indicadores também interferem nesta resposta e devem ser verificados (**Costill et al. 1973**).

A produção de energia aeróbia é alta na prática do futebol, a qual, quando avaliada pela relação frequência cardíaca- $VO_2$ , mostra intensidade de 75% do  $VO_2\text{max}$  e 85% da frequência cardíaca máxima ( $FC\text{max}$ ) durante uma partida de futebol (**Helgerud et al. 2001**; **Hoff et al. 2002**; **Kemi et al. 2003**). Um futebolista com  $VO_2\text{max}$  de  $65 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  usa  $48,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  durante a maior parte da partida, evidenciando a importância dos mecanismos oxidativos na produção de energia aeróbia (**Reilly, 1997**). A média de  $VO_2\text{max}$  em jogadores de alto rendimento varia entre 55 e 68

$\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (**Arnason et al. 2004; Hoff, 2005; Chamari et al. 2005**), valores baixos quando comparados com maratonistas, ciclistas e outros atletas de esportes de longa duração (**Saltin e Astrand, 1967**), mas altos quando comparados com indivíduos não-atletas.

Outro parâmetro fisiológico importante é o limiar ventilatório dois ( $\text{LV}_2$ ), terminologia usada para definir o limiar anaeróbio, quando determinado por análise de troca gasosa respiratória (**Hughes et al. 1982**). O  $\text{LV}_2$  representa o momento de transição metabólica entre os metabolismos aeróbio e anaeróbio e indica até que ponto o sistema oxidativo é eficiente em produzir energia pelo metabolismo aeróbio numa intensidade submáxima de esforço (**Skinner e Mc Lellan, 1980; Bhambhani e Singh, 1985**).

O  $\text{LV}_2$  maior, em esportes de esforço intermitente, aumenta a resistência do atleta, que se desloca com mais intensidade por maior tempo, utilizando uma fração maior do  $\text{VO}_2\text{max}$  sem entrar em acidose metabólica descompensada (**Reilly et al. 2000**). Este parâmetro é usado como índice de desempenho funcional para avaliar o nível de aptidão cardiorrespiratória submáxima e controlar a intensidade do treinamento aeróbio (**Brettoni et al. 1989; Bishop et al. 1998**).

Deve-se considerar, ainda, que o  $\text{LV}_2$  é um parâmetro melhor que o  $\text{VO}_2\text{max}$  para determinar o desempenho do atleta em atividades aeróbias-anaeróbias, pois, dependendo do tipo de treinamento, o  $\text{LV}_2$  e a economia de corrida (EC) (relação entre o consumo de oxigênio e a velocidade de corrida em intensidades submáximas) podem continuar aumentando sem modificação expressiva do  $\text{VO}_2\text{max}$  (**Hoff et al. et al. 2002; Edwards et al.**

**2003**). Um jogador percorre 11 km em média durante uma partida (**Di Salvo et al. 2007**) e segundo **Hoff et al. (2002)** uma melhora de 5% na EC aumenta 1.000 m à distância percorrida ao final de uma partida.

Diversos estudos realizados com futebolistas (**Helgerud et al. 2001; Santos et al. 2001; Hoff et al. et al. 2002; Edwards et al. 2003**) têm avaliado o  $VO_{2max}$  e o  $LV_2$ , no entanto nenhum deles avaliou a correlação  $VO_{2max}$  vs.  $LV_2$  e a tolerância no esforço submáximo e máximo, e o consumo de  $O_2$  no  $LV_2$  ( $VO_2LV_2$ ) em relação ao  $VO_{2max}$ , fato que motivou o presente estudo.

Partindo da hipótese que o  $LV_2$  (parâmetro de função aeróbia submáxima) e o  $VO_{2max}$  (parâmetro de função máxima) apresentam alto grau de dependência e podem ser considerados como preditores de tolerância ao esforço, e que o consumo de oxigênio no  $LV_2$  e o consumo de oxigênio no esforço máximo podem apresentar correlação em todas as posições, o presente estudo objetiva verificar a relação existente entre o limiar ventilatório dois ( $LV_2$ ) e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) como índices preditores de tolerância ao esforço em jogadores de futebol.

# HIPÓTESE DO ESTUDO

## HIPÓTESE DO ESTUDO

**“A ciência não objetiva abrir infinitos horizontes para a sabedoria,  
mas sim, limitar os infinitos horizontes da  
nossa capacidade de errar“**

**Bertold Brecht**

## **2 – HIPÓTESES**

As seguintes hipóteses foram examinadas:

### **2.1 – Hipótese 1**

Admite que o  $LV_2$ , como parâmetro de função aeróbia submáxima, e o  $VO_{2max}$ , como parâmetro de função máxima, apresentam alto grau de dependência e podem ser considerados como preditores de tolerância ao esforço em jogadores de futebol.

### **2.2 – Hipótese 2**

Admite que a relação  $VO_2LV_2$  vs.  $VO_{2max}$ , ou seja, o consumo de oxigênio no  $LV_2$  e o consumo de oxigênio no esforço máximo apresentam correlação em todas as posições.

# OBJETIVOS

**“A experiência é a biografia de nossos erros”**

**Sócrates**

### 3 – OBJETIVO

O presente estudo pretende verificar a relação existente entre o limiar ventilatório dois ( $LV_2$ ) e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) como índices preditores de tolerância ao esforço em jogadores de futebol.

# REVISÃO DA LITERATURA

## REVISÃO DA LITERATURA

**"A ciência se compõe de erros que, por sua vez, são os  
passos até a verdade"**

**Júlio Verne**

#### 4 – REVISÃO DA LITERATURA

Embora a literatura especializada em futebol apresente uma grande quantidade de estudos publicados sobre diversos aspectos desse esporte, o Brasil, como potência futebolística dentro do campo de jogo, não tem apresentado o mesmo rendimento no campo das ciências dos esportes. Ao contrário, fora dele, tem dado uma contribuição científica exígua. Este estudo, dada a elevada demanda fisiológica do futebol praticado na atualidade, demonstrará a importância do  $VO_2\text{max}$  e do  $LV_2$  como suportes para as atividades dependentes do metabolismo aeróbio.

Parâmetros submáximos como o LA e a EC têm sido adicionados ao  $VO_2\text{max}$  para qualificar o desempenho de atletas em esportes de resistência aeróbia (**Tanaka e Matsuura, 1984; Daniels, 1985**). Justifica-se a valorização desses parâmetros junto ao  $VO_2\text{max}$ , porque esta variável é influenciada, em grande parte, por componentes genéticos (**Bouchard et al. 1992; Bouchard e Perusse, 1994**) e limitada por fatores fisiológicos centrais como: i) capacidade de difusão pulmonar; ii) capacidade do sangue para carregar oxigênio e iii) aumento do débito cardíaco (**Bassett e Howley, 2000; Snell et al. 2007**).

#### 4.1 – Consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\text{max}$ )

O  $VO_2\text{max}$  é um parâmetro que quantifica a capacidade do sistema cardiorrespiratório de transportar oxigênio aos vários tecidos do corpo (**Snell et al. 2007**). O  $VO_2\text{max}$  é um índice válido para se medir os limites desse sistema em ofertar oxigênio do ar aos tecidos para um determinado nível de capacidade funcional (**Snell et al. 2007**).

**Novak et al. (1978)** afirmam que, para um tipo de futebol tecnicamente de contenção e de transição lenta de passagem da zona de defesa para a zona de ataque, um  $VO_2\text{max}$  variando entre 50 e 60  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  é suficiente, mas para um futebol praticado com intensidade entre as duas zonas do campo esses valores são insuficientes.

**Reilly e Thomas (1979)** mostram que uma boa aptidão aeróbia é condição básica para a manifestação de outras qualidades como velocidade e resistência de velocidade, essas, sim, são verdadeiramente definidoras de um futebol rápido.

**Rost e Hollmann (1983)** acreditam que o valor de  $VO_2\text{max}$  em futebolistas de alto nível deveria ser 65  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , enquanto Ekblom (1986) atribui o  $VO_2\text{max}$  de 67  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  para os mesmos futebolistas.

**Silva et al. (1997)** verificam num grupo de jogadores de futebol profissional da primeira divisão do Estado de São Paulo, após um período de 15 semanas de treinamento, que o  $VO_2\text{max}$  não foi modificado significativamente (50 vs. 53  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Ao contrário, a capacidade

anaeróbia máxima medida pela concentração de lactato sanguíneo aumentou significativamente 8%, ou seja, (8,3 vs. 9,8 mmol·L<sup>-1</sup>) nesse período. Os autores concluem que os exercícios realizados foram predominantemente anaeróbios.

**Santos (1999)** estuda o comportamento do VO<sub>2</sub>max em futebolistas portugueses de quatro divisões (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup>). Ele verifica que não houve diferenças significativas no VO<sub>2</sub>max geral entre os jogadores das diversas divisões e que as pequenas diferenças deviam-se à diminuição do treinamento, quando os atletas foram avaliados, e não ao nível competitivo. Entretanto, o perfil aeróbio dos laterais foi superior ao dos atacantes. Outro aspecto que poderia sugerir distinções neste parâmetro era a pouca idade de alguns jogadores, pois o aumento da idade correlaciona-se negativamente com o VO<sub>2</sub>max. O autor conclui que o VO<sub>2</sub>max, isoladamente, não permite predizer o nível competitivo de uma equipe, mas é um fator que deve ser levado em consideração na melhoria da qualidade física geral do futebolista.

**Aziz et al. (2000)** examinam a relação entre o VO<sub>2</sub>max e a capacidade de os futebolistas repetirem deslocamentos curtos e intensos. Os atletas realizaram teste em esteira até a exaustão para medir a potência aeróbia máxima e, posteriormente, realizaram oito estímulos na distância de 40 m em velocidade máxima. Os autores verificam correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre o VO<sub>2</sub>max e o tempo total dos oito estímulos repetidos em velocidade. Assim, concluem que o VO<sub>2</sub>max se correlacionou com o tempo total dos estímulos, aumentando a tolerância ao esforço.

**Helgerud et al. (2001)** estudam os efeitos do treinamento de corrida de resistência intervalada aeróbia em jogadores juniores de alto nível. As corridas realizaram-se numa intensidade entre 90 e 95% da frequência cardíaca máxima (FCmax), com recuperação ativa de três minutos entre 50 e 60% da FCmax. O método desenvolvia-se duas vezes por semana, por um período máximo de oito semanas. Após esse período, o  $VO_2\text{max}$  aumentou 10% (58,1 vs. 64,3  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Com tal modalidade de treinamento, a principal adaptação fisiológica observada foi de origem central com aumento do  $VO_2\text{max}$  verificado pelo incremento do volume sistólico. Os autores concluem que, num curto período de tempo, o treinamento intervalado aeróbio é eficiente em aumentar o  $VO_2\text{max}$  dos jogadores de futebol.

**Casajus (2001)** observa, durante um campeonato espanhol, em jogadores de futebol de uma equipe profissional da primeira divisão, que o  $VO_2\text{max}$  inicial que era de 65,5  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  pouco se modifica (66,4  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e que uma possível alteração era dependente do nível inicial deste parâmetro.

**Balikian et al. (2002)** avaliam e comparam o  $VO_2\text{max}$  de futebolistas profissionais brasileiros em diversas posições e concluem que os atletas apresentavam níveis diferenciados de condicionamento aeróbio, possivelmente, em razão das sobrecargas metabólicas impostas durante as partidas e treinamentos coletivos, e não porque foram submetidos a treinamento aeróbio especificamente para melhorar o  $VO_2\text{max}$ .

**Diaz et al. (2003)** demonstram, num estudo realizado com 248 jogadores de futebol profissional, divididos entre jogadores brasileiros,

argentinos e mexicanos, por um período de três décadas, que o  $VO_2\text{max}$  cresceu 10%, indicando que a demanda energética aeróbia do futebol aumentou.

**Edwards et al. (2003)** acreditam que valor elevado de  $VO_2\text{max}$  atingido no futebol da atualidade é quase impossível. A razão para essa resposta é o pequeno período de preparação inicial, destinado aos clubes, e a maior quantidade de partidas realizadas durante a temporada competitiva. Esses fatores dificultam a realização de treinamentos específicos para o aprimoramento do metabolismo aeróbio dos jogadores.

**McMillan et al. (2005)** submetem futebolistas escoceses de alto nível competitivo a treinamento específico intervalado, utilizando a bola. Com essa modalidade de treinamento, realizavam-se quatro séries de trabalhos com duração de quatro minutos, com dribles numa intensidade correspondente entre 90% e 95% da  $FC\text{max}$ , seguidos de três minutos de recuperação entre cada série e corrida a 70% da  $FC\text{max}$  entre os intervalos. O treinamento teve duração máxima de dez semanas com duas sessões semanais. Os resultados mostram aumento de 9% no  $VO_2\text{max}$  (63,4 vs. 69,8  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). No entanto, o estudo não mostrou mudança significativa na massa corpórea, na economia de corrida e nos arranques na distância de 10 metros.

**Stolen et al. (2005)** mostram que, no futebol, o  $VO_2\text{max}$  apresenta uma grande faixa de variabilidade (50 a 75  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Mas, em jogadores pertencentes a clubes de alto rendimento e seleções

internacionais, verifica-se, com maior frequência, média de  $\text{VO}_2\text{max}$  em torno de 55 a 68  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .

**Impellizzeri et al. (2006)** confirmam que duas modalidades diferentes de treinamento específico (com bola) e tradicional (com corridas intervaladas) apresentam resultado comparável com relação ao incremento do  $\text{VO}_2\text{max}$  de futebolistas de alto nível, quando ambos os tipos de treinamentos, após oito semanas, aumentaram em 7% e 8% o  $\text{VO}_2\text{max}$ . A distância percorrida nas partidas também aumentou 5% e 7% como efeito dos treinamentos específico (com bola) e intervalado (corridas). Os autores concluem que ambos os modelos de treinamentos são alternativas válidas para melhorar o metabolismo aeróbio do futebolista.

#### 4.2 – Limiar Ventilatório Dois ( $\text{LV}_2$ )

O  $\text{LV}_2$  é definido como a mais alta intensidade submáxima de exercício dinâmico, verificado pelo equilíbrio entre a produção e a velocidade de remoção do lactato no sangue (**Helgerud et al. 1990**). O  $\text{LV}_2$  em jogadores de futebol tem sido medido com frequência pelos métodos ventilatório (análise de gases expirados) ou metabólico (análise da concentração fixa de lactato sanguíneo).

**Green (1992)** avalia jogadores de futebol de dois times australianos e não verifica diferença significativa no  $\text{LV}_2$  em relação ao consumo de oxigênio ajustado à massa corpórea (45,5 vs. 43,8  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Esses valores representam, em média, 78% do  $\text{VO}_2\text{max}$  atingido. Entretanto, nos

jogadores com um metabolismo aeróbio mais desenvolvido, o  $LV_2$  foi atingido numa velocidade de corrida mais alta (13,1 e 14,5  $km \cdot h^{-1}$ ).

**Bunc et al. (1992)** comparam jogadores de futebol checos com aqueles observados na literatura especializada e sugerem que, para atingir maior desempenho físico na partida, a velocidade de corrida no  $LV_2$  deve ser superior a 14  $km \cdot h^{-1}$ , e o consumo de oxigênio superior a 81% do  $VO_{2max}$ .

