**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE**

WONDER PASSONI HIGINO

**FATORES DETERMINANTES NO DESEMPENHO DO
TESTE YO-YO INTERMITENTE RECUPERATIVO
NÍVEL 1 (YYIR1).**

**São Paulo
2013**

WONDER PASSONI HIGINO

Fatores determinantes no desempenho do teste Yo-yo Intermitente Recuperativo nível 1 (YYIR1).

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Augusta Peduti Dal'Molin Kiss.

**São Paulo
2013**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENIENTE OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Higino, Wonder Passoni

Fatores determinantes no desempenho do teste yo-yo intermitente recuperativo nível 1 (YYIR1). – São Paulo : [s.n.], 2013. 122p.

Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Augusta Peduti Dal'Molin Kiss

1. Medidas e avaliação da Educação Física 2. Testes em Educação Física 3. Futebol I. Título.

HIGINO, W.P. Fatores determinantes no desempenho do teste Yo-yo Intermitente Recuperativo nível 1 (YYIR1). Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Silvana que, com seu amor incondicional, sempre esteve ao meu lado durante todo este período apoiando-me e motivando-me, sendo o meu equilíbrio diante de todos os meus desequilíbrios. Obrigado meu amor, te amo demais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço hoje e sempre a DEUS por inúmeros motivos, mas, principalmente pelo dom da vida. Agradeço-LHE por nem sempre me proporcionar aquilo que peço e sim aquilo que necessito. Muito obrigado pelas pessoas que colocastes em minha vida e na execução desse trabalho. Que DEUS as abençoe hoje e sempre.

A minha orientadora Professora Maria Augusta por toda competência, paciência e compreensão. Muito obrigado pela oportunidade, este convívio só fez aumentar minha admiração. Obrigado por acreditar e me incentivar nos momentos difíceis.

Aos professores Runer Marson e Rômulo Bertuzzi que antes mesmo do exame de qualificação mostraram-se extremamente solícitos e dispostos a ajudar. Foram muito importantes na execução desse trabalho. Muito obrigado.

Ao professor Romulo Bertuzzi, pelas palavras de incentivo em momentos difíceis. Talvez não tenha ideia da ajuda de suas palavras, mas estas foram muito importantes. Muito obrigado.

Aos professores Paulo Roberto (USP Ribeirão), Fábio Barbieri (UNESP Rio Claro) e ao Júlio (UNESP Bauru). Muito obrigado pela força e paciência em ajudar e auxiliar. Valeu meus amigos.

À Ilza e o Márcio (secretaria de pós graduação), ao Edson (técnico Ladesp) e aos demais funcionários da EEFE-USP.

Aos professores do Programa de pós graduação da EEFE-USP, principalmente àqueles que tive a oportunidade de assistir as aulas, aprendi muito com todos vocês, sem exceção.

Aos amigos de programa e Laboratório: Eduardo, Carla, Marcelo, Leo, Rodrigo, Maiara e Nilo. Embora o pouco contato, sempre demonstraram uma amizade espontânea e cativante.

Ao grande amigo Nilo. Esses poucos anos de convívio só me fizeram ter em você mais um grande amigo, uma pessoa que acredito poder contar sempre. Lembre-se que a recíproca é verdadeira. Muito obrigado Nílão.

Ao Unisalesiano de Lins/SP, em nome do seu reitor, Padre Jair. Muito obrigado pelo incentivo e colaboração durante todo esse processo.

Ao meu coordenador, professor Donizete, muito obrigado pela confiança e auxílio durante todos esses anos.

A todos os professores e funcionários do Unisalesiano de Lins/SP, muito obrigado por tudo e todos em minha vida.

A todos os meus alunos. Além da satisfação pessoal em continuar a estudar, este projeto de vida foi pensando em melhorar pra vocês. Sou muito grato pelo respeito, carinho e amor dispensados em todos esses anos. Amo ensinar e vocês só alimentam esse amor. Muito Obrigado.

Muito obrigado ao aluno Dhiego pelo auxílio no momento das coletas. Mesmo com a esposa prestar a dar a luz, não pensou duas vezes em ajudar. Muito obrigado.

Aos meus pais João e Josefina e ao minha irmã pelo amor incondicional. Mesmo na distância, sei que estão na torcida por mim. Muito obrigado, os amo demais.

A todos os meus familiares, que mesmo diante da minha distância, se mostraram pacientes e compreensivos. Amo todos vocês e estou morrendo de saudades.

A minha avó Terezinha. Gostaria muito que estivesse lúcida pra me acompanhar em mais essa fase, mesmo assim, agradeço a DEUS por saber que está viva.

A toda família da minha esposa, a família dos baianos, que hoje é minha família também. Muito obrigado pela compreensão e incentivo nestes anos que me acompanharam nessa luta. Obrigado Dona Rita, seu Manoel, Marga, Vanderlei, Elton, Lí, Igor, Gui, Adilson, Marita, Caio, Rene, Tati, Minim, e Enzo. Sou muito feliz com todos vocês, me ensinaram muita coisa das quais sou muito grato.

A todos os grandes amigos que não estiveram tão presentes nesta fase, mas continuaram sendo grandes amigos. Marcão, Sandrão, Junior, Sidney, Vagnão, Adauto, Careimi, Vinicius, Emerson, André e Alexandre. Vivemos grandes momentos juntos, dos quais nunca esquecerei e estarão sempre marcados em minha vida. Obrigado meus irmãos.

Aos grandes amigos que fiz no Unisalesiano. Paulo, Ricardo, Rita, Meire, Luis, Oscar, Hilinho, Ana, Viviane, Alexandre, Gi, Kátia e Júnior. Agradeço demais pelas cervejas, pelos ótimos papos e pelo enorme carinho.

Em especial ao Ricardo, que mesmo diante de suas férias, não titubeou em me ajudar nas coletas e futuras análises e ao Paulo, que fez todas as correções do meu português terrível e do meu inglês pra lá de sofrível. Muito Obrigado aos dois, vocês foram muito importantes neste processo. Valeu meus amigos.

Aos meus irmãos da vida, Ana e Hilinho. Como já falei aos dois, tenho um grande amor por vocês e sei que independente de qualquer coisa estarão sempre na torcida por mim e eu por vocês. Muito obrigado por tudo.

Ao meu irmão e amigo Padre Aldir, que em todos os momentos sempre estava disposto com sabias palavras. Te amo irmão.

A minha terapeuta Lilian Pedroso, cresci bastante com sua ajuda. Muito obrigado.

A Comissão técnica do Clube Atlético Linense, em nome do técnico (Bruno Quadros), preparador físico (meu ex aluno e amigo Murilo) e ao gerente de futebol (Valdir Lins). Agradeço-lhes demais pela enorme ajuda.

Aos voluntários do presente estudo que se mostraram extremamente dispostos a execução do mesmo. Meu muito obrigado, de coração.

E finalmente, a pessoa que viveu todos os sentimentos possíveis e imagináveis durante todos esses anos. Minha esposa Silvana, que além de esposa é minha companheira, namorada, amiga, amante, etc. Muito obrigado meu amor por tudo que fez e tem feito em minha vida. Me fez vivenciar coisas novas e muito boas, sou e sempre serei muito grato a DEUS por ter colocado você em minha vida. Te AMO demais da conta.

A todos aqueles que possivelmente eu tenha esquecido, por favor, me perdoem. Graças a DEUS, são inúmeras as pessoas importantes em minha vida. Por isso acredito esse ser o verdadeiro dom da vida, viver em plenitude com sua existência e com os passantes em seu viver. Muito obrigado a todos.

*Que no fundo é simples ser feliz.
O difícil é ser tão simples,
O difícil mesmo é ser.*

(Leoni, Fernando Anitelli, Daniel Santiago)

RESUMO

HIGINO, W. P. **Fatores determinantes no desempenho do teste Yo-yo Intermitente Recuperativo nível 1 (YYIR1)**. 2013. 122 f. Tese (Doutorado) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

As características intermitentes do futebol exigem a aplicação de testes específicos à modalidade. O teste Yo-yo intermitente recuperativo nível 1 (YYIR1) é considerado um teste específico e confiável na avaliação de jogadores de futebol. Contudo, as variáveis de desempenho que o influenciam são pouco conhecidas. O presente estudo, teve como objetivo verificar as variáveis determinantes do desempenho final do teste YYIR1 em jogadores de futebol de campo. Para tanto, dez jogadores de futebol de campo da categoria sub-20 foram submetidos a três sessões de avaliação onde foram determinadas as seguintes variáveis: a) composição corporal (%G) e força dinâmica máxima (1RM) no exercício agachamento; b) economia de corrida (EC) e as variáveis relacionadas a potência (VO_2max e vVO_2max) e capacidade aeróbia (Limiar anaeróbio – LAn-3,5mM) em esteira rolante e c) no teste YYIR1, determinação de forma direta das variáveis respiratórias e análise cinemática do deslocamento determinando a média da aceleração pico (AP-média) e a média da velocidade pico (VP-média) durante os estágios. Antes e após o teste em esteira (TE) e o teste YYIR1 foram determinadas a altura de salto vertical (Alt-jump), o tempo de contato com o solo (TC-jump) e o índice de força reativa (IFR-jump) através da técnica *Drop Jump*. Além disso, em ambos os testes foram determinadas as participações energéticas. Os principais resultados foram: a) houve diferença significativa entre o VO_2max determinado em esteira ($57,33 \pm 3,4\text{ml/kg/min}$) e no teste YYIR1 ($53,57 \pm 2,67\text{ml/kg/min}$) e estes não se correlacionaram; b) a participação energética tanto no TE ($92,31 \pm 1,79\%$) quanto no YYIR1 ($74,08 \pm 6,88\%$) é predominantemente aeróbia, porém, o YYIR1 apresenta maior participação anaeróbia quando comparado ao TE ($25,91 \pm 6,88$ e $7,67 \pm 1,79\%$, respectivamente); c) as variáveis determinadas no *Drop Jump* não foram influenciadas pela realização do TE e o YYIR1; d) nenhuma variável relacionada à capacidade de força (1RM, 1RM/MCT; Alt-jump, TC-jump e IFR-jump) apresentou correlação com o desempenho final do YYIR1; e) a %G ($r = -0,63$), VO_2max ($r = 0,74$), vVO_2max ($r = 0,86$), LAn-3,5mM ($r = 0,76$), AP-média ($r = 0,77$) e a participação anaeróbia alática no YYIR1 ($r = -0,65$) apresentaram correlação significativa com o desempenho final no YYIR1; f) destas apenas a vVO_2max e a participação anaeróbia alática no YYIR1 foram determinantes no desempenho final do teste. Conclui-se que, embora correlacionado com outras variáveis, o desempenho final do YYIR1 é influenciado pela maior vVO_2max determinada no TE e menor participação do metabolismo anaeróbio alático no YYIR1.

Palavras-chave: Futebol; Teste Yo-yo, Análise Cinemática.

ABSTRACT

HIGINO, W. P. **Determining factors in Yo-yo Intermittent recovery level 1 test (YYIR1) performance.** 2013. 122 f. Tese (Doutorado) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

The intermittents characteristics of the soccer require the application of specific tests to this game. The Yo-yo intermittent recovery level 1 test (YYIR1) is considered a reliable and specific test in the evaluation of soccer players. However, the variables that influence their performance is little known. The present study aimed at finding out the variables which determine the final YYIR1 performance test in the soccer field. Therefore ten soccer players in the U-20 field underwent three evaluation sessions in which the following variables were determined: a) body composition (% BF) and maximal dynamic strength (1RM) in the squat exercise; b) running economy (RE) and the variables related to power (VO₂max and vVO₂max), aerobic capacity (anaerobic threshold - AT-3,5mM) on treadmill, and c) determining directly in the YYIR1 test the respiratory variables and analysing the displacement kinematic that causes the average peak acceleration (PA-average) and the average peak velocity (VP-average) during the stages. Before and after the treadmill test (ET) and the YYIR1 test there were determined the height of the vertical jump (Alt-jump), the time of contact with the ground (TC-jump) and reactive strength index (RSI-jump) through Drop Jump technique. Additionally, in both tests there were determined energy holdings. The main results were: a) there was a significant difference between the indicated treadmill VO₂max (57.33 ± 3.4 ml/kg/min) and the YYIR1 test (53.57 ± 2.67 ml/kg/min) and these indicators were not correlated; b) the energy participation in TE ($92.31 \pm 1.79\%$) and in the YYIR1 ($74.08 \pm 6.88\%$) was predominantly aerobic; however the YYIR1 test had a greater anaerobic participation compared to TE (25.91 ± 6 , 7.67 ± 1.79 and 88% , respectively); c) the variables evaluated in the Drop Jump were not affected by the ET, and the YYIR1; d) no variable related to the power capacity (1RM 1RM/MCT; Alt-jump, TC-jump and IFR-jump) was correlated to the YYIR1 final performance; e) the % BF ($r = -0.63$), VO₂max ($r = 0.74$), vVO₂max ($r = 0.86$), AT-3,5mM ($r = 0.76$), AP-average ($r = 0.77$) and anaerobic alactic participation in the YYIR1 ($r = -0.65$) showed significant correlation with the final performance in the YYIR1; f) among these only the vVO₂max and anaerobic alactic participation in the YYIR1 were determinant in the final performance. The conclusion is that, although correlated with other variables, the final YYIR1 was influenced by the greater vVO₂max determined in the TE and the lower participation of the anaerobic alactic metabolism in the YYIR1.

Keywords: Football; Yo-yo Test; Kinematic Analysis.

LISTA DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1. Estatística descritiva das principais variáveis do estudo.....	61
Tabela 2. Valores em média e desvio padrão das variáveis determinadas nos testes laboratorial e Yo-yo e suas comparações.....	62
Tabela 3. Valores em média e desvio padrão dos percentuais de participação energética nos testes laboratorial (esteira rolante) e de campo (YYIR1).....	65
Tabela 4. Valores e média e desvio padrão das variáveis determinadas no <i>Drop Jump</i> antes e após a realização dos testes laboratorial (esteira rolante) e de campo (YYIR1).....	66
Tabela 5. Valores e média e desvio padrão da velocidade pico e aceleração média determinadas em cada estágio do teste YYIR1.....	67
Tabela 6. Teste de correlação Produto momento de Pearson entre as variáveis do estudo.....	68
Tabela 7. Análise de Regressão Multipla (<i>Stepwise</i>) das variáveis determinantes da distância total percorrida no YYIR1 (DistYY).....	76

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Frequência cardíaca máxima (FC_{max}) determinada em teste laboratorial (esteira rolante) e em teste de campo (YYIR1).....	63
Figura 2. Concentração de lactato após esforço ($Lac_{pós}$) em teste laboratorial (esteira rolante) e em teste de campo (YYIR1).....	63
Figura 3. VO_2max determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e em teste de campo (YYIR1).....	64
Figura 4. Correção alométrica do VO_2max ($VO_2max^{0,75}$) determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e em teste de campo (YYIR1).....	64
Figura 5. Valores percentuais de participação energética nos testes laboratorial (esteira rolante) e de campo (YYIR1).....	65
Figura 6. Teste de correlação produto momento de Pearson entre a porcentagem de gordura e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY).....	70
Figura 7. Teste de correlação produto momento de Pearson entre o consumo máximo de oxigênio (VO_2max) determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY).....	71
Figura 8. Teste de correlação produto momento de Pearson entre o velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio (vVO_2max) determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY).....	71
Figura 9. Teste de correlação produto momento de Pearson entre o limiar	

	anaeróbio (LAn-3,5mM) determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY).....	72
Figura 10.	Teste de correlação produto momento de Pearson entre a média de aceleração pico determinada no YYIR1 (AP-média) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY).....	72
Figura 11.	Teste de correlação produto momento de Pearson entre a participação anaeróbia alática no YYIR1 (Alat-YYIR1) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY).....	73
Figura 12.	Teste de correlação produto momento de Pearson entre a aceleração média determinada no YYIR1 (AP-média) e o consumo máximo de oxigênio (VO ₂ max) determinado em teste laboratorial (esteira rolante).....	74
Figura 13.	Teste de correlação produto momento de Pearson entre a média da velocidade pico no YYIR1 (VP-média) e a velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio (vVO ₂ max) determinado em teste laboratorial (esteira rolante).....	74
Figura 14.	Teste de correlação produto momento de Pearson entre a participação anaeróbia alática no YYIR1 (Alat-YYIR1) e a aceleração média determinada no YYIR1 (AP-média).....	75
Figura 15.	Teste de correlação produto momento de Pearson entre o consumo máximo de oxigênio determinado no YYIR1 (VO ₂ max-YYIR1) e o consumo máximo de oxigênio determinado em esteira rolante (VO ₂ max-esteira).....	75

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

τ	Constante de tempo.
%s	Graus por segundo.
μ l	Microlitros.
%G	Porcentagem de gordura.
δ	Tempo de atraso.
1RM	Uma repetição máxima.
1RM/MCT	Uma repetição máxima relativa a massa corporal total.
a	Aceleração.
A	Amplitude (ml/min).
a.C.	Antes de Cristo.
AC-média	Média de aceleração pico.
Alat-YYIR1	Participação anaeróbia alática no teste Yo-yo intermitente recuperativo nível 1.
Alt-jump	Altura do salto vertical no teste <i>Drop Jump</i> .
bpm	Batimentos por minuto.
CAL	Clube Atlético Linense.
CEP - EEFESUSP	Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.
CJ	Countermovement jump.
cm	Centímetros.
CO ₂	Dióxido de carbono.
CP	Creatina fosfato.
DC	Dobras cutâneas.
DistYY	Distância total percorrida no teste Yo-yo.
DJ	Drop jump.
EC	Economia de corrida.
EM	Economia de movimento.
F	Força
FC	Frequência cardíaca.
FC _{max}	Frequência cardíaca máxima.
FC _{rep}	Frequência cardíaca de repouso

FIFA	<i>Fédération Internationale de Football Association.</i>
GPS	<i>Global Positioning System.</i>
H	Estatura.
Hz	Hertz.
IFR-jump	Índice de força reativa no teste <i>Drop Jump</i> .
iVO ₂ max	Intensidade relacionada ao consumo máximo de oxigênio.
KCal	Quilocalorias.
Lac _{pós}	Concentração de lactato após o esforço.
Lac _{rep}	Concentração de lactato em repouso.
Laef	Laboratório de avaliação do esforço físico
LAn	Limiar anaeróbio.
LAn-3,5mM	Limiar anaeróbio determinado através de concentração fixa de 3,5 milimolar.
m	Metro
MCT	Massa corporal total.
ml/kg/min	Mililitros por quilograma por minuto.
mM	Milimolar.
O ₂	Oxigênio.
OBLA	<i>Onset of Blood Lactate Accumulation</i>
PCr	Fosfocreatina.
pH	Potencial hidrogeniônico.
PSE	Percepção subjetiva de esforço.
QR	Quociente respiratório.
SJ	Squat jump
SRT	<i>Shuttle Run Test.</i>
TCAR	Teste de Carminatti.
TC-jump	Tempo de contato com o solo no teste <i>Drop Jump</i> .
TE	Teste intermitente progressivo em esteira rolante.
T.T	Tempo total.
USP	Universidade de São Paulo.
Vamax	Velocidade aeróbia máxima.
VE _{max}	Ventilação máxima.
VO ₂	Consumo de oxigênio.