**Bangsbo (1994)** avalia 60 jogadores de futebol dinamarqueses, considerados de alto nível, e utiliza uma concentração fixa de lactato de 3 mM como referência de intensidade ótima de transição entre os metabolismos aeróbio e anaeróbio. Os resultados mostram que a média do  $LV_2$  do grupo encontrava-se a 80,7% do  $VO_{2max}$  com variação entre 66,4% e 92,4%. Essa variação foi correspondente a uma média de velocidade de corrida no  $LV_2$  entre 11,7 e 14,5  $km \cdot h^{-1}$ .

**Santos (1999)** afirma que o  $VO_{2max}$  não tem força discriminativa para a caracterização funcional no futebol, ao contrário do  $LV_2$  que, como indicador submáximo, define perfis de condição física. Considerando o treinamento um processo global, o aumento na potência dos mecanismos aeróbios máximos e submáximos é de grande importância para a eficiência dos processos de recuperação e de economia de energia.

Assim, o  $LV_2$  consagra-se como indicador mais confiável do potencial aeróbio no futebol. Quanto mais próximo do  $VO_{2max}$  este  $LV_2$  estiver, maior será a capacidade de trabalho em estado de equilíbrio metabólico que o atleta poderá desenvolver. Em seu estudo, o  $LV_2$ , em consumo de oxigênio ajustado à massa corpórea em todas as divisões, encontrava-se abaixo de

50 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, correspondendo a porcentagens de 76% e 85,5% do VO<sub>2</sub>max. O autor conclui que o LV<sub>2</sub> de futebolistas de alto nível deve ser o mais alto possível.

**Santos et al. (2001)** estudam a capacidade aeróbia submáxima de jogadores de futebol da primeira divisão de Portugal, utilizando a velocidade de corrida no limiar de lactato a uma concentração de 4 mM. Eles comparam o desempenho aeróbio entre as posições e verificam diferenças entre meio-campistas e atacantes e entre meio-campistas e zagueiros. Os resultados permitem constatar que, em termos fisiológicos, as exigências impostas aos jogadores que ocupam diferentes posições no campo de jogo, do ponto de vista aeróbio, podem ser substancialmente distintas.

**Balikian et al. (2002)** estudam em futebolistas o limiar de lactato, análogo ao LV<sub>2</sub> por velocidade de corrida, utilizando concentração de lactato de 4 mM em diferentes posições, e verificam diferenças apenas entre os goleiros e os meio-campistas, não sustentando a hipótese de que a exigência metabólica em partidas gere adaptações mensuráveis entre as demais posições. Contudo, os valores do limiar de lactato em velocidade de corrida dos laterais e meio-campistas foram maiores, quando comparados aos valores de outras posições, cujos jogadores corriam 5% a mais do que zagueiros e atacantes. Os autores concluem que essa resposta decorre do maior volume de corridas realizadas em jogos oficiais e treinamentos coletivos, com bola, e não ao treinamento, especificamente, desenvolvido para melhorar o limiar de lactato.

**Edwards et al. (2003)** verificam em jogadores britânicos de futebol profissional que o  $VO_2\text{max}$  não se modificou, significativamente, entre o início e o fim da temporada competitiva. Ao contrário, observaram-se maior tolerância ao esforço e maior porcentagem de  $VO_2$  no  $LV_2$  medido por concentração de lactato sanguíneo (81% vs. 86%), o que correspondeu, nesse ponto de transição metabólica, a um  $VO_2$  entre 51,4 e 53,4  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Eles concluem que os jogadores extraem mais oxigênio no  $LV_2$  ao longo da temporada.

**Impellizzeri et al. (2006)** comparam os efeitos fisiológicos de dois modelos de treinamentos em jogadores de futebol. Um dos treinamentos era específico e realizado por meio de deslocamentos com pequenos jogos com a bola; o outro, tradicional, realizado com corridas intervaladas. Os resultados de ambos os tipos de treinamentos foram eficientes em aumentar a velocidade de corrida e o consumo de oxigênio no limiar de lactato a 4 mM nas quatro primeiras semanas da pré-temporada. Concluem os autores que ambas as modalidades de treinamentos são alternativas para melhorar a condição aeróbia submáxima no futebol.

#### **4.3 – Distância percorrida e o desempenho aeróbio**

Diversos estudos (**Stolen et al. 2005; Di Salvo et al. 2007; Bloomfield et al. 2007; Rampinini et al. 2007**), realizados nos últimos anos e focados na distância percorrida por jogadores de futebol, verificam um aumento progressivo desta variável ao final das partidas. Quando se

compara a distância percorrida em campeonatos mundiais da FIFA, campeonatos da Liga dos clubes campeões da Europa, Ligas inglesa e espanhola de futebol, verifica-se que os valores aumentaram, aproximadamente, 150% entre os mundiais da Suíça [1954] e o da Alemanha [2006].

**Santos et al. (2001)** observam que a distância total percorrida no futebol, ao final de uma partida, depende, de forma significativa, da capacidade aeróbia do futebolista e que 60% dessa distância pode ser justificada pelo nível aeróbio do atleta.

**Mohr et al. (2003)** mostram que futebolistas de alto nível, normalmente, atingem média de distância percorrida total entre 10 e 12 km, ao final de uma partida, com variação de 7 a 14 km, dependendo da posição, estilo do jogador, função tática, nível e importância do jogo.

**Rampinini et al. (2004)** verificam, em 18 partidas da Liga Inglesa e em três da Liga Européia de Clubes campeões (UEFA), a média de distância percorrida de 11,7 km por jogadores meio-campistas ao final das partidas.

**Di Salvo et al. (2007)** avaliam 300 jogadores de futebol de alto nível, em 30 partidas da Liga Espanhola de Futebol Profissional e da Liga dos Clubes Campeões da Europa, e verificam a média de distância percorrida de 11 km.

**Di Salvo et al. (2007)** verificam que a influência do time adversário e o nível de oposição, nos dois tempos da partida, são fundamentais para os jogadores atingirem mais distância e deslocamentos, com velocidade mais

elevada ao final do jogo. Ainda, constatam que essa resposta é verificada, com mais frequência, ao final da temporada futebolística.

**Di Salvo et al. (2007)** confirmam que a demanda física aumentou, nas últimas décadas, para futebolistas de alto desempenho competitivo, em todas as posições, indicando que o jogo tornou-se mais intenso. As evidências atuais especulam que as maiores distâncias atingidas em intensidades mais elevadas relacionam-se com um maior  $VO_2\text{max}$  nas diferentes posições exercidas pelos jogadores de futebol. Essa hipótese confirma-se por resultados de testes intermitentes de resistência, realizados com futebolistas que mostram correlação positiva entre a distância atingida nesse tipo de teste e a posição específica dos jogadores em campo (**Bangsbo e Michalsik, 2002**).

**Di Salvo et al. (2007)** avaliam o deslocamento de jogadores de futebol em cinco níveis de intensidade. Durante as partidas, todos os jogadores, independentemente da posição, param, andam e correm entre 58,2% e 69,4% na faixa de 0 a  $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , correspondendo às distâncias percorridas entre 6.958 e 7.080 m. Entre 13,4% e 16,3%, correm em baixa velocidade de  $11,1$  a  $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  as distâncias entre 1.380 e 1.965 m. Entre 12,3% e 17,5%, correm em velocidades moderadas de  $14,1$  a  $19 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  as distâncias entre 1.257 e 2.116 m. Entre 3,9% e 6,1%, correm em alta velocidade  $19,1$  a  $23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  as distâncias de 397 a 738 m, e entre 2,1% e 3,7% realizam arranque em altíssima velocidade  $> 23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  as distâncias entre 215 e 446 m.

**Di Salvo et al. (2007)** não mostram diferença na distância nem diminuição no deslocamento de alta intensidade em direção ao final da

partida, mas parece que os jogadores poupam mais energia no segundo tempo da partida e aumentam a distância à custa de caminhada e corrida de baixa intensidade. Portanto, no segundo tempo da partida, verifica-se distância maior com diminuição da intensidade.

**Bloomfield et al. (2007)** estimam que, aproximadamente, 80% a 90% da demanda física, numa partida, empregam-se com atividades de baixa a moderada intensidade (predominância aeróbia), e os restantes 10% a 20%, em atividades de alta intensidade (predominância anaeróbia)

**Rampinini et al. (2007)** fazem uma comparação da distância total percorrida entre os melhores e os piores jogadores de futebol, considerados de alto nível competitivo. Os resultados mostram que os melhores jogadores correram 3.298 m e os piores 3.166 m em alta intensidade, isto é, em velocidade superior a  $14,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Essa velocidade significa um consumo de  $\text{O}_2$  estimado superior a  $51,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  durante exercício intermitente submáximo realizado na partida. Além desse fato, verifica-se, durante toda a temporada, que a distância percorrida, nessa mesma intensidade, aumenta, mostrando a necessidade de os futebolistas manterem uma estabilidade do nível aeróbio para compensar as exigências do futebol. Mais uma vez, fica evidente a importância do metabolismo aeróbio nesse esporte.

#### **4.4 – Distribuição das fibras musculares**

Estudos morfológicos têm sido realizados com jogadores de futebol com a realização de biópsia nos músculos vasto lateral e gastrocnêmio,

tentando identificar conteúdo, diferenciação e importância para atletas desse esporte.

De acordo com os autores **Ingemann-Hansen e Halkjaer-Knstensen (1979) e Jacobs et al. (1982b)**, o jogador de futebol apresenta um padrão de fibra muscular misto que se adapta com eficiência ao treinamento com características aeróbia e anaeróbia.

Os pesquisadores **Jacobs et al. (1982b)**, **Bangsbo et al. (1988)**, **Kuzon et al. (1990) e Andersen et al. (1991)** verificam em futebolistas uma média de porcentagem de fibras musculares de contração lenta (tipo I) que varia de 40% a 61% no músculo vasto lateral e de 49% a 60% no gastrocnêmio.

Segundo **Bangsbo (1994)**, para ambos os músculos a variação individual na porcentagem de fibras musculares do tipo I é grande, indicando que uma distribuição especial entre fibras de contração lenta (tipo I) e fibras de contração rápida (tipo II) não é tão importante para futebolistas de alto nível. Jogadores de futebol têm fibras musculares maiores quando comparados a indivíduos não treinados e a área das fibras musculares do tipo II é maior do que as fibras do tipo I.

#### **4.5 – A relação entre o metabolismo aeróbio e a capacidade de repetir estímulos intermitentes de curta duração**

**Aziz et al. (2000)** verificam em jogadores de futebol que o  $VO_2\text{max}$  não se relaciona com o ganho de velocidade ( $R = - 0,21$ ), ao contrário,

aumenta a tolerância aos deslocamentos curtos, realizando um maior número de repetição durante a partida. Eles concluem que um baixo  $VO_2\text{max}$  disponibilizaria pouco oxigênio utilizado durante o exercício e na fase de recuperação. Essa diminuição durante o exercício limitaria a produção de energia aeróbia para manter a demanda de esforço em estágios tardios da partida.

**Tomlin e Wenger (2001)** realizam uma completa revisão sobre a relação existente entre a capacidade aeróbia e a recuperação após realização de exercícios intermitentes de alta intensidade. Os pesquisadores verificam uma associação entre ambas as variáveis, indicando que a aptidão aeróbia é importante na magnitude da resposta oxidativa. Segundo esses autores, a maioria dos estudos que examinaram a recuperação e o  $VO_2\text{max}$  sugerem que os efeitos do treinamento aeróbio produzem como resultado o incremento da capacidade de recuperação de energia durante a realização de exercício intermitente repetido em alta intensidade.

**Helgerud et al. (2001)** demonstram relação importante entre o aumento na capacidade do jogador de futebol de repetir deslocamentos em distâncias curtas de alta intensidade e a capacidade de recuperação, tendo como fator determinante uma boa potência aeróbia.

**Tomlin e Wenger (2002)** realizam um estudo com jogadoras de futebol, que possuíam diferentes níveis de  $VO_2\text{max}$ , e observam uma relação direta entre o  $VO_2\text{max}$  e a contribuição aeróbia, durante a fase de recuperação entre as séries de esforços repetidos em intensidade máxima, e a capacidade de tolerar mais exercício intermitente. As jogadoras com

capacidade aeróbia superior apresentam maior  $VO_2$  durante a fase de recuperação, entre os estímulos, e uma menor diminuição da potência muscular.

**Lemmink e Visscher (2003)** verificam associação ( $R = 0,77$ ) entre o  $VO_2\max$  e o número de repetição de corridas de curta duração e concluem que a produção de energia aeróbia contribui com, aproximadamente, 60% da necessidade energética total para a realização deste tipo de esforço.

#### **4.6 – A importância do metabolismo aeróbio para os esportes contínuos e intermitentes**

**Costill et al. (1973)** verificam em atletas corredores, que conseguem velocidades acima de 70% do  $VO_2\max$ , um menor acúmulo de lactato no sangue, quando comparado àqueles que correm mais lentamente. Os autores demonstram que o maior desempenho desses atletas é dependente da economia de velocidade ou de corrida associada à elevada utilização percentual do  $VO_2\max$  com um mínimo de acúmulo de lactato.

**Smaros (1980)** demonstra que, em razão da alta correlação entre a distância total atingida no jogo ( $R = 0,89$ ) e o  $VO_2\max$ , devem ser adotados métodos de treinamentos que aumentem os níveis de  $VO_2$  em jogadores de futebol. Ele também verifica efeito favorável sobre um maior número de arranques realizados durante a partida.

**Vago et al. (1987)** estudam a importância do  $LV_2$  como um índice de resistência em nadadores. Eles verificam que esse parâmetro submáximo

reflete uma maior tolerância ao esforço realizado pelos atletas, devendo ser determinado junto ao  $VO_{2max}$ . Os autores demonstram que o tempo de resistência correlaciona-se, positivamente, com o  $VO_2$  absoluto e relativo à massa corpórea verificada no  $LV_2$  com a porcentagem de utilização do  $VO_{2max}$ . A tolerância máxima de esforço (TTMAX) atingida pelos nadadores foi 18.8 min. Todavia, quando se compara o TTMAX com o  $VO_{2max}$  atingido pelos nadadores, não se verifica correlação entre as duas variáveis.

**Cunningham (1990)** verifica três determinantes de desempenho em corredoras adolescentes de cross-country de alto nível, com  $VO_{2max}$  de 61,7  $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  e limiar ventilatório a 79% do  $VO_{2max}$ , e observa correlação significativa ( $R = 0,77$ ;  $p < 0,01$  e  $R = 0,78$ ;  $p < 0,01$ ) entre a velocidade no  $LV_2$  e a velocidade no  $VO_{2max}$ , com o melhor tempo de corrida nos 5 km. Além disso, o  $VO_2$  no  $LV_2$  e o  $VO_{2max}$  também se correlacionam significativamente ( $R = -0,66$ ;  $p < 0,01$  e  $R = -0,69$ ;  $p < 0,01$ ) com o desempenho. Ele conclui que as variáveis derivadas tanto no LA como no  $VO_{2max}$  parecem explicar a variação que ocorreu no desempenho das jovens atletas corredoras de cross-country.

**Morgan e Daniels (1994)** demonstram que a relação entre o  $VO_{2max}$  e o  $VO_{2submax}$ , em corredores de distância altamente qualificados, com índice médio de  $VO_{2max}$  ajustado à massa corpórea de  $75,8 \pm 3,4 mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , apresenta significativa relação entre as duas variáveis ( $R = 0,59$ ;  $p < 0,01$ ), sugerindo uma relação positiva entre o  $VO_{2max}$  e a demanda aeróbia submáxima da corrida. Contudo, ao contrário de corredores do atletismo, jogadores de futebol não realizam atividade contínua (cíclica), mas, sim,

intermitente (acíclica) durante todo o transcorrer da partida, porém com a possibilidade de também utilizar elevada fração submáxima de  $O_2$  de seu  $VO_2max$ .