VO ₂ max	Consumo máximo de oxigênio.
VO ₂ max0,75	Correção alométrica do consumo máximo de oxigênio.
VO ₂ pico	Consumo de oxigênio pico.
VP-média	Média de velocidade pico.
vVO ₂ max	Velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio.
yO	Linha de base.
YYE	Yo-yo endurance.
YYE1	Yo-yo endurance nível 1.
YYE2	Yo-yo endurance nível 2.
YYEI	Yo-yo endurance intermitente
YYEI2	Yo-yo endurance intermitente nível 2.
YYIR	Yo-yo intermitente recuperativo.
YYIR1	Yo-yo intermitente recuperativo nível 1.
YYIR2	Yo-yo intermitente recuperativo nível 2.

SUMÁRIO

	Pág
1. INTRODUÇÃO	19
1.1. OBJETIVOS	22
1.1.1. Objetivo Geral.....	22
1.1.2. Objetivos Específicos.....	22
2. REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1. Características do futebol.....	23
2.2. Análise Cinemática no Futebol.....	32
2.3. Capacidade de força relacionada ao futebol.....	35
2.4. Economia de Corrida no Futebol.....	38
2.5. Avaliação da aptidão aeróbia no futebol.....	40
2.6. Teste Yo-yo.....	44
3. MÉTODOS	50
3.1. Amostra Experimental.....	51
3.2. Procedimentos.....	51
3.3. Protocolos.....	53
3.3.1. Antropometria.....	53
3.3.2. Teste de força dinâmica máxima – 1RM.....	54
3.3.3. Teste de salto vertical – <i>Drop Jump</i>	55
3.3.4. Teste intermitente e progressivo em esteira rolante (TE).....	55
3.3.5. Determinação dos limiar metabólico.....	56
3.3.6. Determinação do VO ₂ max e vVO ₂ max.....	56
3.3.7. Teste Yo-yo intermitente recuperativo nível 1 (YYIR1).....	56
3.3.8. Análise Cinemática no YYIR1.....	57
3.3.9. Economia de corrida (EC).....	58
3.3.10. Cálculo da contribuição energética.....	58
3.4. Análise Estatística.....	60
4. RESULTADOS	61
5. DISCUSSÃO	76
6. CONCLUSÃO	90
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXO A - Termo De Consentimento Livre e Esclarecido	116

ANEXO B – Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.....	122
---	-----

1. INTRODUÇÃO

O futebol é caracterizado por esforços acíclicos, com atividades de alta intensidade entremeadas por esforços recuperativos de baixa intensidade. Durante uma partida, os jogadores percorrem entre 10 e 12km, em uma intensidade média próxima ao limiar anaeróbio, entre 80 e 90% da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e 70 a 80% do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) (STOLEN et al., 2005). É estimado que o metabolismo aeróbio forneça cerca de 90% da energia durante uma partida (ARRUDA et al., 1999).

Em média, o VO_{2max} de jogadores de futebol encontra-se entre 55 e 68ml/kg/min, sendo igual ou superior quando comparado a alguns esportes coletivos e inferior, comparando-se, aos atletas de esportes de *endurance* (REILLY; BANGSBO; FRANKS, 2000). A melhora desse índice esta intimamente relacionada com o desempenho em campo. Quanto maior o VO_{2max} , maior a distância de deslocamento durante uma partida. Contudo, essa relação parece ser ainda maior no que diz respeito à quantidade de *sprints* (McMILLAN et al., 2005).

Da mesma forma, Mohr, Krstrup e Bangsbo (2003) relataram que esportes como o futebol, exigem de seu praticante energia provinda dos sistemas aeróbio e anaeróbio, pois são caracterizados por intermitências e mudanças de atividade constantemente durante a partida. A demanda fisiológica durante uma partida de futebol é dependente de uma série de fatores como o esquema tático adotado, a importância do jogo, a maneira como a equipe adversária joga, o período de treinamento em que ambas as equipes se encontram, entre outros.

Além da importância da capacidade aeróbia, Rebello e Oliveira (2006) relataram que modalidades esportivas, como o futebol, são caracterizadas por curtos estímulos em alta intensidade e constantes mudanças de direção. Dessa forma, as capacidades físicas de velocidade, força e agilidade são importantes para que o sucesso físico durante a partida seja alcançado.

Haja vista a importância do metabolismo aeróbio em uma partida de futebol, a determinação e o treinamento das variáveis aeróbias, VO_{2max} , limiar anaeróbio (LAn) e a economia de movimento (EM), geram melhoras na distância total percorrida em uma partida de futebol. Além da capacidade aeróbia, as capacidades de força e potência muscular também são importantes, pois os momentos decisivos de uma partida são caracterizados por

movimentos explosivos e rápidos que envolvem saltos verticais e corridas de alta intensidade e curta duração (CHAMARI et al., 2004).

Da distância total percorrida em jogo, uma pequena parcela é percorrida em altíssimas velocidades (*sprints*), que correspondem, no máximo, a 11% da distância total percorrida. Assim, a capacidade na realização de *sprints* é importantíssima e pode ser decisiva no resultado final da partida (PASQUARELLI et al., 2009). Comparando-se o nível de desempenho de jogadores de futebol, a distância total percorrida em jogo não difere entre jogadores de elite e sub elite. Contudo, a habilidade em realizar *sprints* durante a partida é maior para os primeiros que, além de executarem mais *sprints*, apresentam recuperação mais rápida (DUPONT et al., 2005).

Tendo em vista a importância do metabolismo aeróbio para um bom desempenho no futebol, a determinação do VO_{2max} torna-se frequentemente importante no sentido de controle, diagnóstico, acompanhamento e prescrição do treinamento. Contudo, apesar de sua relevância e do alto custo para sua mensuração de forma direta em ambiente laboratorial ou de campo, a alternativa mais viável é a aplicação de métodos indiretos que levam à estimativa desse índice (GIBSON et al., 1998). Dessa forma, torna-se prudente a determinação do VO_{2max} em situações que se aproximem da realidade motora requerida em uma partida de futebol, com o máximo de especificidade possível (CHAMARI et al., 2004).

Grande número de testes laboratoriais e de campo são utilizados para avaliar a performance de atletas de alto nível. No entanto, a maioria é realizada de forma contínua, descaracterizando a intermitência existente em determinados esportes. Um teste intermitente bastante utilizado nesses esportes é o teste de Yo-yo desenvolvido por Bangsbo (1994c), cuja validade ecológica é maior do que a dos demais testes quando aplicados em esportes com características intermitentes. Esse teste caracteriza-se por esboçar esforços semelhantes àqueles desempenhados por atletas de futebol durante o jogo. Da mesma forma que o *Shuttle Run test*, desenvolvido por Leger e Lambert (1982), também é realizado em uma distância de 20 metros; no entanto, sua diferença encontra-se nas pausas entre cada corrida de ida e vinda nessa distância.

O Yo-yo teste apresenta-se basicamente em três formatos, o Yo-yo *Endurance* Teste, o Yo-yo Intermitente *Endurance* Teste e o Yo-yo Intermitente Recuperativo Teste. Para todos existem duas versões, nível 1 e 2. Embora existam estudos sobre as três formas de Yo-yo teste, aquele que mais aparece na literatura é o Yo-yo Intermitente Recuperativo Nível 1 (YYIR1) sendo aplicado principalmente em jogadores de futebol.

Por sua grande aplicação, esse teste apresenta alta sensibilidade com relação ao nível de desempenho (RAMPININI et al., 2010), alta reprodutibilidade (CASTAGNA et al., 2006a), é considerado uma ótima ferramenta para monitoramento das adaptações decorrentes do treinamento no futebol (RAMPININI et al., 2010) e apresenta moderada correlação ($r=0,71$) com $VO_2\text{max}$ (KRUSTRUP et al., 2003), podendo representar apenas 59% da variação desse índice (CASTAGNA et al., 2008).

Embora o mesmo destine-se a mensurar o desempenho aeróbio em jogadores de futebol, seus resultados não podem ser interpretados como pura medida de capacidade e potência aeróbia, pois seus resultados podem ser influenciados por diversos outros fatores, como potência e capacidade anaeróbia, força e potência muscular (IMPELLIZZERI; RAMPININI; MARCORA, 2005).