**Helgerud et al. (2001)**, em estudo realizado com jogadores dinamarqueses de futebol da categoria juniores, mostram que a utilização do método de treinamento aeróbio em corridas intervaladas por oito semanas, com quatro estímulos durante quatro minutos, numa intensidade entre 90% e 95% da  $FCmax$  e com recuperação ativa de três minutos entre 60% e 70% da  $FCmax$  entre os estímulos, aumenta o  $VO_2max$  por, aproximadamente, 0,5% em cada sessão de treinamento.

**Impellizzeri et al. (2008)** verificam qual era o efeito do treinamento aeróbio intervalado sobre o declínio na habilidade de os jogadores de futebol fazerem passes curtos após atividade intermitente de alta intensidade. Os autores notam que treinamento aeróbio realizado por meio de corridas intervaladas de 4 minutos de duração, com intensidade entre 90 e 95% da  $FCmax$ , por um período de 4 semanas, provoca efeito altamente benéfico nos futebolistas. Essa modalidade de treinamento atenua o declínio na habilidade de realizar passes curtos após atividade intermitente intensa.

**Meckel et al. (2009)** avaliam a relação entre testes de arranques repetidos, testes de desempenho anaeróbio e aeróbio em futebolistas adolescentes de alto rendimento e verificam correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre a capacidade de repetir um protocolo de arranques (12 x 20m) e o  $VO_2pico$  dos futebolistas. Uma das conclusões dos autores aponta que o

sistema aeróbio desempenha um papel significativo na manutenção do nível de intensidade durante uma partida de futebol.

# MÉTODOS

# MÉTODOS

**“Feliz é aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina“**

**Cora Coralina**

## 5 – MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pela CAPPESQ do Hospital das Clínicas da FMUSP nº 1251/2007 e todos os participantes, cientes dos procedimentos de avaliação, objetivos e possíveis benefícios e riscos de um estudo desta natureza, assinaram termo de consentimento (Resolução específica N° 196/96 do Conselho Nacional de Saúde).

### 5.1 – Casuística

Avaliaram-se 90 atletas de futebol do sexo masculino, com idade entre 17 e 28 anos, vinculados a clubes da primeira divisão do Estado de São Paulo e registrados na Federação Paulista de Futebol.

Incluíram-se 60 futebolistas que atingiram índice de  $VO_2\text{max}$  igual ou maior que  $50 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  no teste ergoespirométrico, que foi usado como critério de inclusão.

Os demais critérios de inclusão foram:

- i) Treinamento para futebolistas de alto nível com, no mínimo, dez horas de treinos por semana (subdivididos em treinamentos físicos, técnicos e táticos), totalizando cinco vezes por semana;
- ii) Ausência de qualquer limitação ortopédica de membros inferiores, durante o teste, que pudesse comprometer a marcha e a corrida na esteira rolante;

iii) Ausência de uso de qualquer tipo de medicação que pudesse interferir no resultado dos testes;

iv) Não-fumantes;

v) Ausência de doença neuromuscular, cardiovascular, respiratória e circulatória.

Descrição da Casuística

**TABELA 1 – VALORES DESCRITIVOS DA IDADE, MASSA CORPÓREA E ESTATURA DOS JOGADORES DE FUTEBOL (N = 60).**

<b>ESTATÍSTICA</b>	<b>IDADE (anos)</b>	<b>MASSA CORPÓREA (kg)</b>	<b>ESTATURA (cm)</b>
<b>M</b>	<b>20,8</b>	<b>71,9</b>	<b>178</b>
<b>DP</b>	<b>2,7</b>	<b>7,6</b>	<b>6,5</b>
<b>EPM</b>	<b>0,35</b>	<b>0,98</b>	<b>0,84</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>17</b>	<b>60</b>	<b>166</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>28</b>	<b>95</b>	<b>198</b>
<b>IC (95%)</b>	<b>20,1;21,5</b>	<b>69,9;70,9</b>	<b>176;180</b>
<b>N</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>

M = Média; DP = Duplo Produto; EPM = Erro Padrão da Média; IC = Intervalo de Confiança; N = Tamanho da amostra.

De acordo com a posição de jogo, os futebolistas se distribuíam em: 14 zagueiros (23%), 14 laterais (23%), 19 meio-campistas (32%) e 13 atacantes (22%). Os goleiros não foram incluídos.

## **5.2 – Metodologia**

### **5.2.1 – Local**

Todos os testes foram realizados, no segundo semestre do período competitivo, a um terço do término da temporada, no Laboratório de Estudos do Movimento (LEM) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IOT – HC/FMUSP).

### **5.2.2 – Cuidados pré-teste**

Todos os atletas foram orientados a não fazer exercícios de alta intensidade, 24 horas antes do teste de esforço, e a não consumir bebida com álcool e/ou alto teor de cafeína no dia das avaliações (**Myers, 1991; Frost e Vestergaard, 2004; Rashid et al. 2006**). Foram orientados a consumir alimentos leves uma hora antes do exame e a se apresentar vestidos com camiseta, calção e tênis propício ao teste.

### **5.2.3 – Avaliação Ergoespirométrica**

#### **5.2.3.1 – Descrição da avaliação**

Realizou-se um teste de esforço em esteira rolante (Inbramed, ATL – 10200, Porto Alegre, RS, BRA) de velocidade ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) e inclinação (%).

variável, utilizando-se protocolo escalonado contínuo de velocidade crescente e inclinação fixa de 3% (Silva et al. 1999). Nesse protocolo, os jogadores permaneceram dois minutos em repouso, sendo, logo em seguida, aquecidos por quatro minutos, em velocidades crescentes a 4,0; 5,0; 6,0 e 7,0  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , durante um minuto em cada velocidade.

Posteriormente, iniciou-se o teste com o atleta correndo a 8,0  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  e incrementos de velocidade de 1,0  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a cada dois minutos, até atingir a exaustão voluntária (Silva et al. 1999). A fase de recuperação foi ativa, com duração de três minutos, iniciada, imediatamente, com velocidades decrescentes em 6,0; 5,0 e 4,0  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , com duração de um minuto em cada velocidade (figura 1).

Durante o transcorrer do teste e com o objetivo de aumentar a motivação, os atletas receberam encorajamento verbal (Andreacci et al. 2002). A percepção subjetiva do esforço foi quantificada, em cada estágio do teste ergoespirométrico, pela escala linear gradual de 15 pontos (6 a 20) de Borg fixada próxima à esteira (figura 2) (Borg, 1970; Faulkner e Eston, 2007).



Figura 1 – Teste de esforço realizado na esteira utilizando protocolo escalonado contínuo no LEM – IOT/HCFMUSP.

Figura 2 – Tabela de percepção de cansaço subjetivo de Borg utilizada durante os testes ergoespirométricos no LEM – IOT/HCFMUSP.



20 - ESFORÇO MÁXIMO
19 - EXTREMAMENTE CANSATIVO
18 - QUASE EXTREMAMENTE CANSATIVO
17 - MUITO CANSATIVO
16 - QUASE MUITO CANSATIVO
15 - CANSATIVO
14 - QUASE CANSATIVO
13 - LIGEIRAMENTE CANSATIVO
12 - QUASE LIGEIRAMENTE CANSATIVO
11 - RELATIVAMENTE FÁCIL
10 - QUASE RELATIVAMENTE FÁCIL
9 - FÁCIL
8 - MUITO FÁCIL
7 - MUITO MUITO FÁCIL
6 - SEM ESFORÇO

### 5.3 – Avaliação Cardiovascular

Todos os jogadores submeteram-se a eletrocardiograma (ECG). Usaram-se 12 derivações para avaliar a resposta eletrocardiográfica no repouso, durante o esforço e na fase de recuperação do teste de esforço.

A frequência cardíaca (FC) foi registrada durante o esforço e na fase de recuperação em ECG computadorizado (Max Personal, Exercise Testing System, Marquette, Wisconsin, EUA) [figura 3].

A pressão arterial (PA) foi medida indiretamente pelo método auscultatório antes do início do teste, durante o esforço e na fase de recuperação, utilizando-se esfigmomanômetro com leitura aneróide em mmHg (Tycos, EUA).

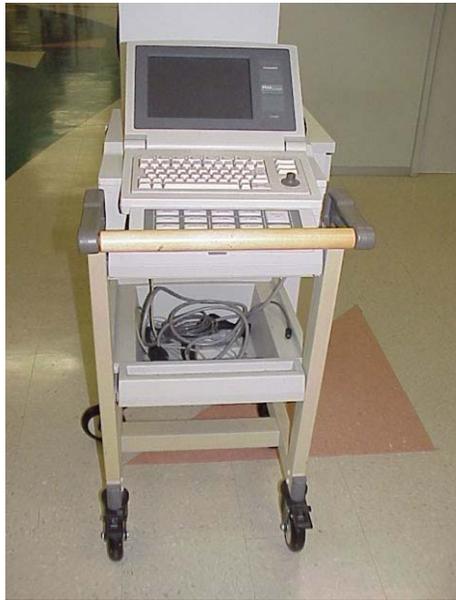


Figura 3 – ECG, Max Personal, Exercise Testing System, Marquette (EUA) utilizado durante os testes ergoespirométricos no LEM-IOT/HCFMUSP.

#### 5.4 – Avaliação respiratória e metabólica

Utilizaram-se um sistema computadorizado de análise de troca gasosa (CPX/D, Medgraphics, Saint Paul, MN, EUA) e o *software Breeze Suíte 6.4.1.* para captação dos dados respiração-a-respiração, armazenamento e processamento das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas **[Figura 4]**.



Figura 4 – Analisador metabólico de gases computadorizado respiração-a-respiração (CPX/D, MedGraphics, Saint Paul, MN, [EUA]) utilizado na avaliação ergoespiométrica no LEM-IOT/HCFMUSP.

A análise dos fluxos e volumes realizou-se por um pneumotacômetro bidirecional preVent de pressão diferencial de alta precisão e espaço morto de 39 ml. Calibrou-se o pneumotacômetro, antes da realização de cada teste, com uma seringa (5530, Hans Rudolph, Kansas City, MO, EUA) por meio de dez movimentos (cinco expirações e cinco inspirações) com

capacidade para 3 litros e espaço morto de 100 ml, empregada como fator de correção que determinou a leitura do volume respiratório. Mediram-se as pressões expiradas de oxigênio (PETO<sub>2</sub>) por meio de uma célula do tipo zircônia de resposta rápida e elevada precisão ( $\pm 0,03\%$  de O<sub>2</sub>), enquanto as pressões expiradas de dióxido de carbono (PETCO<sub>2</sub>), pelo princípio infravermelho com precisão de ( $\pm 0,05\%$  de CO<sub>2</sub>) e resposta ( $< 130$  ms). Os analisadores de O<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub> foram calibrados, antes e imediatamente após a realização de cada teste, com mistura gasosa conhecida, em dois cilindros (O<sub>2</sub> = 11,9% e 20,9%), (CO<sub>2</sub> = 5,09%), e balanceada com nitrogênio (N<sub>2</sub>), com a utilização da própria composição do ar atmosférico (**Albouaini et al. 2007**). As variáveis ventilatórias foram registradas instantaneamente e depois calculadas para o tempo médio de dez segundos (**Carey et al. 2005**).

Os atletas posicionaram-se na esteira com um capacete no qual se acoplou um bocal esterilizado. Vedou-se o nariz com um prendedor, com o objetivo de captar o ar atmosférico para a análise dos gases pelos sensores de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. A técnica de amostragem respiração-a-respiração avaliou a quantidade de O<sub>2</sub> consumida, resultante da diferença entre o O<sub>2</sub> inspirado, constante na atmosfera, e a quantidade de O<sub>2</sub> expirado além da produção de CO<sub>2</sub> (**Casaburi et al. 2003; Albouaini et al. 2007**). Durante todo o protocolo de teste, os gases expirados foram coletados e analisados a cada ciclo respiratório.

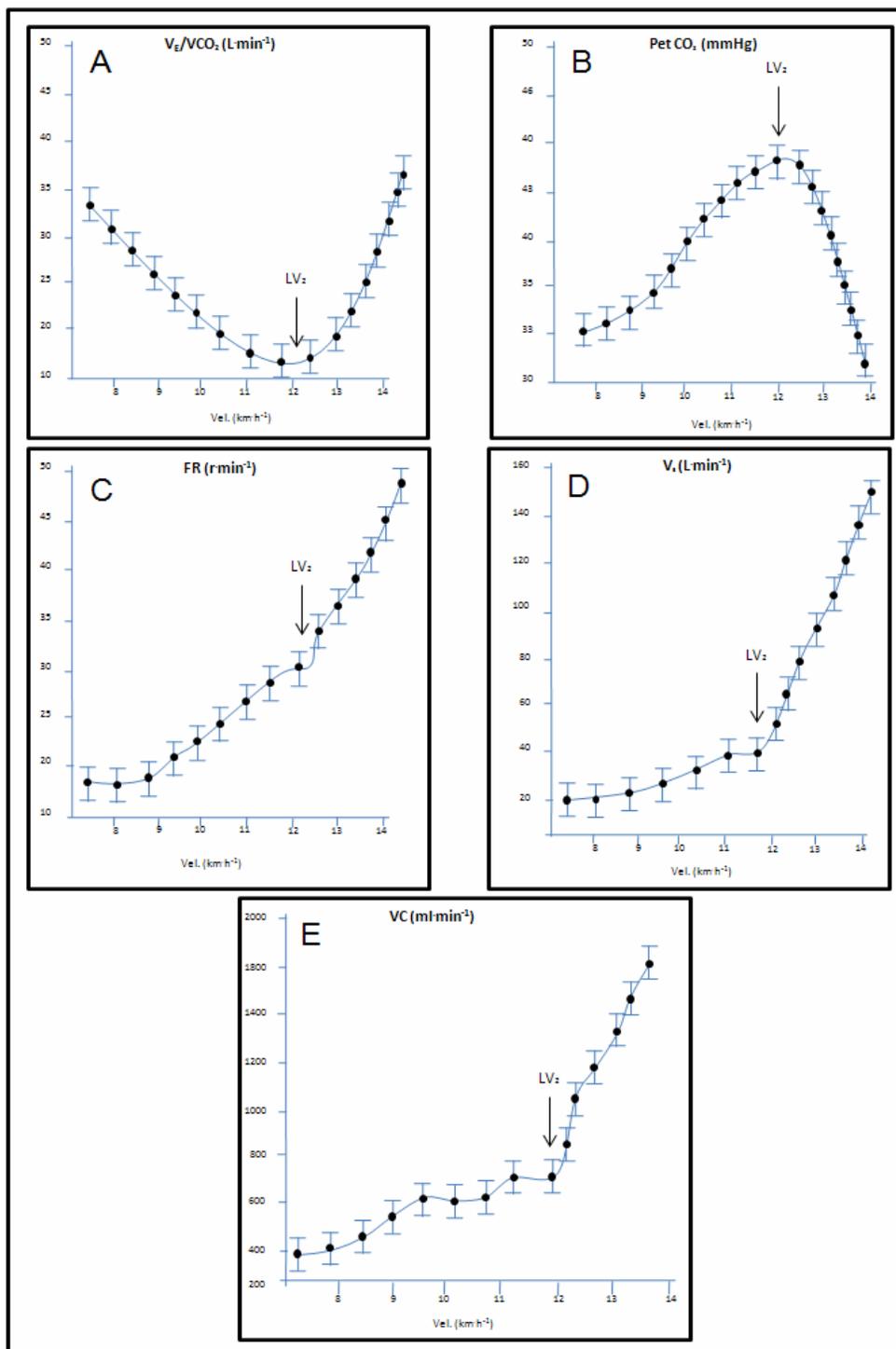
#### 5.4.1 – Parâmetros avaliados

Avaliaram-se, em repouso e no esforço, a ventilação pulmonar ( $V_E$  BTPS), a frequência respiratória (FR), o volume corrente (VC), o consumo de oxigênio ( $VO_2$  STPD), a produção dióxido de carbono ( $VCO_2$  STPD), o quociente respiratório ( $QR=VCO_2/VO_2$ ), o equivalente ventilatório de dióxido de carbono ( $V_E/VCO_2$ ) e a pressão expirada final de dióxido de carbono ( $PETCO_2$ ).