Com relação aos aspectos cinéticos da velocidade de deslocamento durante os 20 metros do teste desenvolvido por Bangsbo, em 1994, até o presente momento, nenhum estudo teve como objetivo investigar esta questão. No entanto, no estudo de Pasquerelli et al. (2009), cujo objetivo foi analisar o desempenho de jogadores de futebol em um teste de 40 metros em máxima velocidade, fragmentando essa distância e verificando o comportamento das velocidades de deslocamento a cada fração de 10 metros, os autores verificaram que aqueles atletas que apresentaram melhores desempenhos nos 30 e 40 metros, foram aqueles com maior aceleração inicial nos primeiros dez metros.

Da mesma forma, relacionando a cinética de velocidade com o posicionamento adotado pelo atleta em campo, os autores não encontraram diferenças nas parciais com relação ao posicionamento adotado. Contudo, observaram que os zagueiros parecem ser mais lentos nos 10 e 20 metros iniciais, mantendo tempos semelhantes aos demais jogadores nos 30 e 40 metros. Por outro lado, os laterais e os atacantes parecem apresentar maior capacidade de aceleração nos 10 e 20 metros, enquanto que os meio-campistas apresentam um desempenho abaixo da média para todos os trechos (PASQUARELLI et al., 2009).

Rebelo e Oliveira (2006), com o intuito de verificar a relação entre velocidade, agilidade e potência muscular, encontraram que o tempo de corrida na distância de 15 metros apresentou uma alta correlação com a agilidade que é definida como a habilidade em alterar a posição do corpo, rápida e precisamente (GALLAHUE, 2005). De acordo com Rebelo e Oliveira (2006) essa correlação está associada ao fato dessas capacidades partilharem alguns fatores comuns, como a amplitude e frequência da passada e a potência muscular, além dos movimentos característicos aos dois testes serem frequentes em jogos, muitas vezes de forma combinada. Portanto, os dados sugerem que quanto maior a capacidade de aceleração (10 a 15

metros iniciais), maior a capacidade de mudança de direção ou agilidade, que é importante para a execução do YYIR1. Concomitante a isso, Slawinski et al. (2010) verificaram que as melhores acelerações nos primeiros 10 metros estão associadas à razão de desenvolvimento de força que, por sua vez, está intrinsecamente relacionada à força muscular explosiva e à força máxima.

De acordo com Hoff e Helgerud (2004) e Castagna et al. (2006a), a força explosiva de membros inferiores pode afetar positivamente a performance em testes de campo progressivos, de múltiplos estágios e de alta intensidade como o YYIR1. Além disso, por sua correlação com o VO_{2max} (KRUSTRUP et al., 2003), dois sujeitos podem apresentar o mesmo desempenho final no YYIR1, mas com diferenças no VO_{2max} determinado em teste contínuo. Tais resultados podem ser explicados por diferenças na capacidade anaeróbia, na habilidade de recuperação entre corridas, na potência muscular de membros inferiores e na habilidade de aceleração (CASTAGNA et al., 2006b; DUPONT et al., 2010; SERPIELO et al., 2011).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Verificar as variáveis determinantes do desempenho final do teste Yo-yo intermitente e recuperativo nível 1 (YYIR1) em jogadores de futebol de campo.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analisar a relação entre as variáveis determinadas em laboratório (potência e capacidade aeróbia) com o desempenho final e as variáveis determinadas no YYIR1;
- Analisar a relação entre variáveis neuromusculares (força máxima e potência muscular) com o desempenho final do YYIR1;
- Analisar a relação entre economia de corrida e o desempenho final no YYIR1;

- Analisar a relação entre participação energética no teste em esteira rolante e YYIR1 com o desempenho final do YYIR1.
- Analisar a relação entre as variáveis cinemáticas (velocidade e aceleração) determinadas no teste YYIR1 com o desempenho final desse teste.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A presente revisão literária é composta por seis tópicos. O primeiro deles, sobre as características do futebol, além de apresentar uma breve evolução histórica da modalidade, salienta as principais características motoras e fisiológicas em uma partida de futebol. O segundo, que traz a análise cinemática no futebol, destina-se a apresentar uma breve evolução das técnicas de avaliação cinemática e como estas são utilizadas para a modalidade. No terceiro tópico, sobre a capacidade de força relacionada ao futebol, são apresentadas as principais variantes da capacidade de força, suas formas de avaliação e suas relações com o desempenho em jogo e em testes específicos à modalidade.

A economia de corrida (EC) no futebol é o título do quarto tópico, no qual busca-se apresentar as relações existentes entre a EC e o desempenho na modalidade. No quinto tópico, sobre a avaliação da aptidão aeróbia no futebol, salienta-se a importância dada na literatura à avaliação aeróbia em jogadores de futebol e as diversas metodologias utilizadas para sua mensuração, apontando as avaliações diretas e indiretas e aquelas que são específicas e inespecíficas ao esporte. No sexto e último tópico é apresentada a revisão literária referente ao teste Yo-yo, objeto do presente estudo. Além de apontar as diferentes formas do teste, são apresentadas as relações de seus resultados com o desempenho de jogadores de futebol.

2.1. Características do futebol

Praticado por mais de 200 milhões de pessoas em todo o mundo, o futebol manifestou-se inicialmente entre 3000 e 2500 a.C. na China, que curiosamente, somente no século XXI garantiu sua primeira participação em Copa do Mundo. Contudo, é na Inglaterra dos séculos

XVIII e XIX, através de jogos populares que se assemelhavam ao futebol, que este se origina nos moldes que conhecemos nos dias atuais (UNZELTE, 2002).

No Brasil, o surgimento do futebol ocorreu por volta de 1880, nos colégios jesuítas, onde era utilizado como prática esportiva entre os alunos (SANTOS NETO, 2002). No entanto, apenas em 1894, ao retornar de seus estudos na Inglaterra, Charles Miller, filho de ingleses radicados no Brasil, trouxe em sua bagagem bola, uniforme e as regras do esporte, difundindo-o em território nacional (REIS, 2003).

Com relação à aplicação do treinamento no futebol, verifica-se, da mesma forma que a incorporação do esporte e sua disseminação pelo mundo, uma evolução ao longo dos anos. Com sua profissionalização, a partir da criação da Associação Inglesa de Futebol, em 1863 (REIS, 2003), a preocupação com as cargas de treinamento tornou-se algo importante para a evolução do esporte. Sabe-se que existe uma relação positiva entre nível de condicionamento na modalidade e horas de treinamento semanal. Os atletas de nível internacional são aqueles que acumulam mais horas de treinamento ao longo da carreira e na semana de trabalho, quando comparados a atletas de níveis inferiores (CLARK et al., 2008).

Apesar de ser um esporte com número muito grande de atletas profissionais, a maioria de seus praticantes são amadores que, de forma recreativa, dele se utilizam como uma ferramenta para a melhoria e manutenção do estado de saúde. Sabe-se que em uma frequência de 3 vezes por semana, com sessões de uma hora de duração por 12 semanas, sua prática pode melhorar significativamente o condicionamento cardiovascular e músculo-esquelético em homens sedentários (KRUSTRUP et al., 2009a) e em homens sedentários com sobrepeso (KRUSTRUP et al., 2009b).

Randers et al. (2010) realizaram um estudo no qual o principal objetivo era verificar se as adaptações cardiovascular e músculo esquelética alcançadas durante 12 semanas de treinamento de futebol de forma recreativa, poderiam ser mantidas durante um ano, quando o tempo de prática semanal era reduzido drasticamente. Investigando 22 homens sedentários, verificaram que o treinamento de futebol causava significantes melhoras cardiovasculares e músculo esqueléticas, incluindo melhoras no $VO_2\text{max}$, hipertrofia muscular e força muscular. Além disso, essas melhoras eram mantidas por um período prolongado com reduzido volume e altas intensidades.

Diante da grande quantidade de praticantes e sua importância não só de forma profissional, mas também de forma recreativa, o conhecimento das características de uma partida de futebol pode facilitar a aplicação específica do treinamento e das avaliações, facilitando o processo de evolução atlética no esporte (ANASTASIADIS et al., 2004).

Nos anos 60, a distância total percorrida em uma partida de futebol era de 3 a 5km (KNOWLES; QUADE, 1974). Atualmente, dependendo de alguns fatores como esquema tático adotado pela equipe, nível de condicionamento dos atletas e posição adotada em jogo, a distância é praticamente o dobro daquela registrada na década de 60, de aproximadamente 10 a 12km (BARROS et al., 2007), sendo que os *sprints* contribuem, em média, entre 1 a 11% da distância total percorrida durante a partida, sendo realizados a cada 90 segundos, com tempos de execução que vão de 2 a 4 segundos, perfazendo a distância máxima de 30 metros (WONG; WONG, 2009).

No entanto, esses estímulos em alta intensidade são requeridos nos momentos mais importantes do jogo, podendo decidir o resultado do mesmo (SVENSSON; DRUST, 2005). Diante disso, os momentos mais importantes da partida são realizados à custa do metabolismo anaeróbio, principalmente do metabolismo anaeróbio alático com pequena participação do metabolismo anaeróbio láctico, entremeados por períodos de recuperação, no qual o metabolismo aeróbio é essencial para a ótima recuperação entre os estímulos de alta intensidade (ARRUDA et al., 1999).

Helgerud et al. (2001), ao analisarem as distâncias percorridas por posição em uma partida de futebol, verificaram que, os meio campistas são aqueles que percorrem maiores distâncias em uma partida (11601 metros) quando comparados aos atacantes (10387 metros) e aos defensores (9303 metros). A velocidade média de deslocamento de um jogador de futebol, durante uma partida, encontra-se próximo ao limiar anaeróbio (CASTAGNA; ABT; D'OTTAVIO, 2002). Contudo, boa parte do tempo, o jogador executa ações como andar ou trotar, demonstrando um predomínio do metabolismo aeróbio durante a partida (DI SALVO et al., 2007).

Tumilty (1993) relata que as diferenças estabelecidas pelas posições podem se relacionar a alguns gestos motores que são típicos do posicionamento adotado em campo. Os jogadores de meio campo, quando comparados aos demais, realizam mais estímulos em baixa e média intensidade (parado, caminhando e trotando). Já os atacantes percorrem mais estímulos em alta intensidade que os demais jogadores, enquanto que os zagueiros centrais realizam mais corridas laterais e de costas.

Com relação aos diferentes tipos de deslocamento durante uma partida de futebol, Krstrup et al. (2005), analisando jogadoras da melhor liga dinamarquesa de futebol, verificaram que estas apresentaram 1459 mudanças de atividade, sendo que cada mudança ocorria a cada 4 segundos em média. A distância total percorrida durante a partida foi de

10,3km, sendo que as corridas de baixa e alta intensidade corresponderam a 9 e 1,3km, respectivamente.

Vale ressaltar que no estudo de Krustup et al. (2005), os autores discriminaram os deslocamentos em caminhada (0 a 6km/h), *jogging* ou trote (6 a 8km/h), corridas de baixa velocidade (8 a 12km/h), corridas de moderada velocidade (12 a 15km/h), corridas de alta velocidade (15 a 18km/h), *sprints* (acima de 18km/h) e corridas de costas (10km/h). Posteriormente, para melhor análise, tais deslocamentos foram divididos em: parado, caminhando, corridas de baixa intensidade (*jogging* ou trote, corridas de baixa velocidade e corridas de costas) e corridas de alta intensidade (corridas de velocidade moderada, corridas em alta velocidade e *sprints*).

Vigne et al. (2010), estudando jogadores de futebol profissional do campeonato italiano, utilizaram outros valores para a caminhada (<5km/h), o *jogging* ou trote (5 a 13km/h), velocidades abaixo do limiar anaeróbio (13 a 16km/h), velocidades acima do limiar anaeróbio (16 a 19km/h) e *sprints* (>19km/h). Verificaram que a distância total percorrida, em média, foi de 8,9km, sendo que 38,9% dessa distância correspondia a caminhada, 29,4% ao *jogging*, 13,3% a corridas abaixo do limiar anaeróbio, 8,4% a corridas acima do limiar anaeróbio e 9,8% aos *sprints*. Além disso, os autores verificaram que a distância média percorrida em cada tipo de deslocamento foi inferior no segundo tempo de jogo quando comparado ao primeiro, diferente do encontrado por Castagna et al. (2009), onde apenas as corridas em média intensidade e a distância total percorrida foram estatisticamente inferiores no segundo quando comparado ao primeiro tempo do jogo.

Um dos problemas relacionados à análise de deslocamento durante uma partida de futebol encontra-se nos diferentes critérios adotados para os diferentes tipos de deslocamento. Castagna, Abt e D'Ottavio (2002), diferente do estudo de Krustup et al. (2005), adotaram critérios diferentes para alguns tipos de deslocamento. As corridas de baixa velocidade correspondiam a toda velocidade inferior a 13km/h, as de média velocidade iam de 13,1 a 18km/h, as de alta intensidade ficavam entre 18,1 e 24km/h, enquanto que as corridas em máxima velocidade correspondiam a todo deslocamento acima de 24km/h. A diferença de critério entre os dois estudos, pode relacionar-se à amostra estudada. Como já mencionado, no estudo de Krustup et al. (2005) a amostra era formada por jogadoras da melhor liga do futebol dinamarquês, enquanto que, no estudo de Castagna, Abt e D'Ottavio (2002), a amostra era composta por árbitros da primeira divisão do futebol Italiano. Com isso, uma das justificativas dessa diferença encontra-se no gênero dos sujeitos.

Castagna et al. (2006b) caracterizaram o futebol como um esporte composto por esforços intermitentes em alta intensidade, solicitando dos atletas um bom desenvolvimento das aptidões aeróbia e anaeróbia. Além disso, é caracterizado por diversas ações, assim como corridas de curta duração (*sprints*), saltos, mudanças bruscas de direção, força, potência muscular (WISLOFF; HELGERUD; HOFF, 1998), flexibilidade e agilidade (SVENSSON; DRUST, 2005). Essas constantes mudanças de ações e intensidades durante uma partida, acontecem de forma imprevisível, de acordo com a situação tática do jogo (STOLEN et al., 2005).

Embora as ações realizadas por um atleta durante a partida possam ser classificadas com e sem a condução da bola, a maioria dessas ações são executadas sem a presença deste artefato, exigindo as mais diversas formas e distâncias de corrida, cujas intensidades podem ser mudadas bruscamente, exigindo constantemente dos sistemas aeróbio e anaeróbio para o fornecimento de energia (REILLY, 2005). Bangsbo (2006) salienta que o deslocamento com a bola durante a partida é bastante dependente da função e do esquema tático adotado pelo jogador e pela equipe, respectivamente. Em média, os jogadores realizam apenas 3% de suas ações com o domínio da bola. Contudo, nos momentos em que o jogador conduz a bola, o gasto energético, a frequência cardíaca, as concentrações de lactato e a percepção de esforço tendem a ser maiores que nos momentos sem a bola (REILLY; BALL, 1984).

Krustrup et al. (2005) verificaram que em uma partida de futebol, um jogador realiza vários estímulos cujas variadas intensidades são dependentes de seu nível de condicionamento aeróbio. Dentre esses estímulos, aqueles percorridos em alta intensidade estão intimamente relacionados com seu nível de treinamento (KRUSTRUP et al., 2003).

Eklblom (1986) ressalta que um bom desempenho durante o jogo relaciona-se com a capacidade de resistir a esforços intermitentes, capacidade de recuperação de esforços em altas intensidades, capacidade de realizar *sprints* e a capacidade de desenvolver altos níveis de força específica, exigindo muito dos sistemas cardiorespiratório, músculo esquelético, bem como sua interação com o sistema nervoso.

Helgerud et al. (2001) relatam que as diferenças existentes entre equipes da mesma categoria ou de categorias distintas, não se encontram na distância total percorrida em uma partida e sim na distância total de estímulos em alta intensidade. Jogadores de níveis mais altos, com melhores níveis de condicionamento físico, realizam mais esforços em alta intensidade quando comparados aos jogadores de níveis inferiores. Além disso, esses estímulos em alta intensidade estão intimamente relacionados aos momentos que antecedem o gol, pois ajudam o jogador a antecipar uma jogada, criar espaço para receber a bola, driblar e

chutar (HELGERUD et al., 2001; DI SALVO et al., 2007). Devido às características intermitentes do jogo, Gabbett (2010), sugere que quanto maior a potência aeróbia de um jogador, maior a capacidade de recuperação entre os estímulos em alta intensidade realizados durante a partida, minimizando os efeitos deletérios da sucessão desses esforços.

Meckel, Machnai e Eliakin (2009), observaram a relação entre a potência aeróbia (VO_{2max}) e a capacidade de *sprints* repetidos de curta (12x20m) e longa duração (6x40m). Com os resultados puderam concluir que o VO_{2max} apresentou relação negativa ($r = -0,60$) com a taxa de decaimento dos *sprints* de curta duração. Segundo os autores, tais resultados salientam a especificidade do futebol, cujos estímulos em alta intensidade são de curta duração e que a distância total percorrida em uma partida está relacionada ao VO_{2max} . Além disso, quanto maior o número de estímulos, maior a necessidade de aptidão aeróbia para melhor recuperação entre os esforços.

Além da relação com a recuperação entre os estímulos em alta intensidade durante o jogo, o metabolismo aeróbio é pouco importante para o fornecimento de energia em um único estímulo (MEDBO; GRAMVIK; JEBENS, 1999). No entanto, diante da sucessão desses estímulos, ele pode representar cerca de 30% da energia necessária para a execução de *sprints*, no qual o tempo total é de 12 a 22 segundos (SPENCER; GASTIN, 2001). A habilidade de *sprints* repetidos é dependente da aptidão aeróbia, da capacidade de tamponamento de íons hidrogênio, da duração dos *sprints*, do período de recuperação entre estes e da concentração de glicogênio muscular (DUPONT et al., 2005).