Determinaram-se, no esforço, o limiar ventilatório dois ( $LV_2$  - momento de transição da passagem do metabolismo aeróbio para o anaeróbio, **Bhambhany e Singh, 1985**) e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ). Nesses dois momentos, avaliaram-se o  $VO_2$  no  $LV_2$  e o tempo de tolerância para se atingir o  $LV_2$ , denominados de  $VO_2LV_2$  e  $TTLV_2$ , respectivamente, enquanto no esforço máximo avaliou-se o tempo de tolerância máxima (TTMAX) e o  $VO_{2max}$ .

Os painéis A, B, C e D vistos na figura 5 mostram como o  $LV_2$  foi determinado, seguindo os seguintes critérios: 1) perda da linearidade da relação entre ventilação pulmonar ( $V_E$ ) e a produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), verificada a partir do menor equivalente ventilatório de dióxido de carbono ( $V_ECO_2$ ) (quando era atingido o valor mais baixo de  $V_ECO_2$ ) antes de começar a aumentar (**Bhambhany e Singh, 1985**); 2) verificação do maior valor da pressão expirada de dióxido de carbono ( $PETCO_2$ ), precedendo sua queda abrupta (valor mais alto de  $PETCO_2$ ) antes de começar a sua diminuição (**Bhambhany e Singh, 1985**); 3) abrupto aumento da frequência respiratória [FR] (**James et al. 1989**); 4) platô do volume corrente [VC]

(Carey et al. 2005) e 5) incremento abrupto da ventilação pulmonar [ $V_E$ ] (Wasserman, 1987).



**Figura 5** – Comportamento dos parâmetros ventilatórios utilizados na determinação do limiar ventilatório dois (LV<sub>2</sub>) dos jogadores de futebol durante esforço progressivo na esteira. Painéis: A = equivalente de dióxido de carbono ( $V_E/VCO_2$ ); B = pressão expirada final de dióxido de carbono (PETCO<sub>2</sub>); C = frequência respiratória (FR); D = ventilação pulmonar ( $V_E$ ); E = volume corrente

O  $\text{VO}_2\text{max}$  ocorreu, quando os futebolistas atingiam pelo menos três dos seguintes critérios de validação fisiológica: 1) platô do  $\text{VO}_2$ , quando não era verificado aumento no  $\text{VO}_2$  maior que  $2,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  para incremento de 5% a 10% na mudança de velocidade de corrida em cada estágio do teste (**Shephard, 1971**); 2) quociente respiratório (QR) máximo, igual ou superior a 1.10 (**Dupont et al. 2005; Lucía et al. 2006**); 3) frequência cardíaca (FC) máxima, igual ou superior a 95% da resposta cronotrópica máxima predita para a idade, de acordo com a equação de Tanaka [ $208 - (0,7 \times \text{idade})$ ] (**Tanaka et al. 2001**); 4) valor igual ou superior a 18 na escala de percepção subjetiva de cansaço de Borg (**ACSM, 2000**) e 5) sinais de cansaço extremo como: (i) intensa hiperpnéia, (ii) suor excessivo, (iii) rubor facial ou (iv) dificuldade de manter coordenação motora adequada com o incremento de velocidade da esteira rolante (**Armstrong e Welsmann, 2000; ACSM, 2000**). Como critério subjetivo, a escala de Borg de percepção de cansaço foi utilizada em todos os testes como meio de complementar a monitoração da intensidade do exercício (**ACSM, 2000**).

O critério de tolerância máxima ao esforço foi determinado pelo tempo de duração do teste, medido a partir da velocidade de  $8,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  e foi denominado de TTMAX.

Avaliou-se o tempo de tolerância para se atingir o  $\text{LV}_2$  e o tempo máximo de teste (TTMAX) para se atingir o  $\text{VO}_2\text{max}$ . Além disso, registrou-se a percepção subjetiva de cansaço desde o início até o fim do teste.

Utilizaram-se, para comparação dos dados avaliados, como preditores de tolerância ao esforço em condição submáxima, o tempo de tolerância até o LV<sub>2</sub> (TTLV<sub>2</sub>) e o consumo de oxigênio no LV<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub>). Em relação à condição máxima verificaram-se os tempos de tolerância máxima ao esforço (TTMAX) e o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) no pico do esforço.

### 5.5 – Análise Estatística

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov – Smirnov (**Massey, 1951**). Posteriormente, procedeu-se a uma análise descritiva dos valores, calculando-se média, desvio-padrão, erro padrão-médio, intervalo de confiança, valores mínimos e máximos das variáveis: idade, massa corpórea e estatura. No exercício de intensidade submáxima (LV<sub>2</sub>) e máxima, realizou-se a análise das variáveis VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub>, TTLV<sub>2</sub>, TTMAX e VO<sub>2</sub>max, verificando-se a relação existente entre elas: i) TTMAX vs. VO<sub>2</sub>max; ii) VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub> vs. VO<sub>2</sub>max; iii) TTLV<sub>2</sub> vs. VO<sub>2</sub>max; iv) TTLV<sub>2</sub> vs. VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub> e v) TTLV<sub>2</sub> vs. TTMAX, sendo utilizados análise de regressão simples e o coeficiente de correlação de Pearson (*R*).

Para todas as variáveis estudadas, adotou-se um nível de significância para rejeição da hipótese de nulidade inferior a 5% [*p* < 0,05] e um intervalo de confiança de 95% (**Conover, 1997**).

# RESULTADOS

**“Se soubéssemos o que estamos fazendo, não seria  
chamado de pesquisa“**

**Albert Einstein**

## 6 – RESULTADOS

**TABELA 2** – VALORES DESCRITIVOS DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO, DO TEMPO DE TOLERÂNCIA MÁXIMA, DO CONSUMO DE OXIGÊNIO E DO TEMPO DE TOLERÂNCIA AO EXERCÍCIO NO LIMIAR VENTILATÓRIO DOIS DOS JOGADORES DE FUTEBOL (N = 60).

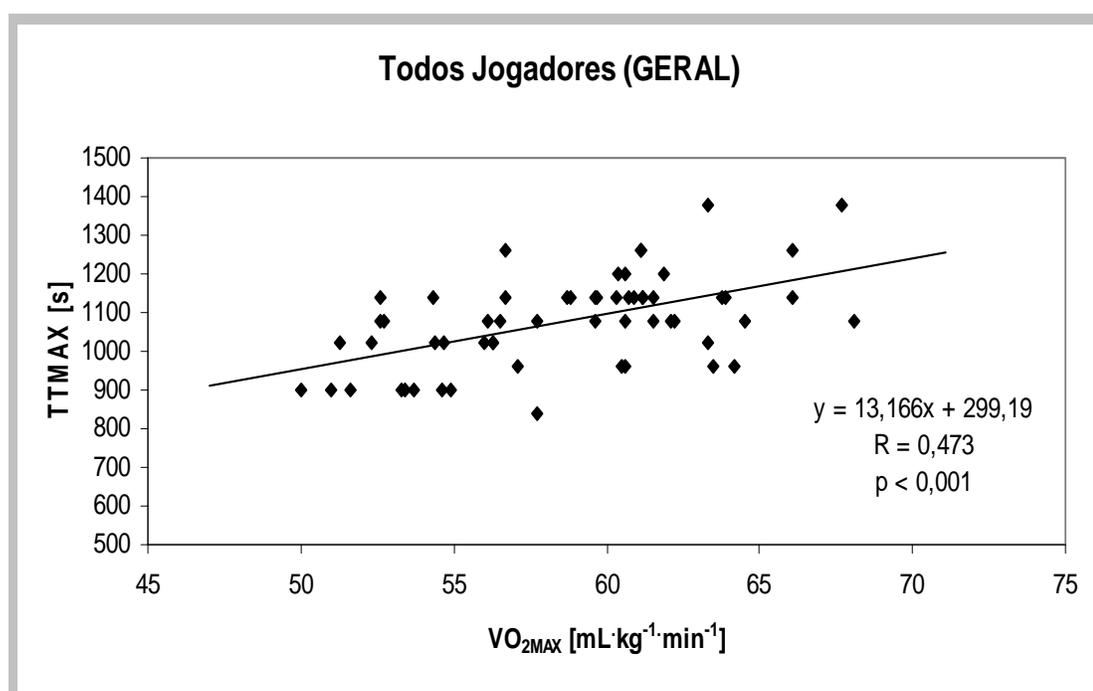
ESTATÍSTICA DESCRITIVA	VO <sub>2</sub> max (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	TTMAX (s)	VO <sub>2</sub> LV <sub>2</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	TTLV <sub>2</sub> (s)
<b>M</b>	<b>58,8</b>	<b>1073</b>	<b>49,6</b>	<b>713</b>
<b>DP</b>	<b>4,48</b>	<b>124,5</b>	<b>4,96</b>	<b>106,0</b>
<b>EPM</b>	<b>0,58</b>	<b>16,08</b>	<b>0,64</b>	<b>13,69</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>50,0</b>	<b>780</b>	<b>37,0</b>	<b>540</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>68,1</b>	<b>1380</b>	<b>58,2</b>	<b>960</b>
<b>IC (95%)</b>	<b>57,6 ; 59,9</b>	<b>1041; 1105</b>	<b>48,3 ; 50,9</b>	<b>685 ; 740</b>
<b>N</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>

M = Média; DP = Duplo Produto; EPM = Erro Padrão da Média; IC = Intervalo de Confiança e N = Tamanho da amostra.

A **tabela 2** apresenta a média dos valores para as variáveis VO<sub>2</sub>max, TTMAX, VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub> e o TTLV<sub>2</sub> como também os valores máximos e mínimos.

**RELAÇÃO: TTMAX vs. VO<sub>2</sub>max****TABELA 3 – CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR ENTRE O TEMPO DE TOLERÂNCIA MÁXIMA AO EXERCÍCIO E O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO DOS JOGADORES DE FUTEBOL (N = 60).**

VARIÁVEIS		CORRELAÇÃO	REGRESSÃO LINEAR
Y	X		
TTMAX	VO <sub>2</sub> max	R = 0,473	y = 13,166 x + 299,19
(s)	(mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	p < 0,001	

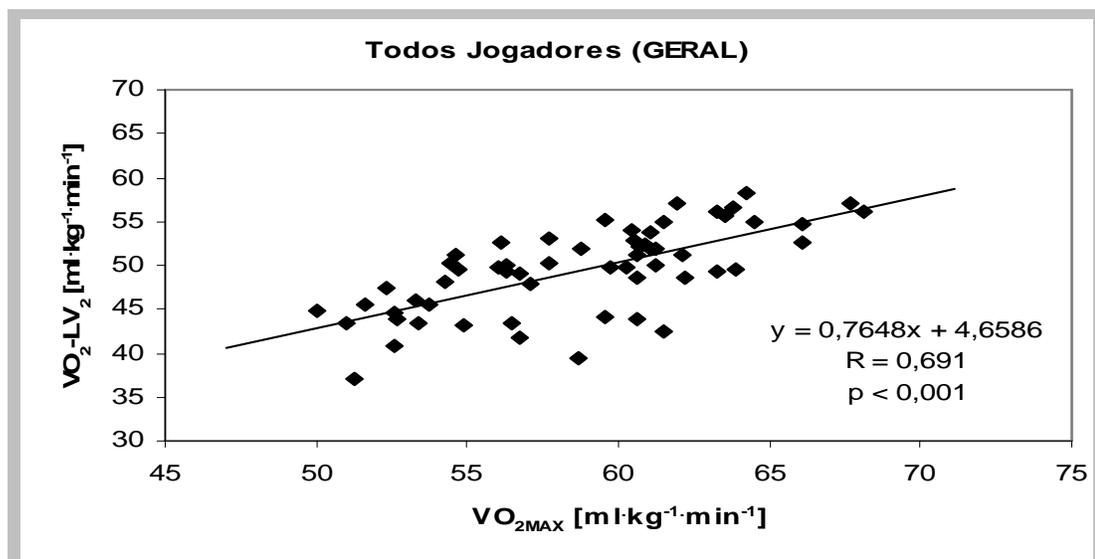
**FIGURA 6 –** Diagrama de dispersão com regressão linear entre o tempo de tolerância máxima (TTMAX), durante exercício, em função do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) em todos os jogadores de futebol (n = 60).

A tabela 3 e figura 6 mostram a correlação e regressão linear entre TTMAX (s) vs. VO<sub>2</sub>max (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) que mostrou correlação significativa [R = 0,473; p < 0,01].

**RELAÇÃO:  $VO_2LV_2$  vs.  $VO_2max$** 

**TABELA 4 – CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR ENTRE O CONSUMO DE OXIGÊNIO NO LIMAR VENTILATÓRIO DOIS E O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO DOS JOGADORES DE FUTEBOL (N = 60).**

VARIÁVEIS		CORRELAÇÃO	REGRESSÃO LINEAR
Y	X		
$VO_2LV_2$	$VO_2max$	$R = 0,691$	$y = 0,7648x + 4,6586$
$(mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})$		$(mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})$	$p < 0,001$

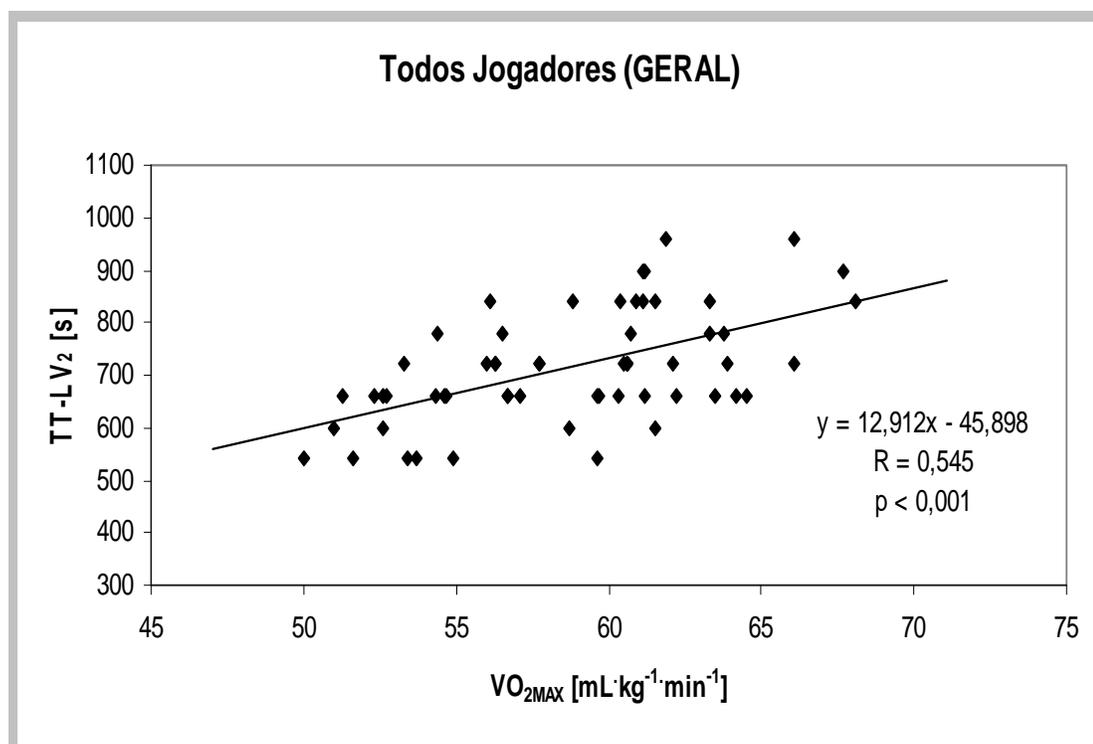


**FIGURA 7 –** Diagrama de dispersão com regressão linear entre o consumo de oxigênio no limiar ventilatório dois ( $VO_2LV_2$ ), durante exercício, em função do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2max$ ) em todos os jogadores ( $n = 60$ )

A tabela 4 e a figura 7 mostram a correlação e regressão linear  $VO_2LV_2$  ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) vs.  $VO_2max$  ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Há correlação significativa [ $R = 0,691$ ;  $p < 0,01$ ].

**RELAÇÃO: TTLV<sub>2</sub> vs. VO<sub>2</sub>max****TABELA 5 – CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR ENTRE O TEMPO DE TOLERÂNCIA NO LIMAR VENTILATÓRIO DOIS E O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO DOS JOGADORES DE FUTEBOL (N = 60).**

VARIÁVEIS		CORRELAÇÃO	REGRESSÃO LINEAR
Y	X		
TTLV <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub> max	R = 0,545	y = 12,912 x + 45,898
(s)	(mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	p < 0,001	

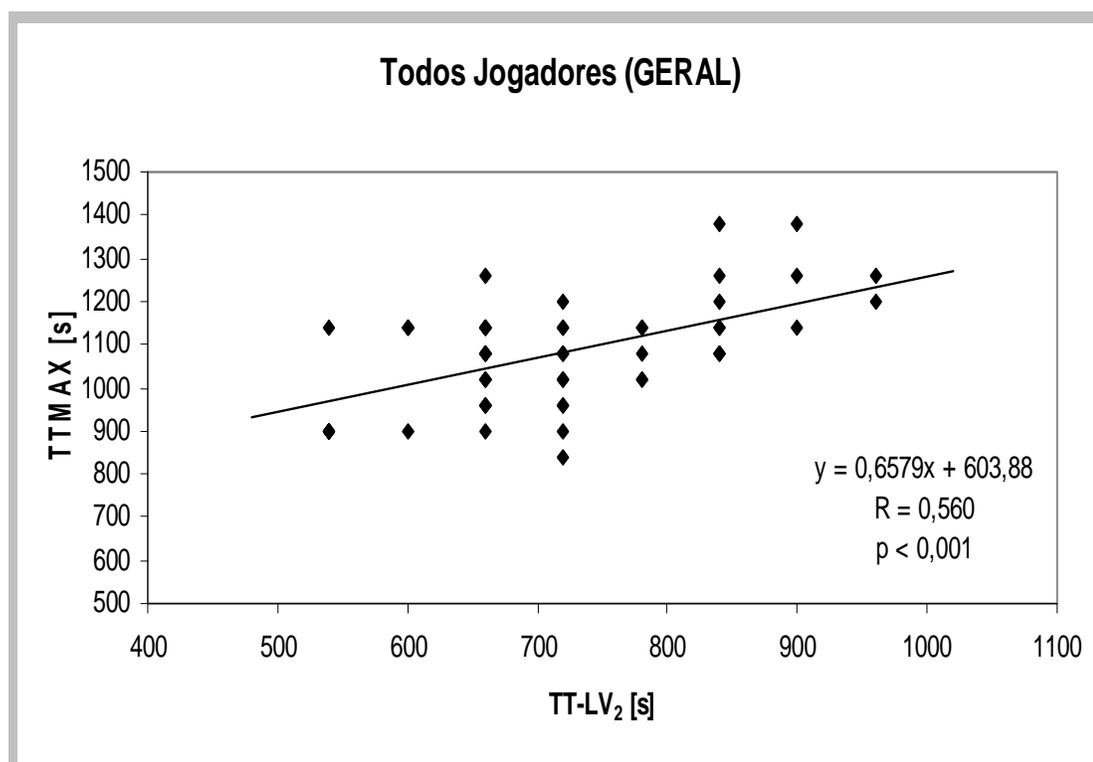
**FIGURA 8 – Diagrama de dispersão com regressão linear entre o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois (TTLV<sub>2</sub>), durante exercício, em função do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) em todos os jogadores de futebol (n = 60).**

A tabela 5 e figura 8 mostram a correlação e regressão linear entre TTLV<sub>2</sub> (s) vs. VO<sub>2</sub>max(mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) [R = 0,545; p < 0,01]. Há correlação significativa.

**RELAÇÃO: TTMAX vs. TTLV<sub>2</sub>**

**TABELA 6 – CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR ENTRE O TEMPO DE TOLERÂNCIA MÁXIMA AO EXERCÍCIO E O TEMPO DE TOLERÂNCIA NO LIMAR VENTILATÓRIO DOIS DOS JOGADORES DE FUTEBOL (N = 60).**

VARIÁVEIS		CORRELAÇÃO	REGRESSÃO LINEAR
Y	X		
TTMAX	TTLV <sub>2</sub>	R = 0,560	y = 0,6579 x + 603,88
(s)	(s)	p < 0,001	



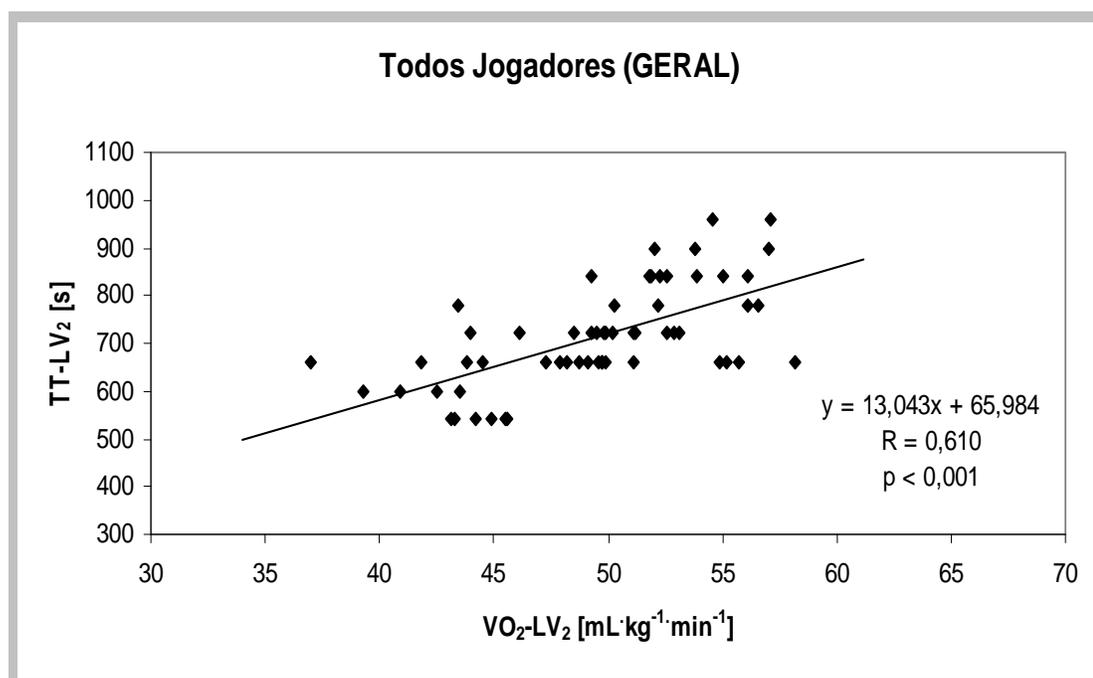
**FIGURA 9 –** Diagrama de dispersão com regressão linear entre o tempo de tolerância máxima (TTMAX) e o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois (TTLV<sub>2</sub>), durante exercício, em todos os jogadores de futebol (n = 60).

A Tabela 6 e a Figura 9 mostram a correlação e regressão linear entre TTMAX (s) vs. TTLV<sub>2</sub> (s) [R = 0,560;p < 0,01], que se mostrou significativa.

**RELAÇÃO: TTLV<sub>2</sub> vs. VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub>**

**TABELA 7 – CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR ENTRE O TEMPO DE TOLERÂNCIA NO LIMIAR VENTILATÓRIO DOIS E O CONSUMO DE OXIGÊNIO NO LIMIAR VENTILATÓRIO DOIS DOS JOGADORES DE FUTEBOL (N = 60).**

VARIÁVEIS		CORRELAÇÃO	REGRESSÃO LINEAR
Y	X		
TTLV <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub> LV <sub>2</sub>	R = 0,610	y = 13,043 x + 65,984
(s)	(s)	p < 0,001	



**FIGURA 10 –** Diagrama de dispersão com regressão linear entre o tempo de tolerância no limiar ventilatório dois (TTLV<sub>2</sub>), durante exercício, e o consumo de oxigênio no limiar ventilatório dois (VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub>) em todos os jogadores de futebol (n = 60).

A Tabela 7 e Figura 10 mostram a correlação e regressão linear entre TTLV<sub>2</sub> (s) vs. VO<sub>2</sub>LV<sub>2</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) [R= 0,610; p < 0,001], que foi significante .

**TABELA 8** – CORRELAÇÃO VERIFICADA ENTRE O CONSUMO DE OXIGÊNIO NO LIMAR VENTILATÓRIO DOIS E O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO NAS POSIÇÕES DE ZAGUEIROS, LATERAIS, MEIO-CAMPISTAS E ATACANTES.

POSIÇÕES	R	P
Zagueiros (N = 14)	0,596	< 0,024 *
Laterais (N = 14)	0,574	< 0,032 *
Meio – Campistas (N = 19)	0,470	< 0,042 *
Atacantes (N = 13)	0,836	< 0,001 *

\* = significativo; N = Tamanho da amostra.

A **tabela 8** mostra correlação positiva da relação  $VO_2LV_2$  vs.  $VO_2max$  em todas as posições, indicando alto grau de dependência.

# DISCUSSÃO

# DISCUSSÃO

**“Que ninguém se engane, só se consegue a simplicidade  
através de muito trabalho“**

**Clarice Lispector**

## 7 – DISCUSSÃO

### 7.1 – Considerações iniciais

A longa duração de um jogo de futebol e a conseqüente demanda aeróbia dos jogadores ressaltam não só a importância da associação entre o  $LV_2$  e o  $VO_2\max$  como parâmetros fisiológicos de tolerância ao esforço, mas também para melhoria do condicionamento físico geral e específico em cada posição.

O futebol é praticado com deslocamentos rápidos e pode deixar a impressão de que o metabolismo aeróbio não é utilizado nesta característica de esforço. Pesquisas recentes, no entanto, demonstram que o metabolismo aeróbio é muito importante neste esporte (**Drust et al. 2007; Silva et al. 2008**), mas outros autores, entre os quais **Weineck (2000)**, acreditam que não há necessidade de ganhos elevados da potência aeróbia máxima ( $VO_2\max$ ) no futebol. Este último autor refere que o tempo disponível para as equipes treinarem é cada vez mais escasso e que o desenvolvimento do metabolismo aeróbio precisa de muito tempo, sendo pouco utilizado durante as partidas, pela própria especificidade do futebol, que é de deslocamentos intermitentes rápidos, nos quais o aumento de  $VO_2\max$  seria menos importante.

No presente estudo, dos 90 futebolistas avaliados, apenas 60 atingiram o valor de  $VO_2\max$  de  $50 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , considerado o valor mínimo aceitável de potência aeróbia máxima para jogadores de futebol de alto

rendimento (**Stolen et al. 2005**), 30 jogadores (33%) não atingiram o mínimo necessário. Fica evidente que, independentemente da posição, há necessidade de se avaliar e treinar o potencial aeróbio de cada um, pois este fator pode interferir no desempenho durante a partida.

Assim, o treinamento aeróbio é necessário, pois o jogo exige que o jogador seja capaz de realizar exercícios intensos e de se recuperar rapidamente, embora o  $VO_2\text{max}$  apresente um componente genético importante, só se consegue esta condição ótima para a prática do futebol, quando se faz treinamento aeróbio e anaeróbio de forma regular (**Krustrup et al. 2006**).

Nesse sentido, a produção de energia aeróbia é compensada com valores médios de frequência cardíaca (FC) entre 85 e 98% da reposta cardiovascular máxima (**Krustrup et al. 2006**), e a FC de um futebolista, durante a partida, raramente está abaixo de 65% da  $FC_{\text{max}}$ , sugerindo um alto transporte de oxigênio (**Krustrup et al. 2004**).

Contudo, a cinética de  $O_2$ , durante esforços intermitentes, é limitada por fatores locais e depende, dentre outros fatores, da capacidade oxidativa do músculo (**Krustrup et al. 2004**). Esta condição é melhorada com treinamento aeróbio intervalado de alta intensidade que, nos futebolistas, traz ganhos de 16% no  $LV_2$  e 10% no  $VO_2\text{max}$  em apenas oito semanas (**Helgerud et al. 2001**), mostrando que o tempo para se obter um bom condicionamento aeróbio cabe nos períodos regulares de rotina de treinamento de uma equipe e sua utilização deve ser preconizada no futebol de alto rendimento (**Helgerud et al. 2001**).

O futebol, um esporte intermitente de longa duração, precisa de resistência aeróbia, pois os futebolistas percorrem 11 km durante uma partida **(Di Salvo et al. 2007)**. A distância percorrida é praticamente igual nos dois tempos do jogo, mas a intensidade do deslocamento diminui no segundo tempo **(Di Salvo et al. 2007)**, mostrando que jogadores mais condicionados poderão manter níveis de alta intensidade por maior tempo.

Desse modo, a alta potência aeróbia representa uma vantagem nos esportes de resistência, sobretudo relacionada à utilização por mais tempo de uma maior fração do  $VO_2\text{max}$  ( $\%VO_2\text{max}$ ) associado com menor gasto energético de  $O_2$  numa determinada intensidade de esforço (economia de corrida [EC] eficiente) **(Daniels, 1985; Edwards et al. 2003)**. Mesmo que a avaliação da capacidade física de futebolistas na esteira ergométrica não seja específica, os valores de consumo de oxigênio no  $LV_2$  e a média do  $VO_2\text{max}$  do presente estudo **[tabela 2]** foram semelhantes àqueles verificados em futebolistas de alto nível avaliados com outros métodos **(Bangsbo, 1994; Arnason et al. 2004; Stolen et al. 2005)**.

## 7.2 – Interpretação do desempenho aeróbio submáximo e máximo

As características do futebol, longa duração e intermitência frequente de esforços na partida, causam uma demanda fisiológica multifatorial **(Stolen et al. 2005; Drust et al. 2007)** e fazem com que o futebolista, em comparação a outros esportistas, não tenha valores altos em sua

capacidade aeróbia (Reilly e Thomas, 1979; Bangsbo, 1994; Shephard, 1999).