Analizando as características fisiológicas de jogadores dinamarqueses da primeira divisão, Bangsbo (1994c) verificou que os jogadores de meio campo e os laterais apresentam maior VO_{2max} quando comparados aos goleiros e zagueiros centrais. Contudo, o autor relata a grande variabilidade deste índice dentro de cada posição. Além disso, atletas cujas equipes estão em melhores posições no ranking, apresentam maiores valores de potência aeróbia quando comparados com aqueles cujas equipes estão em situações inferiores de classificação (WISLOFF; HELGERUD; HOFF, 1998). Todavia, Bangsbo (1994a), não encontrou diferenças no VO_{2max} entre jogadores com bons e maus desempenhos em jogo. Desta forma, Reilly, Bangsbo e Franks (2000), sugerem que o VO_{2max} parece não ser um índice verdadeiramente sensível para detectar as melhoras de desempenho no futebol, devendo ser usado em conjunto com outras ferramentas e não de forma isolada.

Silva et al. (2009) avaliando jogadores da categoria Juniores de duas equipes importantes do futebol brasileiro, verificaram que tanto em avaliações laboratoriais (VO_{2max} , intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio - $\dot{V}O_{2max}$ e Limiar anaeróbio)

quanto em avaliações de campo (Teste de Carminatti - TCAR e capacidade de *sprints* repetidos), as diferenças entre as posições não foram evidenciadas. De acordo com os autores, uma das razões desse resultado encontra-se no fato da categoria (juniores) submetida ao estudo estar em processo de formação, o que faz com que os atletas não tenham ainda uma posição totalmente definida, levando-os a atuarem em diferentes posições, diferente daquilo que é encontrado em jogadores profissionais. Outro motivo levantado pelos autores foi o momento em que o estudo foi aplicado, no início da temporada, diferentemente dos demais estudos que buscam verificar diferenças na capacidade e potência aeróbia entre as diversas posições, que realizam suas intervenções no meio da temporada.

Uma vez que as corridas em alta intensidade, também conhecidas por *sprints* nos estudos de análise cinemática em partidas de futebol, parecem ser as mais importantes durante o jogo, Bangsbo, Norregaard e Thorso (1991) realizaram um dos primeiros trabalhos analisando, através do método visual, as características dos *sprints*. Considerando-os como toda corrida acima de 8,3m/s, verificaram que o número médio deste gesto foi de 19 por partida, com tempo de duração médio de dois segundos e que, de todas as posições analisadas, os atacantes foram aqueles que executaram um número menor de *sprints* durante o jogo quando comparados aos meio campistas e zagueiros.

Mohr, Krustup e Bangsbo (2003), também através de método visual, verificaram que o número médio de *sprints* durante partidas da Liga Italiana de Futebol foi de 39, superior ao encontrado por Bangsbo, Norregaard e Thorso (1991). Porém, o tempo médio desses esforços foi semelhante: dois segundos. Além disso, os autores verificaram que o número de *sprints* era reduzido do primeiro para o segundo tempo. As diferenças entre os dois trabalhos podem relacionar-se à tecnologia utilizada nos dois momentos, 1991 e 2003.

Bangsbo e Mohr (2005) verificaram, através de um método computacional de análise de movimento, que o número médio de *sprints* em jogadores do futebol italiano era de 36. Porém, diferentemente dos estudos citados anteriormente, os autores consideraram como *sprint* toda velocidade superior a 5,8m/s (20,9km/h).

Diante disso, como já mencionado, um dos problemas relacionados à análise de movimento em uma partida de futebol são os critérios utilizados para qualificar um determinado gesto motor. Com relação aos *sprints*, há estudos que os consideram em velocidades superiores a 5,3m/s (19,1km/h) (BUCHHEIT et al., 2010; VIGNE et al., 2010), 5,8m/s (20,9km/h) (BANGSBO; MOHR, 2005), 6,4m/s (23km/h) (BARROS et al., 2007; DI SALVO et al., 2007), 7m/s (25,2km/h) (BRADLEY et al., 2009) e 8,3m/s (29,9km/h)

(BANGSBO, NORREGAARD E THORSO, 1991; MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2003).

Com relação ao estresse fisiológico em uma partida de futebol, Bangsbo (1994b) verificou que a frequência cardíaca média em uma partida de futebol equivalia a cerca de 170bpm ou cerca de 75% da potência aeróbia máxima. Da mesma forma Braz, Spigolin e Borin (2009), verificaram que a frequência cardíaca durante o jogo encontra-se em aproximadamente 88% da máxima alcançada durante os 90 minutos de jogo, sendo que, na maior parte do tempo está entre 171 e 180bpm.

Krustrup et al. (2005) verificaram em jogadoras de futebol que a frequência cardíaca média durante o jogo foi de 167bpm, correspondendo a cerca de 87% da FC_{max} e que o VO_2 médio estimado através da frequência cardíaca foi de 2,2l/min ou 77% do VO_{2max} determinado em esteira.

Davis e Brewer (1993), investigando as respostas fisiológicas de jogadoras de futebol, relataram que a frequência cardíaca média durante uma partida de futebol é semelhante entre homens e mulheres. As atividades realizadas durante a partida fazem com que, em dois terços do tempo total de jogo, a frequência cardíaca esteja acima de 85% da FC_{max} . Os mesmos autores citam que a temperatura corporal aumenta em decorrência do jogo. Contudo, tal aumento parece ser mais pronunciado nos homens quando comparados às mulheres. Essa diferença pode ser decorrente da maior realização de atividades em alta intensidade durante a partida, por parte dos homens, além das condições climáticas, que podem potencializar a temperatura corporal, diminuindo a razão de trabalho durante o jogo, principalmente no que diz respeito aos exercícios de alta intensidade (EKBLOM, 1986).

O aumento da temperatura corporal durante o jogo pode levar a maior perda hídrica. Shirrefs et al. (2005) relataram que essa perda hídrica pode chegar a até 2 litros por hora em uma partida de futebol e em situações de treino, onde o acesso a reposição hídrica é mais fácil, esta pode representar até 1,6% do peso corporal total.

Com relação à produção de lactato durante o jogo, Davis e Brewer (1993) relatam que a concentração de lactato nas mulheres é menor do que nos homens, tanto ao final do primeiro quanto do segundo tempo. Segundo os autores, esse dado ajuda a sustentar a hipótese da maior participação do metabolismo anaeróbio por parte dos homens.

Da mesma forma, com o objetivo de verificar o estresse fisiológico diante de uma partida de futebol, alguns autores verificaram as concentrações de lactato ao longo do jogo. Estes demonstram que as médias de concentração de lactato no primeiro tempo são superiores às médias encontradas no segundo tempo. Contudo, ressaltam que estas, diferente da

frequência cardíaca, que pode ser monitorada o tempo todo, com médias a cada cinco segundos, são influenciadas pelas ações motores e intensidades realizadas anteriormente à coleta (CAPRANICA et al., 2001; STOLEN et al., 2005; BANGSBO, 2006). Em média, embora sejam diferentes entre os estudos, as concentrações de lactato no primeiro e segundo tempo da partida encontram-se entre 4 a 7mM e 2 a 3mM, respectivamente, sendo que os atletas de elite suportam maiores concentrações deste metabólito quando comparados aos seus congêneres menos treinados (STOLEN et al., 2005).

Tal redução nas concentrações de lactato entre o primeiro e segundo tempo pode estar relacionada com a maior depleção de glicogênio muscular encontrada entre os tempos de jogo. Segundo Krustrup et al. (2006), durante uma partida de futebol há depleção de glicogênio muscular, tanto em fibras musculares de contração rápida quanto nas fibras de contração lenta, sendo que, nas primeiras ela parece ser mais pronunciada, levando à redução do número e desempenho dos estímulos de alta intensidade no segundo período da partida, diminuindo desta forma tanto a capacidade glicogenolítica quanto a capacidade de recrutamento de fibras musculares de contração rápida.

Spencer et al. (2005) relatam que jogadores com níveis mais baixos de glicogênio muscular antes do jogo tendem a percorrer menores distâncias em estímulos em alta intensidade quando comparados a jogadores com altas concentrações de glicogênio muscular. Além disso, jogadores com baixos estoques de glicogênio muscular tendem a correr até 1800 metros a menos no segundo tempo de partida quando comparados àqueles cujos estoques estão estabelecidos (SALTIN, 1973).

Contudo, Spencer et al. (2005) enfatizam que a depleção de glicogênio muscular antes e durante a partida é menor quando comparada há 20 – 30 anos. Isso se deve ao aprimoramento da nutrição esportiva antes e durante o jogo.

De acordo com Reilly, Bangsbo e Franks (2000), o gasto energético total médio em uma partida de futebol, de um homem pesando cerca de 75kg e com um $VO_2\text{max}$ de aproximadamente 60ml/kg/min, equivale a cerca de 1360KCal com um VO_2 médio de aproximadamente 70% do $VO_2\text{max}$. Esta demanda fisiológica durante o jogo varia em função da razão de trabalho diante das diferentes posições adotadas durante o jogo.

Com relação às características antropométricas, os goleiros e zagueiros centrais, em média, são mais altos e mais pesados quando comparados às demais posições. De acordo com Reilly; Bangsbo e Franks (2000), esta variabilidade antropométrica pode direcionar para o esquema tático adotado pela equipe.

Rienzi et al. (1998) investigando os jogadores das seleções que participaram da Copa América de 1995, realizada no Uruguai, verificaram que o percentual de gordura médio encontrado nessa amostra era de 11%, praticamente o mesmo valor encontrado por Meckel; Machnai e Eliakim (2009) em jogadores israelenses da primeira divisão (10,8%) e por Raven et al. (1976) em jogadores profissionais dos Estados Unidos (10%).

Além disso, Rienzi et al. (1998) verificaram que cerca de 62% da massa corporal dos atletas era representada por massa muscular. Com relação à constituição dos tipos de fibras musculares em jogadores de futebol, Andersen et al. (1994) verificaram uma variabilidade bastante grande na proporção de fibras de contração lenta nos músculos vasto lateral e gastrocnêmio, 40 a 61% e 49 a 60%, respectivamente. Além disso, verificaram que com o treinamento de futebol há uma diminuição da quantidade proporcional de fibras do tipo IIA e que a quantidade de fibras do tipo IIB é bastante pequena. Além disso, Bangsbo (1994b) relata que o número médio de capilares musculares em jogadores de futebol de elite é maior do que o observado em pessoas não treinadas, mas menor do que aqueles encontrados em atletas de *endurance*.

2.2. Análise Cinemática no Futebol

A biomecânica, oriunda de estudos relacionados a uma das áreas da física, a mecânica, cujas ferramentas específicas analisavam o movimento das máquinas (HAMILL; KNUTZEN, 1999), pode ser definida como o estudo da estrutura e da função dos sistemas biológicos, envolvendo a análise das ações de força nos aspectos anatômicos e funcionais dos organismos vivos (HALL, 1993). Pode ser dividida em duas áreas básicas, a cinemática e a cinética. A cinemática descreve os aspectos de movimento como velocidade, frequência e deslocamento; já a cinética estuda os fatores que causam os movimentos, como as forças e movimentos que atuam no corpo (HALL, 1993).

Com relação à análise cinemática do movimento, Amadio e Duarte (1996) definem a cinemetria como o método de avaliação biomecânica que se utiliza de recursos de registros de imagem a fim de analisá-las posteriormente e identificar o comportamento cinemático de um corpo extenso ou ponto material. Os mesmos autores destacam a fotogrametria e a cinematografia como os dois procedimentos de cinemetria existentes. A fotogrametria é o procedimento que se utiliza de recursos fotográficos para a análise da imagem, enquanto a

cinematografia utiliza meios de filmagem para as observações do movimento (AMADIO; DUARTE, 1996). Segundo Winter (1979), os primeiros registros da locomoção humana através do uso de câmeras fotográficas ocorreram no século XIX. A partir dessas primeiras análises, várias outras foram realizadas com técnicas mais específicas e com uso de tecnologias cada vez mais avançadas no sentido de minimizar os possíveis erros de medida.

Embora existam muitos estudos cinemáticos da locomoção humana, no futebol estes se restringem praticamente à análise dos gestos executados durante a partida onde, o tipo, a frequência e o tempo de permanência para aquele gesto específico são analisados (CARLING et al., 2008).

Uma das primeiras técnicas utilizadas para analisar quantitativamente as ações realizadas em uma partida de futebol foi o método visual. Através do comprimento médio da passada para determinada ação e o tempo de sua execução, determinava-se a velocidade executada (REILLY; THOMAS, 1976; BANGSBO; NORREGAARD; THORSO, 1991). No entanto, existem críticas a esse método, haja vista a imprecisão ocasionada pelos valores médios, o número de aquisições e a forma de aquisição visual (CARLING et al., 2008). Além dessa técnica, a utilização de GPS (*Global Positioning System*) é outro método adotado para análise quantitativa das ações executadas durante o jogo. No entanto, sua baixa frequência de aquisição, algo comum para a maioria dos equipamentos existentes e a não permissão da FIFA (*Fédération Internationale de Football Association*) em utilizar equipamentos acoplados ao corpo do atleta em partidas oficiais, são as principais limitações de seu uso.

Diante dos fatos, a utilização de filmagens como forma de aquisição dos dados e de *softwares* específicos para a análise das imagens captadas estão sendo largamente utilizados. Mesmo porque, não interferem na locomoção dos jogadores, nas regras do jogo, e a aquisição dos dados passa a ser mais precisa do que os métodos anteriormente descritos (CARLING et al., 2008). Mesmo assim, é importante salientar que as variações nas análises feitas de jogo para jogo podem ser grandes de acordo com alguns fatores, dentre os quais pode-se destacar as condições ambientais no dia do jogo, o esquema tático adotado pela equipe e pela equipe adversária, o tamanho do campo, entre outros. (DRUST; ATKINSON; REILLY, 2007). Krustup e Bangsbo (2001) salientam que um controle adequado dessas medidas, mesmo diante de análises espaçadas (6 meses), pode garantir um pequeno coeficiente de variação ($\leq 4\%$).

Segundo Spencer et al. (2005), a maioria dos estudos tem utilizado observações técnicas para avaliar a intensidade de forma geral durante o jogo, correlacionando-as com as diversas atividades executadas por cada jogador. Em tais abordagens, as atividades são

classificadas de acordo com o tipo, intensidade, duração e frequência que, quando associados ao tempo, podem dar um indicativo da razão esforço pausa ou da razão de trabalho para aquele gesto em especial (DRUST; ATKINSON; REILLY, 2007).

Drust, Atkinson e Reilly (2007) relatam a existência de alguns possíveis problemas associados à análise cinemática durante uma partida de futebol. O primeiro deles relaciona-se ao conhecimento ou não, por parte do atleta, da aplicação da técnica. Stroyer, Hansen e Klausen (2004) salientam que, embora autorizado pelos atletas e responsáveis através de um termo de consentimento livre e esclarecido, o conhecimento da aplicação do método tende a modificar o padrão de movimento durante aquela partida. Além disso, a aplicação do método em apenas um ou vários atletas e, durante os 90 minutos de jogo ou em um período pré-determinado da partida, poderão influenciar de forma diferente o resultado da análise de movimento, haja vista o problema relacionado à extrapolação desses dados para os demais jogadores quando a análise é feita em apenas um atleta ou para o tempo todo do jogo, quando esta é realizada em um período pré-determinado do jogo (MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2003). Além disso, Drust, Atkinson e Reilly (2007) comentam que a análise de apenas um atleta pode mascarar a influência tática adotada pela equipe sobre as atividades executadas por aquele único jogador quando comparado aos demais jogadores e a outros jogos cuja tática adotada seja semelhante ou diferente daquela da primeira análise.

Contudo, os mais recentes métodos utilizados empregam múltiplas câmeras posicionadas em locais estratégicos que permitem a coleta de imagens de todos os jogadores ao mesmo tempo. Tais imagens são sincronizadas durante a análise computacional, permitindo a coleta de dados técnicos, táticos e do perfil de razão de trabalho durante a partida. Com relação às câmeras adotadas, Drust, Atkinson e Reilly (2007) salientam que, para intensidades mais altas, cujas velocidades de movimentação são maiores, câmeras com baixa frequência de captação podem ser um problema na discriminação desses gestos durante a análise.

Associado à baixa qualidade de captação das câmeras utilizadas, outro problema levantado pelos autores é a arbitrariedade adotada pelos diferentes estudos com relação à classificação das atividades executadas em jogo. O uso de número limitado de classificação poderá não detalhar suficientemente bem os padrões de atividade executadas em jogo. Por outro lado, um sistema de análise bastante detalhado, poderá dificultar a distinção de atividades, levando à impossibilidade de interpretação (DRUST; ATKINSON; REILLY, 2007).

Outro problema que pode ser levantado com relação à análise cinemática em futebol, relaciona-se aos poucos estudos e grupos que utilizam essa ferramenta. A maioria dos estudos ou grupos de pesquisa encontram-se na Europa e destinam-se a investigar o futebol Europeu, sugerindo uma limitada comparação das razões de trabalho durante o jogo entre as diferentes culturas e posições geográficas (STOLEN et al., 2005). Diante dessas diferenças regionais, algo que deveria ser considerado e praticamente não é nos poucos estudos que analisam o padrão de movimento em jogo, é a condição ambiental no momento da partida, que influencia diretamente na performance do jogador (EKBLÖM, 1986).

Padulo et al. (2012) realizaram o que pode-se considerar praticamente o único estudo cinemático de um teste específico ao futebol. Utilizando o teste Yo-yo Endurance nível 1 (YYE1), delimitaram uma área de captação de imagem que correspondia a 3 metros da parte central dos 20 metros do teste e, perpendicularmente a esta área, posicionaram uma câmera com alta resolução. Através da análise cinemática verificaram o comprimento e a frequência da passada, o tempo de contato com o solo e a frequência cardíaca durante o YYE1 e em uma corrida com gestos motores semelhantes, porém em uma intensidade fixa. Diante disso, os autores relatam que, conforme a intensidade é aumentada no YYE1, o tempo de contato com o solo diminui e o comprimento do passo aumenta, enquanto que a frequência cardíaca aumenta praticamente de forma linear com o aumento da intensidade.

Embora existam estudos sobre a análise cinemática durante a partida de futebol, estes praticamente não se estendem aos testes empregados para verificar o desempenho físico dos jogadores. Até mesmo pelos padrões de movimento empregados em jogo, esses tendem a ser o mais específicos possíveis, salientando as paradas bruscas, mudanças de direção, acelerações, desacelerações, etc.