A importância do  $LV_2$  e do  $VO_{2max}$  como parâmetros determinantes da capacidade aeróbia e desempenho dos atletas que participam de esportes de longa duração já é reconhecida há mais de dez anos (Cunningham, 1990; Morgan e Daniels, 1994). Todavia, o incremento de algumas variáveis (velocidade de corrida,  $VO_2$ , cinética de  $O_2$ , enzimas oxidativas, EC, diferença artério-venosa de  $O_2$ , etc) e as interferências destas sobre o  $LV_2$  e o  $VO_{2max}$  explica, em parte, a variação no desempenho de atletas desses esportes (Morgan e Daniels, 1994; Larsen, 2003).

Por outro lado, a relação do  $LV_2$  e do  $VO_{2max}$  precisa ser considerada como parâmetro de avaliação do desempenho do futebolista, ainda que se respeite a diferença dos esportes contínuos em relação aos intermitentes, como o futebol, (Helgerud et al. 2001; Krstrup et al. 2006), pela demanda metabólica relacionada à duração do jogo, pela necessidade de se restaurarem os fosfatos de alta energia e para aumentar a velocidade de remoção do lactato no sangue (Mc Millan et al. 2005; Krstrup et al. 2006).

### **7.3 – Desempenho do $VO_{2max}$ e do $LV_2$ no futebol**

#### **7.3.1 – Análise do $VO_{2max}$**

O futebol é um esporte aeróbio-anaeróbio e essa condição mista dificulta, de certa maneira, valores excepcionais de potência aeróbia máxima.

Há 32 anos, quando o futebol era mais lento, já se constatava a necessidade da alta capacidade cardiorrespiratória em jogadores de futebol (**Raven et al. 1976**). Em três décadas de futebol, o  $VO_{2max}$  dos jogadores aumentou 10% (**Diaz et al. 2003**). Os valores médios de  $VO_{2max}$  dos futebolistas são 20 a 25% mais baixos que em atletas de resistência aeróbia, conforme demonstraram **Stolen et al. 2005, Powers e Howley, 2007**.

O valor médio de  $VO_{2max}$  de  $58,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (**tabela 2**) verificado neste estudo é semelhante ao de outros estudos de várias partes do mundo (**Balikian et al. 2002; Stolen et al. 2005; Silva et al. 2008**), e a posição específica interfere no desempenho aeróbio submáximo e máximo dos jogadores de futebol (**Caru et al. 1970; Raven et al. 1976; Santos e Soares, 2001; Helgerud et al. 2001**).

No presente estudo, quando foi feita a correlação entre o  $VO_{2max}$  vs. TTMAX (**tabela 3 e figura 6**), em todos jogadores sem distinção de posição, houve correlação ( $p < 0,001$ ;  $R = 0,473$ ) no esforço máximo. Esses resultados mostram que há um mecanismo geral comum, para os ajustes cardiorrespiratórios e metabólicos ao esforço, em relação à tolerância e à potência aeróbia máxima dos jogadores. Este resultado é altamente sugestivo de que um eficiente metabolismo aeróbio é determinante da aptidão cardiovascular central, comprovando a primeira hipótese do estudo.

Desse modo, aumentar o débito cardíaco e, conseqüentemente, o índice de  $VO_{2max}$  significa incrementar o transporte de oxigênio para as compensações metabólicas relacionadas com a duração e intensidade máxima de exercício (**Helgerud et al. 2001; Helgerud et al. 2007**). O débito

cardíaco não é um fator limitante no aumento do  $VO_2\text{max}$ , pois não se observa platô no volume sistólico dos atletas com alto desempenho aeróbio (**Zhou et al. 2001; Helgerud et al. 2007**), ao contrário, há ocorrência de platô em indivíduos não-treinados (**Astrand et al. 2003**).

Em atletas bem treinados, o débito cardíaco aumenta em faixas mais elevadas de  $VO_2\text{max}$ , o que também é verificado em jogadores de futebol (**Helgerud et al. 2007**). Quando o volume sistólico é incrementado, o coração aumenta a eficiência numa determinada frequência de pulso. Como o débito cardíaco máximo é a relação entre a frequência cardíaca máxima e o volume sistólico, que é modificável pelo treinamento, o exercício aeróbio em jogadores de futebol deve ser realizado com a finalidade de aumentar o volume sistólico e o  $VO_2\text{max}$  (**Helgerud et al. 2007**).

Não há um fator único que limita o aumento do  $VO_2\text{max}$  e, sim, uma combinação de fatores de origem central e periférica responsáveis pelo ajuste fino dessa variável metabólica (**Helgerud et al. 2007; Esch et al. 2007**). As adaptações fisiológicas são mais eficientes em futebolistas com maiores níveis de capacidade aeróbia, melhorando a tolerância ao esforço e aumentando a distância percorrida ao final das partidas (**Smaros, 1980; Helgerud et al. 2001; Santos et al. 2001**).

No presente estudo, os valores médios do consumo de oxigênio no  $LV_2$  e a média do  $VO_2\text{max}$  [tabela 2] eram compatíveis com futebolistas de alto rendimento (**Arnason et al. 2004; Stolen et al. 2005**) e com uma boa capacidade aeróbia. Os resultados encontrados confirmam a boa condição dos atletas futebolistas, embora não tenhamos medido a distância percorrida,

considerada um bom marcador aeróbio. O consumo de O<sub>2</sub> submáximo no LV<sub>2</sub> e no VO<sub>2</sub>max relacionaram-se positivamente com os tempos de tolerância ao esforço em ambas as intensidades.

Deve-se considerar que o VO<sub>2</sub>max baixo torna-se um risco para o futebolista, ao disponibilizar pouco oxigênio para a produção de energia aeróbia, um componente central crucial para manter a demanda de esforço em estágios tardios da partida (**Bogdanis et al. 1996**). Contudo, esse não é o pensamento de **Santos (1999)** que afirma que o VO<sub>2</sub>max não tem força discriminativa no futebol. Ao contrário, nossos resultados mostram que o VO<sub>2</sub>max apresentou significativa ( $p < 0,001$ ) correlação com a tolerância ao esforço e que pode ser considerado um discriminador de aptidão funcional.

Assim, iniciar os treinamentos da temporada com níveis elevados de VO<sub>2</sub>max é uma vantagem importante, porque o ganho durante essa época é pequeno (**Casajus, 2001**). Os futebolistas de alto nível competitivo têm aumento de 3% -10% do VO<sub>2</sub>max após um período de condicionamento físico de quatro a 15 semanas (**Bangsbo, 1994; Helgerud et al. 2001; Silva et al. 2008**), e aqueles que apresentam índices elevados de VO<sub>2</sub>max mais cedo têm menor índice de fadiga (**Reilly, 1997; Helgerud et al. 2001**).

### 7.3.2 – Análise do LV<sub>2</sub>

Os parâmetros de desempenho submáximo são limitados por adaptações musculares periféricas relacionados com: i) gradientes de difusão; ii) níveis de enzimas mitocondriais e iii) densidade capilar (**Grassi,**

**2000).** O aumento do  $VO_2$  no  $LV_2$  constitui uma importante reserva submáxima que pode ser conseguida pelo treinamento aeróbio que leva ao aumento da capacidade de extração muscular de oxigênio **(Clausen et al. 1973; Saltin, 1977; Clausen, 1977).**

Durante um esforço de intensidade progressiva, quando se atinge o  $LV_2$ , verifica-se aumento desproporcional na produção de lactato, que excede a capacidade de tamponamento do sangue, diminuição do pH, aumento da relação lactato/piruvato e consequente fadiga periférica **(Reinhard et al. 1979).** A manutenção do pH é fundamental para a eficiência da contração muscular. A acidose causa acúmulo intracelular de prótons, retenção de  $Ca^{2+}$  pelo retículo sarcoplasmático, diminuição da potência muscular e fadiga periférica **(Hermansen, 1979, Nakamura e Schwartz, 1972).** A inibição da enzima glicolítica, provocada pela diminuição do pH, também leva à fadiga periférica, com diminuição do fluxo glicolítico e velocidade de produção de ATP **(Sahlin, 1992).**

Ainda, a menor função da membrana celular do sarcolema causa alterações no gradiente eletroquímico normal, inibição da bomba de sódio e potássio ( $Na^+/K^+$ ) e diminuição da transmissão do potencial de ação e frequência de contração, conduzindo à fadiga. No futebol, a manutenção da acidose interfere na produção de energia pela redução da taxa glicolítica e aumenta a fadiga muscular. Ao se atingir, precocemente, o  $LV_2$  e a acidose local, há deficiência no fornecimento de oxigênio diante do aumento da demanda energética muscular **(Wasserman et al. 1990).**

Desse modo, aumentar o  $LV_2$  do futebolista significa melhorar a tolerância ao exercício por mais tempo, sem fadiga e acidose precoce. O  $LV_2$  é o limite crítico de intensidade de exercício sobre o comando do metabolismo aeróbio. O aumento deste parâmetro indica um atleta mais resistente, capaz de se deslocar com mais rapidez e por mais tempo (**Costill et al. 1973; Morgan e Daniels, 1994; Helgerud et al. 2001**).

No presente estudo, as correlações entre o  $TTLV_2$  vs.  $VO_2LV_2$  (**tabela 7 e figura 10**),  $TTLV_2$  vs.  $TTMAX$  (**tabela 6 e figura 9**),  $TTLV_2$  vs.  $VO_2max$  (**tabela 5 e figura 8**) e o  $VO_2LV_2$  vs.  $VO_2max$  (**tabela 4 e figura 7**) foram significativas ( $p < 0,001$ ), sugerindo um alto grau de dependência entre elas. Uma das possíveis razões para essa resposta é o componente lento do  $VO_2$ . Quando se ultrapassa o  $LV_2$ , a cinética de  $O_2$  fica lenta, pela diminuição da atividade enzimática periférica mitocondrial, acidose, aumento de catecolaminas, maior intensidade de trabalho cardiorrespiratório, elevação na temperatura muscular e maior recrutamento das fibras musculares de contração rápida e, conseqüentemente, menor desempenho aeróbio nas atividades de longa duração (**Barstow, 1994; Gaesser e Poole, 1996**).

É importante destacar, ainda, que a energia aeróbia disponível depende da homeostase dos diversos fatores até se atingir o  $LV_2$  (**Whipp, 1994**). Quando se atinge precocemente o  $LV_2$ , em baixa intensidade de exercício, associado a um menor  $VO_2max$ , há maior gasto energético e fadiga, agravados pelo aumento precoce da ventilação pulmonar realizada pelos músculos respiratórios. O custo adicional de  $O_2$  nesta condição é de 8 a 16% sobre o  $VO_2max$  (**Legrand et al. 2007**). Portanto, quanto maior for o

aumento do  $VO_2$  central ( $VO_{2max}$  no pico do esforço) e o aumento do  $VO_2$  periférico ( $VO_2$  utilizado no  $LV_2$ ), maior será a oferta de oxigênio para os músculos respiratórios e locomotores, diminuindo a competição entre eles **(Legrand et al. 2007)**.

A resposta do  $VO_2$  no  $LV_2$  está associada ao mecanismo periférico de captação, transporte e utilização de  $O_2$  pelo músculo, portanto a extração eficiente de oxigênio está relacionada à maior capacidade oxidativa mitocondrial da massa muscular. Pode-se sugerir que este mecanismo periférico específico determinou a maior produção de energia aeróbia no  $LV_2$  e o aumento do tempo de tolerância ao exercício submáximo ( $TTLV_2$ ) dos jogadores. Além desse fato, a relação  $VO_2LV_2$  vs.  $VO_{2max}$  mostrou correlação significativa ( $p < 0,001$ ) **(tabela 8)** e foi um preditor estatisticamente significativo de tolerância em todas as posições, comprovando ainda mais a segunda hipótese levantada, mostrando que a melhor utilização de  $O_2$  no  $LV_2$  foi importante para todos os atletas independentemente das posições.

Tais constatações sugerem, significativamente, que há um grau de dependência da relação  $VO_2LV_2$  vs.  $VO_{2max}$  com o desempenho físico no futebol. Esta resposta representou um eficiente fornecimento de energia aeróbia ao músculo com o aumento da demanda energética **(Holloszy, 1967; Saltin, 1977; Saltin e Gollnick, 1983; Holloszy e Coyle, 1984; Dupont et al. 2005)** que pode ser atribuída ao efeito das adaptações metabólicas aeróbias na musculatura **(Clausen, 1977; Saltin, 1977; Hepple,**

**2000**) e indica maior eficiência periférica na utilização de O<sub>2</sub> na intensidade submáxima de esforço.

Na prática, jogadores que apresentam maior VO<sub>2</sub> no LV<sub>2</sub> utilizam maior fração de O<sub>2</sub> do seu VO<sub>2</sub>max durante a partida (esforços intermitentes), transportando mais O<sub>2</sub> ao músculo (**Bangsbo e Lindquist, 1992**). Os futebolistas bem preparados fisicamente mantêm deslocamentos em velocidade de corrida no LV<sub>2</sub> acima dos 14 km·h<sup>-1</sup>, que representa um consumo de oxigênio por volta de 50,5 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> durante a partida (**Kindermann et al. 1993; ACSM, 2000**). Os jogadores de futebol com esta condição física têm melhor aptidão funcional e mantêm a capacidade de se deslocar com velocidade e com recuperação rápida até o final da partida (**Reilly et al. 2000**).

Dois parâmetros submáximos, o LV<sub>2</sub> e a economia de corrida, precisam ser considerados no treinamento aeróbio (**Chamari et al. 2005**), ainda que o VO<sub>2</sub>max, um parâmetro central, seja considerado a variável fisiológica mais importante para descrever a quantidade de trabalho que um atleta futebolista consegue realizar durante uma partida de futebol (**Hoff et al. 2002**). A falta de treinamento aeróbio, no futebol, interfere na produção de energia oxidativa, importante na tolerância ao esforço na atividade intermitente. Nos esportes contínuos, utiliza-se o O<sub>2</sub> de maneira cíclica e linear; nos esportes de esforço intermitente, utiliza-se o O<sub>2</sub> de maneira acíclica e não linear, de acordo com a intensidade do deslocamento intermitente.

Nas atividades de maior intensidade, uma boa potência aeróbia atua no processo de restauração dos fosfatos de alta energia **(Tomlin e Wenger, 2001; Tomlin e Wenger, 2002)** e ajuda na melhora da acidose muscular e sanguínea, mantendo a capacidade de deslocamento do atleta por mais tempo.

O  $LV_2$  e o  $VO_{2max}$ , obtidos durante exercício submáximo e máximo pela ergoespirometria **(Astrand et al. 2003; Helgerud et al. 2007)**, e as medidas de  $LV_2$  em futebolistas de alto nível, mesmo quando feitas com outros métodos, foram semelhantes aos resultados encontrados neste estudo **(Chin et al. 1992; Bangsbo, 1994; Santos e Soares, 2001)**. A média de consumo de oxigênio no  $LV_2$ , constatada no presente estudo, estava 10% **[tabela 2]** acima do indicado para jogadores de alto rendimento **(Shephard, 1999)** e levemente superior à de jogadores dinamarqueses de alto nível **(Bangsbo, 1994)** e na fase de pré-treinamento **(Helgerud et al. 2001)**. Essa média de consumo mostrou-se também 12% maior do que o apresentado por futebolistas árabes **(Al – Hazzaa et al. 2001)**. O valor médio verificado no presente trabalho, porém, foi 12% mais baixo ( $55,4$  vs.  $49,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) em relação aos futebolistas noruegueses treinados com corridas intervaladas durante oito semanas **(Helgerud et al. 2001)**.

Em alguns estudos, que utilizam a velocidade de corrida no limiar anaeróbio, foram encontrados os seguintes valores: noruegueses:  $13,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  **(Helgerud et al. 2001)**, brasileiros  $13,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  **(Balikian et al. 2002)**, portugueses  $13,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  **(Santos e Soares, 2001)** e dinamarqueses  $14,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  **(Bangsbo, 1994)**. Nessas velocidades, o consumo de  $O_2$  estimado no

limiar anaeróbio é de 49,1 a 51,9 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (ACSM, 2000), muito semelhante aos do presente estudo, mostrando que os atletas estavam bem condicionados (49,6 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> no LV<sub>2</sub> [tabela 2]).

Um futebolista, para conseguir jogar com deslocamentos rápidos durante toda partida, deve ter o LV<sub>2</sub> próximo de 14 km·h<sup>-1</sup> e VO<sub>2</sub> 60 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (Bunc et al. 1992; Kindermann et al. 1993; ACSM, 2000). A boa aptidão aeróbia no LV<sub>2</sub> e uma potência aeróbia máxima, com elevados índices de VO<sub>2</sub>max, asseguram um maior desempenho cardiorrespiratório no futebol (Reilly et al. 2000). Os arranques e a resistência de velocidade, definidoras de um futebol rápido têm como base de aptidão as inúmeras adaptações fisiológicas provocadas pelo metabolismo aeróbio (Reilly e Thomas, 1976). Portanto, força e velocidade, tão exaltadas no futebol da atualidade, não podem ser consideradas prioridades absolutas, pois elas são tão importantes quanto a capacidade aeróbia no futebol.

O maior mérito deste estudo, ao contrário de outros que apenas mostraram isoladamente valores de VO<sub>2</sub>, FC, velocidade de corrida no limiar anaeróbio e o VO<sub>2</sub>max, foi demonstrar a interação entre aspectos centrais e periféricos, utilizando como sinalizadores o consumo de oxigênio no LV<sub>2</sub> e o VO<sub>2</sub>max, como preditores de tolerância ao esforço, e o risco destes parâmetros se apresentarem baixos em futebolistas.

Convém salientar que, apesar de os resultados desta pesquisa mostrarem informações importantes sobre a interação dos dois parâmetros (LV<sub>2</sub> e o VO<sub>2</sub>max) para o futebol, devem ser interpretados com cautela, já que são restritos à amostragem do grupo de jogadores deste estudo.

Entretanto, contemplaram-se conhecimentos para a melhor compreensão de fatores que interferem em dois parâmetros de desempenho em jogadores de futebol.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

**“Todo pensamento é solitário, mas sua realização é grupal, toda atitude é individual, mas sua construção é coletiva”**

**Jean – Luc Godard**

## 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Preparadores físicos e treinadores de futebol em todas as partes do mundo têm diferentes opiniões sobre o condicionamento físico nesse esporte. Muitos acreditam que corridas contínuas, como meio de treinamento aeróbio, interferem negativamente na velocidade do atleta, enquanto outros acreditam que, ao contrário, é a melhor forma de treinamento. Na opinião de alguns, o melhor modelo de treinamento é a realização de estímulos intermitentes de curta duração. Como o futebol é um esporte intermitente, com deslocamentos rápidos, a tendência do treinamento é direcionada, especificamente, para exercícios de velocidade, em detrimento de uma preparação aeróbia mais consistente (**Bloomfield et al. 2007**).

Não é de se estranhar que muitos jogadores de futebol apresentem um componente anaeróbio mais desenvolvido (**Silva et al. 1997**). Contudo, na experiência do autor deste estudo, ao longo de alguns anos no futebol de alto nível, a tolerância ao esforço tem relação direta com a potência aeróbia máxima. Assim, o futebolista necessita de um eficiente sistema transportador de oxigênio, ofertando ao músculo um maior abastecimento e extração de O<sub>2</sub> para a produção de energia aeróbia, necessária à tolerância de exercício intermitente de longa duração sem fadiga excessiva (**Reilly et al. 2000**). Todavia, a capacidade do músculo de gerar força muscular pode diminuir sensivelmente o esforço intermitente, quando o nível aeróbio do músculo é baixo, afetando a capacidade de trabalho, sobretudo nos 15 minutos finais da partida (**Reilly et al. 2008**).

Nesse sentido, diversos fatores agregados à baixa condição aeróbia podem ser considerados. A diminuição das reservas de glicogênio muscular, o desequilíbrio hidroeletrolítico, a fadiga central por diminuição do impulso nervoso etc. Todas essas alterações afetam o desempenho muscular e, além disso, aumentam a predisposição para lesões **(Reilly et al. 2008)**. Preventivamente, uma das estratégias para diminuir os efeitos da fadiga no futebolista é o treinamento de resistência, objetivando o aprimoramento do metabolismo aeróbio **(Reilly et al. 2008)**.

A proposta deste estudo foi demonstrar que o  $LV_2$  e o  $VO_{2max}$  em jogadores de futebol não poderiam ser dissociados, pois tinham a mesma importância como preditores de tolerância ao esforço intermitente. Os resultados demonstraram que as hipóteses aventadas estavam corretas. Portanto, sob o ponto de vista fisiológico central e periférico, alguns dos efeitos sabidamente provocados pelo treinamento aeróbio como: aumento do débito cardíaco, aumento no tamanho e eficiência do conteúdo mitocondrial e aumento nas enzimas oxidativas permitem-nos considerar o treinamento aeróbio decisivo para a formação de energia e melhora do rendimento físico no futebol **(Hepple, 2000; Helgerud et al. 2001)**.

Os estímulos anaeróbios aláticos e lácticos, inquestionavelmente, são de grande importância no futebol em momentos agudos da partida, mas os estímulos aeróbios não podem ser ignorados, pois são importantes não somente na capacidade de tolerar exercício de longa duração, mas também na realização de estímulos repetidos e curtos em alta intensidade **(Helgerud et al. 2001)**.

O estudo foi realizado por meio de testes em laboratório de fisiologia, utilizando esteira ergométrica, portanto não específico com relação à metodologia de campo. Não avaliamos a EC (a relação do custo energético de O<sub>2</sub> por metro percorrido de corrida para uma determinada intensidade de trabalho), já que a EC é considerada um parâmetro de capacitação aeróbia.

Entretanto, esse parâmetro melhora com o tempo de treinamento e é normalmente maior durante a temporada competitiva, fase em que os jogadores deste estudo se encontravam (**Helgerud et al. 2001**). Ainda que o ambiente e a metodologia utilizados tenham sido inespecíficos, ou seja, o laboratório em vez do campo, e possam ter traduzido certa limitação ao estudo, a necessidade do controle rigoroso e a precisão das medidas avaliadas foram decisivas para a escolha deste ambiente na avaliação das hipóteses aventadas pelo estudo.

A capacidade aeróbia dos jogadores de futebol, segundo alguns autores (**Reilly, 2000; Helgerud et al. 2001**), interfere substancialmente no desempenho técnico e tático, e sua avaliação periódica é essencial durante a temporada. A utilização de métodos de treinamentos que possam, num pequeno período de tempo, aprimorar qualidades físicas e desenvolver o condicionamento físico deve ser incentivada (**Farquhar et al. 2002**). A velocidade das adaptações fisiológicas obtidas pelo treinamento intervalado aeróbio, com efeitos centrais e periféricos, em curto período de tempo, sugere que essa modalidade de treinamento seja adotada como modelo padrão de preparação física para atender às exigências aeróbias do futebol da atualidade.

Há tendência dos treinadores, no futebol atual, em preferir jogadores polivalentes, que tenham grande capacidade funcional e dominem ações defensivas e ofensivas nos diferentes setores do campo, porém eles devem conferir também a necessidade de um maior condicionamento físico aeróbio.

Nesse contexto, o suporte do metabolismo aeróbio é fundamental. Assim, sugere-se que treinadores e atletas passem a dar maior atenção ao padrão aeróbio do futebol, já que nele reside o alicerce para um melhor rendimento físico.

# CONCLUSÕES

# CONCLUSÕES

**“Seja qual for sua profissão seja um prático – teórico, pois nós vemos o  
que as teorias e conhecimentos nos permitem ver“**

**Karl Popper**

## 9 – CONCLUSÕES

1) O  $VO_2\text{max}$ , como parâmetro central, é necessário, em índices maiores, para atender à longa duração do esforço, pois ele demonstrou relação com o TTMAX.

2) O  $LV_2$ , como parâmetro periférico, exige maior índice de consumo de oxigênio nesse instante, em relação à potência aeróbia máxima ( $VO_2\text{max}$ ), para que o músculo possa produzir e tolerar por mais tempo trabalho, sem entrar precocemente em estado de acidose metabólica descompensada, já que ele mostrou relação com o TTLV<sub>2</sub>.

3) Todas as posições demonstraram significativo grau de dependência entre o consumo de oxigênio no  $LV_2$  ( $VO_2LV_2$ ) em relação à potência aeróbia máxima ( $VO_2\text{max}$ ).

# REFERÊNCIAS

**“Felicidade é a certeza de que nossa vida não está se passando inutilmente”**

**Érico Veríssimo**

**10 – REFERÊNCIAS**

- 1) Albouaini K, Egred M, Alahmar A, Wright DJ. Cardiopulmonary exercise testing and its application. **Heart. 2007; 93 (10): 1285 – 92.**
  
- 2) Al – Hazzaa HM, Almuzaini KS, Al – Refaee SA, Sulaiman MA, Dafterdar MY, Al – Ghamedi, et al. Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. **J Sports Med Phys Fitness. 2001; 41(1): 54 – 61.**
  
- 3) ACSM – American College of Sports Medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6<sup>th</sup> ed. Baltimore, Md: Lippincott Williams & Wilkins, **2000.**
  
- 4) Andersen JL, Bangsbo J, Klitgaard H, Saltin B. Changes in short-term performance and muscle fiber – type composition by strength training on elite soccer players. Abstract from the 2<sup>nd</sup> World Congress on Science and Football, 22 – 25 May, 1991, Eindhoven, The Netherlands.
  
- 5) Andreacci JL, LeMura LM, Cohen SL, Urbansky EA, Chelland SA, Duvillard SPV. The effects of frequency of encouragement on desempenho during maximal exercise testing. **J Sports Sci. 2002; 20 (4): 345 – 52.**

- 6) Appleby J, Street A. Health system goals: life, death and football. **J Health Serv Res Policy. 2001; 6(4): 220 – 5.**
  
- 7) Armstrong N, Welsman JR. Aerobic fitness. In: Armstrong N and van Mechelen W (eds.) Paediatric exercise science and medicine. Oxford University Press, Oxford, UK, **2000: 65 – 75.**
  
- 8) Arnason A, Sirgurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. **Med Sci Sports Exerc. 2004; 36: 278 – 85.**
  
- 9) Astrand PO, Rodahl K, Dahl HA. **Textbook of work physiology: physiological bases of exercise.** Windsor (Canada): Human Kinetics, **2003.**
  
- 10) Aziz AR, Chia M, Teh KC. The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. **Sports Med Phys Fitness. 2000; 40 (3): 195 – 200.**
  
- 11) Aziz AR, Mukherjee S, Chia MY, The KC. Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. **Sports Med Phys Fitness. 2007; 47 (4): 401 – 407.**

- 12) Balikian P, Lourenção A, Ribeiro LFP, Festuccia WTL, Neiva CM. Consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio de jogadores de futebol: comparação entre as diferentes posições. **Rev Bras Med Esporte. 2002; 2 (8): 32 – 36.**
- 13) Bangsbo J, Michalsik L. Assessment and physiological capacity of elite soccer players. In: Spinks W, Reilly T, Murphy A (eds). Science and Football IV. London: Routledge. **2002; 53 – 62.**
- 14) Bangsbo J, Mizuno M. Morphological and metabolic alterations in soccer players with detraining and retraining and their relation to performance. In: Reilly T., Lees A., Davids K, e Murphy WJ. (eds). Science and Football, pp 114 – 124. E. & F.N. Spon, London/New York, **1988.**
- 15) Bangsbo J. The physiology soccer: with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiol Scand. 1994; 15 (suppl. 619): 1 – 156.**
- 16) Bangsbo J, Lindquist F. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. **Int J Sports Med. 1992; 13: 152 – 57.**

- 17) Barstow TJ. Characterization of  $\text{VO}_2$  kinetics during heavy exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 1994; 26: 1327 – 34.
- 18) Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Med Sci Sports Exerc.** 2000; 32: 70 – 84.
- 19) Bhambhani Y, Singh M. Ventilatory thresholds during a graded exercise test. **Respiration.** 1985; 47: 120 – 28.
- 20) Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT. The relationship between plasma lactate parameters,  $W_{\text{peak}}$  and 1-h cycling performance in women. **Med Sci Sports Exerc.** 1998; 30: 1270 – 75.
- 21) Bloomfield J, Polman R, O'Donoghue P. Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. **J Sports Sci Med.** 2007; 6: 63 – 70.
- 22) Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis LH, Lakomy HK. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **J Appl Physiol.** 1996; 80: 876 – 84.

- 23) Bouchard C, Perusse L. Heredity, activity level, fitness and health. In: **Physical activity, fitness and health**. Champaign, IL, Human Kinetics, **1994**.
- 24) Bouchard C, Dionne FT, Simoneau JA, Boulay MR. Genetics of aerobic and anaerobic performances. **Exerc Sport Sci Rev. 1992; 20:27 – 58**.
- 25) Borg GAV. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. **Scand J Rehabil Med. 1970; 2: 92 – 6**.
- 26) Bunc V, Heller J, Prochazka L. Physiological characteristics of elite Czechoslovak footballers. In: Final program and abstracts book. Second World Congress on Science and Football. Held in Eindhoven, the Netherlands, p. 149, 22-25, May 1991. **J Sports Sci. 1992; 10: 139 – 205**.
- 27) Brettoni M, Alessandri F, Cupelli V. Anaerobic threshold in runners and cyclists. **J Sports Med Phys Fit. 1989; 29; 230 – 33**.
- 28) Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. **J Sports Med Phys Fitness. 2001; 41(4): 463 – 9**.

- 29) Carey DG, Hughes JM, Raymond RL, Pliego GJ. The respiratory rate as a marker for the ventilatory threshold: comparison to other ventilatory parameters. **JEPonline. 2005; 8 (2): 30 – 8.**
- 30) Caru B, Le Coultre L, Aghemo P, Pinera-Limas F. Maximal aerobic and anaerobic muscular power in football players. **J Sports Med. 1970; 10: 100 – 3.**
- 31) Casaburi R, Marciniuk D, Beck K, Zaballos J, Swanson G, Myers J, Sciurba F. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. **Am J Respir Crit Care Med. 2003; 167 (2): 211 – 77.**
- 32) Castagna C, D'Ottavio S, Abt G. Activity profile of young soccer players during actual match play. **J Strength Cond Res. 2003; 17: 775 – 80.**
- 33) CBFNEWS. The official website of the Brazilian soccer confederation. Rio de Janeiro, Brasil Inc. 2006-07 [updated in **2007**; Mar 04] available at: [www.cbfnews.uol.com.br](http://www.cbfnews.uol.com.br)

- 34) Chamari K, Moussa-Chamari I, Boussaidi L, Hachana Y, Kaouech F, Wisloff U. Appropriate interpretation of aerobic capacity: Allometric scaling in adult and young soccer players. **Br J Sports Med.** 2005; **39**: 97 – 101.
- 35) Chin MK, Lo YS, Li CT, So CH. Physiological profiles of Hong Kong elite soccer players. **Br J Sports Med.** 1992; **26 (4)**: 262 – 66.
- 36) Clausen JP. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. **Physiol Rew.** 1977; **57 (4)**: 779 – 815.
- 37) Clausen JP, Klausen K, Rasmussen B, Trap-Jensen J. Central and peripheral circulatory changes after training of arms or legs. **Am J Physiol.** 1973; **225**: 675 – 82.
- 38) Conover WJ. Practical nonparametric statistics. 2 ed. New York: John Wiley & Sons; 1997.
- 39) Costill DL, Thomason H, Roberts E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. **Med Sci Sports.** 1973; **5**: 248 – 52.

- 40) Cottin F, Médigue C, Lopes P, Leprêtre PM, Heubert R, Billat V. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **Int J Sports Med.** 2007; **28(4): 287 – 94.**
- 41) Cunningham LN. Relationship of running economy, ventilatory threshold, and maximal oxygen consumption to running performance in high school females. **Res Q Exerc Sport.** 1990; **4: 369 – 74.**
- 42) Daniels JA. A physiologist's view of running economy. **Med Sci Sports Exerc.** 1985; **17: 332 – 8.**
- 43) Da Silva RC, Malina RM. Level of physical activity in adolescents from Niterói, Rio de Janeiro, Brazil. **Caderno de Saúde Pública.** 2000; **16(4): 1091 – 97.**
- 44) Diaz FJ, Montaña JG, Melchor MT, Garcia MR, Guerrero JH, Rivera AE, Tovar JA, Moreno MF. Changes of physical and functional characteristics in soccer players. **Rev Invest Clin.** 2003; **55 (5): 528 – 34.**
- 45) Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon-Montero FJ, Bachl N, Pigozzi F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. **Int J Sports Med.** 2007; **28: 222 – 27.**

- 46) Donaldson SKB, Kerrick W, Hermansen L. Differential direct effects of  $H^+$  on  $Ca^{+2}$  activated form of skinned fibers from soleus, cardiac and adductor magnus muscles of rabbits. **Plugers Archiv. 1978; 376: 55 – 65.**
- 47) Drust B, Atkinson G, Reilly T. Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. **Sports Med. 2007; 37 (9): 783 – 805.**
- 48) Dupont G, Millet GP, Guinhouya C, Berthoin S. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprint. **Eur J Appl Physiol. 2005; 95 (1): 27 – 34.**
- 49) Edwards AM, Clark N, Macfadyen AM. Lactate and ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. **J Sports Sci Med. 2003; 2: 23 – 29.**
- 50) Eisenberg N, Zhou Q, Koler S. Brazilian adolescents, prosocial moral judgment and behavior: Relations to sympathy, perspective taking, gender-role orientation, and demographic characteristics. **Child Development. 2001; 72 (2): 518 – 34.**

- 51) Ekblom B. Applied physiology of soccer. **Sports Med.** 1986; 3(1): 50 – 60.
- 52) Esch BT, Bredin SS, Haykowsky MJ, Scott JM, Warburton DE. The potential role of the pericardium on diastolic filling in endurance-trained athletes under conditions of physiological stress. **Appl Physiol Nutr Metab.** 2007; 32 (2): 311 – 7.
- 53) Farquhar CM, Stryer D, Slutsky J. Translating research into practice: the future ahead. **Int J Qual Health Care.** 2002; 14: 233 – 49.
- 54) Faulkner J, Eston R. Overall and peripheral ratings of perceived exertion during a graded exercise test to volitional exhaustion in individuals of high and low fitness. **Eur J Appl Physiol.** 2007; 101 (5): 613 – 20.
- 55) FIFA – Federation of International Football Association (FIFA). Fédération Internationale de Football Association FIFA-Strasse 20,P.O. Box 8044 Zurich, Switzerland. [www.fifa.com/](http://www.fifa.com/) .The official web site. Zurich, 30 May 2007 – FIFA Survey: approximately 265 million of footballers, 2007.

- 56) Frost L, Vestergaard P. Alcohol and risk of atrial fibrillation or flutter. A cohort study. **Arch Inter Med.** 2004; 164: 1993 – 98.
- 57) Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exerc Sport Sci Rev.** 1996; 24: 35 – 71.
- 58) Grassi B. Skeletal muscle  $VO_2$  on-kinetics: set by  $O_2$  delivery or by  $O_2$  utilization? New insights into an old issue. **Med Sci Sports Exerc.** 2000; 32: 108 – 115.
- 59) Green S. Anthropometric and physiological characteristics of South Australian soccer players. **Aust J Sci Med in Sport.** 1992; 4(1): 3 – 7.
- 60) Helgerud J, Ingjer F, Stromme SB. Sex differences in performance-matched marathon runners. **Eur J Appl Physiol.** 1990; 61: 433 – 9.
- 61) Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Med Sci Sports Exerc.** 2001; 33 (11): 1925 – 31.
- 62) Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve  $VO_{2max}$  more than moderate training. **Med Sci Sports Exerc.** 2007; 39 (4): 665 – 71.

- 63) Hepple RT. Skeletal muscle: microcirculatory adaptation to metabolic demand. **Med Sci Sports Exerc.** 2000; 32: 117 – 23.
- 64) Hermansen L. Effect of acidosis on skeletal muscle performance during maximal exercise in man. Bulletin **Eur Physiopathologie Respiratoire.** 1979; 15: 229 – 38.
- 65) Hoff J, Wisloff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. **Br J Sports Med.** 2002; 36: 218 – 21.
- 66) Hoff J. Training and testing physical capacities for elite soccer players. **J Sports Sci.** 2005; 23 (6): 573 – 82.
- 67) Holloszy JO. Biochemical adaptations in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. **J Biol Chem.** 1967; 242: 2278 – 82.
- 68) Holloszy JO, Coyle EF. 1984. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. **J Appl Physiol.** 1984; 56: 831 – 38.

- 69) Hughes EF, Turner SC, Brooks GA. Effects of glycogen depletion and pedaling speed on anaerobic threshold. **J Appl Physiol.** 1982; 52(6): 1598 – 1607.
- 70) Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Rampinini E. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. **Int J Sports Med.** 2006; 27(6): 483 – 92.
- 71) Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffiuletti NA, Castagna C, Bizzini M, Wisloff U. Effects of aerobic training on the exercise-induced decline in short-passing ability in junior soccer players. **Appl Physiol Nutr Metab.** 2008;33(6):1192 – 8.
- 72) Ingemann-Hansen T, Halkjaer-Knstensen J. Force-velocity relationships in the human quadriceps muscles. **Scand J Rehabil Med.** 1979; 11: 85 – 89.
- 73) Jacobs I, Westlin N, Karlsson J, Rasmusson M, Houghton B. Muscle glycogen and diet in elite soccer players. **Eur J Appl Physiol.** 1982b; 48: 297 – 302.

- 74) James N, Adams G, Wilson A. Determination of the anaerobic threshold by ventilatory frequency. **Int J Sports Med.** 1989; 10 (3): 192 – 6.
- 75) Kemi OJ, Hoff J, Engen LC, Helgerud J, Wisloff U. Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. **J Sports Med Phys Fitness.** 2003; 43: 139 – 44.
- 76) Kindermann GW, Gabriel H, Coen B, Urhausen A. Sportmedizinische leistungsdiagnostik in fußball (sports medical performance diagnostic in football). **Deutsche Zeitschrift fur Sportmedizin.** 1993; 44: 232 – 36.
- 77) Krstrup P, Soderlund K, Mohr M, Bangsbo J. The slow component of oxygen uptake during intense sub-maximal exercise in man is associated with additional fibre recruitment. **Plugers Arch.** 2004; 447 (6): 855 – 66.
- 78) Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjker M, Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. **Med Sci Sports Exerc.** 2006; 38(6): 1165 – 74.
- 79) Kuzon WM Jr, Rosenblatt JD, Huebel SC, Leatt P, Plyley MJ, Jacobs I. Skeletal muscle fibre type, fibre size and capillary supply in elite soccer players. **Int J Sports Med.** 1990; 11: 99 – 102.

- 80) Kunz M. 265 million playing football. **FIFA Magazine. 2007: 10 – 15.**
- 81) Larsen HB. Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology: Part A Molecular & Integrative Physiology*, New York. **2003; 136 (1): 161 – 70.**
- 82) Legrand R, Marles A, Prieur F, Lazzari S, Blondel N, Mucci P. Related trends in locomotor and respiratory muscle oxygenation during exercise. **Med Sci Sports Exerc. 2007; 39 (1): 91 – 100.**
- 83) Lemmink KA, Visscher C. The relationship between the interval shuttle run test and maximal oxygen uptake in soccer players. **J Human Mov Stud. 2003; 45(3): 219 – 32.**
- 84) Lucía A, Rabadán M, Hoyos J, Hernandez-Capilla M, Chicharro JL, et al. Frequency of the VO<sub>2</sub>max plateau phenomenon in World class cyclists. **Int J Sports Med. 2006; 27: 1 – 9.**
- 85) Maguire J, Pearton R. The impact of elite labour migration on the identification, selection and development of European soccer players. **J Sports Sci. 2000; 18 (9): 759 – 69.**

- 86) Massey FJ. The Kolmogorov – Smirnov test for goodness of fit. **J A S A. 1951; 46 (253): 68 – 78.**
- 87) McMillan K, Helgerud J, MacDonald R, Hoff J. Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. **Br J Sports Med. 2005; 39: 273 – 77.**
- 88) Meckel Y, Machnai O, Eliakim A. Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. **J Strength Cond Res. 2009; 23(1): 163 – 9.**
- 89) Mitchell JH, Blomqvist G. Maximal oxygen consumption. **N Engl J Med. 1971; 284: 1018 – 22.**
- 90) Morgan DW, Daniels JT. Relationship between VO<sub>2</sub>max and the aerobic demand of running in elite distance runners. **Int J Sports Med. 1994; 7: 426 – 9.**
- 91) Morh M, Krustrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **J Sports Sci. 2003; 21(7): 519 – 28.**
- 92) Myers MG. Caffeine and cardiac arrhythmias. **Ann Intern Med. 1991; 114: 147 – 50.**

- 93) Nakamura YY, Schwartz A. The influence of hydrogen ion concentrations on calcium binding and release by skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. **J Gen Physiol.** 1972; 59: 22 – 32.
- 94) Novak LP, Bestit C, Mellerowicz H, Woodward WA. Maximal oxygen consumption, body composition and anthropometry of selected Olympic male athletes. **J Sports Med Phy Fit.** 1978; 18: 139 – 51.
- 95) Powers SK, Howley ET. Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance (6<sup>th</sup> edition). New York, NY: McGraw-Hill, 2007.
- 96) Rashid A, Hines M, Scherlag BJ, Yamanashi WS, Lovallo W. The effects of caffeine on the inducibility of atrial fibrillation. **J Electrocardiol.** 2006; 39(4): 421 – 5.
- 97) Rampinini E, Sassi A, Saai R, Impellizzeri FM. Variables influencing fatigue in soccer performance. International Congress on Sport Rehabilitation and Traumatology. The rehabilitation of sports muscular and tendon injuries. Milan, Italy, April 24 – 25, 2004.

- 98) Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. Variation in top level soccer match performance. **Int J Sports Med.** 2007; 28 (12): 1018 – 24.
- 99) Raven PB, Gettman LR, Pollock ML, Cooper KH. A physiological evaluation of professional soccer players. **Br J Sports Med.** 1976; 10(4): 209 – 16.
- 100) Reilly T, Drust B, Clarke N. Muscle fatigue during football match-play. **Sports Med.** 2008; 38(5): 357 – 67.
- 101) Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. **J Sports Sci.** 2000; 18 (9): 669 – 83.
- 102) Reilly T. Energetics of high – intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. **J Sports Sci.** 1997; 15: 257 – 63.
- 103) Reilly T, Thomas V. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. **J Hum Mov Stud.** 1976; 2: 87 – 97.
- 104) Reilly T, Thomas V. Estimated energy expenditures of professional association footballers. **Ergonomics.** 1979; 22: 541 – 48.

- 105) Reinhard U, Muller P, Schmulling R. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. **Respiration. 1979; 38: 36 – 42.**
- 106) Rost R, Hollmann W. Athlete's heart a review of its historical assessment and new aspects. **Int J Sports Med. 1983; 4(3): 147 – 165.**
- 107) Sahlin K. Metabolic factors in fatigue. **Sports med. 1992; 13: 99 – 107.**
- 108) Saltin B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake in athletes. **J Appl Physiol. 1967; 23: 353 – 58.**
- 109) Saltin B. The interplay between peripheral and central factors in the adaptive response to exercise and training. **Ann NY Acad Sci. 1977; 301 (1): 224 – 31.**
- 110) Saltin B, Gollnick PD. Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. In: L.D. Peachey (ed.) Handbook of Physiology, Sec. 10, Skeletal Muscle, Baltimore, MD: Williams and Wilkins; **1983. pp. 555 – 631.**

- 111) Santos P, Valente A, Soares J. Aerobic capacity versus total distance covered during a game in elite soccer players. **Med Sci Sports Exerc.** 2001; 33(5): S157.
- 112) Santos PJ, Soares JM. Capacidade aeróbia em futebolistas de elite em função da posição específica no jogo. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.** 2001; 1 (2): 7 – 12.
- 113) Santos JAR. Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futebolistas de diferente nível competitivo. **Rev Paul Educ Fis São Paulo.** 1999; 13 (2): 146 – 59.
- 114) Shephard RJ. Biology and medicine of soccer: an update. **J Sports Sci.** 1999; 17:757 – 86.
- 115) Shephard RJ. Standard tests of aerobic power. In: Shephard RJ. **Frontiers of fitness.** Springfield: Charles E Thomas, 1971.
- 116) Silva CD, Bloomfield J, Marins JCB. A review of stature, body mass and maximal oxygen uptake profiles of U17, U20 and first division players in Brazilian soccer. **J Sports Sci & Med.** 2008; 7: 309 – 17.

- 117) Silva PRS, Romano A, Teixeira AAA, Vidal JRR, Inarra LA. A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\text{max}$ ) em jogadores de futebol. **Rev Bras Med Esporte. 1999; 5 (6): 225 – 32.**
- 118) Silva PRS, Romano A, Yazbek Jr, Battistella LR. Efeito do treinamento físico nas respostas cardiorrespiratórias e metabólicas em repouso e no exercício máximo em jogadores de futebol profissional. **Rev Bras Med Esporte. 1997; 3(4): 101 – 107.**
- 119) Skinner JS, McLellan TM. Transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Res Quart Exerc Sport. 1980; 51 (1): 234 – 48.**
- 120) Smaros G. Energy usage during a football match. In: Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Congress on Sports Medicine Applied to Football. Rome, **1980; 795 – 80.**
- 121) Snell PG, Stray-Gundersen J, Levine BD, Hawkins MN, Raven PB. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. **Med Sci Sports Exerc. 2007; 39(1): 103 – 107.**

- 122) Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. **Sports Med.** 2005; 35 (6): 501 – 36.
- 123) Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K, Kumagai S. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. **Med Sci Sports Exerc.** 1984; 16: 278 – 81.
- 124) Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. **J Am Coll Cardiol.** 2001; 37: 153 – 56.
- 125) Tomlin DL, Wenger HA. The Relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. **Sports Med.** 2001; 31 (1): 1 – 11.
- 126) Tomlin DL, Wenger HA. The relationships between aerobic fitness, power maintenance, and oxygen consumption during intense intermittent exercise. **J Sci Med Sport.** 2002 5:194–203
- 127) Vago P, Mercier J, Ramonatxo M, Prefaut C. Is ventilatory anaerobic threshold a good index of endurance capacity ?. **Int J Sports Med.** 1987; 3: 190 – 5.