2.3. Capacidade de força relacionada ao futebol

Segundo Kellis, Katis e Vrabas (2006), em esportes coletivos como o futebol, a capacidade de força é considerada um pré requisito fundamental para as ações motoras realizadas durante o jogo, sendo, em alguns casos, determinante (BADILLO; AYESTARÁN, 2001).

De acordo com a segunda lei de Newton, a força é determinada pelo produto entre massa (m) e aceleração (a) ($F = m \times a$). Diante disso, a melhora dessa capacidade poderá

acontecer em decorrência do aumento desses fatores (BOMPA, 2002). De acordo com Hoff (2005), a força e potência muscular em conjunto com a aptidão aeróbia, são capacidades fisiológicas básicas a jogadores de futebol.

Knuttgen e Kraemer (1987), da mesma forma que Bell e Wenger (1992), definem força muscular como a quantidade de força ou tensão que um músculo ou grupo muscular exerce contra uma resistência em uma velocidade específica durante uma contração voluntária. Enoka (2000) a define como um agente que produz ou tende a produzir uma mudança no estado de repouso ou de movimento de um objeto. Dentro do contexto do treinamento esportivo existem três tipos de força a serem desenvolvidos: força máxima, força de resistência e força explosiva (ZAKHAROV; GOMES, 2003).

A força máxima pode ser definida como a maior tensão que o sistema neuromuscular pode desenvolver diante de uma contração voluntária máxima (WISLLOF; HELGERUD; HOFF, 1998; PLATONOV; BULATOVA, 2003). Badillo e Ayesterán (2001) a definem como a expressão máxima de força onde a resistência só pode ser deslocada uma única vez. Esta deve ser entendida como uma forma de manifestação que influencia todos os outros componentes de produção de força. O aumento na força máxima é usualmente relacionado ao incremento da força relativa que, por sua vez, está relacionada à melhora da potência muscular (HOFF, 2005).

De acordo com Dantas (2003), a força de resistência pode ser definida com a capacidade muscular de realizar um grande número de contrações sem diminuir a amplitude de movimento, a frequência, a velocidade e a força de execução.

Por força explosiva ou potência muscular, entende-se como a produção da maior tensão muscular por unidade de tempo (KOMI, 2000; BADILLA; AYESTARÁN, 2001). Esta relaciona-se com a habilidade do sistema neuromuscular em desenvolver uma alta velocidade de ação ou criar uma forte aceleração na expressão de força.

No futebol, diante das ações realizadas pelos atletas durante a partida, em sua maioria ações intensas e de curta duração, como saltos, dribles, desarmes e finalizações, onde exigem mudanças rápidas de direção, nota-se a necessidade de produzir força em períodos curtos de tempo, sendo a força explosiva uma capacidade condicionante para a modalidade. Com isso, podemos notar a importância da mesma em jogadores de futebol, já que uma partida é definida nas ações de alta velocidade e/ou alta intensidade (WISLOFF et al., 2004)

Em relação às ações realizadas durante o jogo, Pasquarelli et al. (2010) relatam que estas exigem força e potência dos atletas, contribuindo significativamente no desempenho. Wisloff, Helgerud e Hoff (1998) relatam que altos níveis de força muscular nos membros

inferiores constituem um elemento importante na melhoria da performance do futebol, assim como também na prevenção de lesões, atuando diretamente nas estruturas do aparelho locomotor.

A capacidade de força geralmente é avaliada no meio esportivo, através dos testes de força dinâmica de uma repetição máxima (1RM), frequentemente determinada no exercício agachamento e através de testes que enfatizam a capacidade de força explosiva (potência) de membros inferiores, avaliada por meio dos testes de saltos, tanto vertical (*drop jump* - DJ, *squat jump* - SJ, *countermovement jump* - CJ) quanto horizontal (saltos quádruplos e sêxtuplos) (HOFF, 2005).

Hahn, Foldspang e Ingemann-Hansen (1999), com objetivo de investigar a potencial associação entre força dinâmica da musculatura do quadríceps com a participação em esportes, verificaram que a força dinâmica máxima (1RM), além de associar-se com outras modalidades esportivas, associou-se com os anos de prática no futebol, ou seja, quanto mais tempo de prática, maior a força da musculatura do quadríceps.

Wisloff et al. (2004), com o objetivo de relacionar a força máxima determinada no exercício agachamento com a altura do salto vertical e o desempenho em *sprints* uni e bidirecionais, recrutaram 17 jogadores do futebol de elite da Noruega e puderam verificar que a força máxima correlacionou-se negativamente com o *sprint* unidirecional (10 e 30 metros; $r = -0,94$ e $-0,71$, respectivamente), com o *sprint* bidirecional (10m; $r = -0,68$) e positivamente com a altura do salto vertical ($r = 0,78$). Além disso, os autores verificaram que a altura do salto vertical, outra variável costumeiramente utilizada nas avaliações de jogadores de futebol, correlacionou-se negativamente com os *sprints* unidirecionais de 10 ($r = -0,72$) e 30 metros ($r = -0,60$). Desta forma, de acordo com Bangsbo et al. (1994b), quanto maior a disponibilidade de força contrátil de um músculo ou grupo muscular, maiores as habilidades de acelerar e mudar de direção, conforme expressam os resultados de Wisloff et al. (2004)

Chelly et al. (2010a) investigaram em 23 jogadores do futebol profissional da Tunísia as possíveis relações entre a força máxima determinada no exercício agachamento e a altura do salto vertical determinada através do *squat jump* e *countermovement jump* com a velocidade e aceleração no *sprint* de 10 metros. Os autores verificaram que a força máxima e o salto vertical *squat jump* correlacionaram-se positivamente com a capacidade de aceleração ($r = 0,56$ e $0,66$, respectivamente). Além disso, verificaram correlação entre o volume muscular da coxa e a aceleração ($r = 0,66$). Esses resultados os fazem concluir que a força máxima, a potência e o volume muscular da coxa são importantes para a capacidade de aceleração em jogadores de futebol.

Além das correlações existentes entre as variáveis de força com aquelas relacionadas ao desempenho no futebol, Chelly et al. (2010b) em um estudo longitudinal de oito (8) semanas onde foi aplicado treinamento pliométrico duas vezes por semana em jogadores de futebol, verificaram melhoras na potência de membros inferiores, altura do salto vertical, velocidade e aceleração em *sprints*, que, segundo os autores são variáveis importantes para o desempenho em uma partida de futebol.

Da mesma forma que no estudo anterior, Váczi et al. (2013) também aplicaram de forma longitudinal um programa de saltos pliométricos associados ao treinamento de futebol, por um período de seis semanas. Ao final desse período, verificaram melhoras significantes na agilidade, altura do salto vertical e força isométrica máxima do grupo muscular quadríceps. Contudo, segundo os autores, as melhoras mais expressivas foram relacionadas à força máxima e potência, enquanto que a agilidade, embora tenha melhorado significativamente, foi a capacidade que menos sofreu influência do treinamento proposto.

Contudo, Borin et al. (2011) ainda citam a importância da organização racional das cargas de trabalho para futebolistas, tendo como objetivo durante a sequência da temporada, a manutenção e desenvolvimento das capacidades neuromusculares, consideradas determinantes para o desempenho na modalidade. O trabalho neuromuscular deve ser prioritário dentro do plano organizacional para o desenvolvimento da preparação física especial do futebolista, seguido da estimulação metabólica específica e aprimoramento da velocidade.

Eniseler et al. (2012), de acordo com os resultados encontrados em seu estudo, relatam que a força isocinética dos grupos musculares quadríceps e isquiotibiais, mensurada a 500°/s, após 24 semanas de treinamento específico de futebol, melhorou significativamente em detrimento das velocidades de 60°/s e 300°/s. Segundo os autores, a melhora encontrada apenas em altas velocidades angulares relaciona-se à especificidade do treinamento da modalidade, levando-os a concluir que o treinamento específico do futebol que envolve preparações técnicas, táticas e físicas é o suficiente para melhoria da força específica.

2.4. Economia de corrida no futebol

Nos diferentes eventos atléticos, desde aqueles realizados de forma contínua quanto de forma intermitente como o futebol, a maior habilidade em produzir energia aerobiamente é

um fator determinante para o ótimo desempenho (SAUNDERS et al., 2004). Dessa forma, o alto desempenho nessas modalidades correlacionam-se com a mais alta potência aeróbia (VO_2max) (TOMLIN; WENGER, 2001). No entanto, outros fatores, além do VO_2max são importantes na determinação da capacidade de *endurance*. Estes, segundo Conley e Krahenbuhl (1980) estão associados às mais altas razões do VO_2max com que um indivíduo consegue se exercitar sem pronunciados acúmulos de lactato e elevados consumos de oxigênio.

Assim, alguns outros índices, como a intensidade associada ao VO_2max (iVO_2max), o limiar anaeróbio (LAn) e a economia de corrida (EC) parecem ser melhores preditores de desempenho quando comparados ao VO_2max em grupos homogêneos de atletas bem treinados (PAAVOLAINEN et al., 1999).

Segundo Di Prampero et al (1993), em especial, a EC apresenta uma forte relação com o desempenho, podendo ser definida como o consumo de oxigênio (VO_2) para uma dada velocidade de corrida submáxima (SAUNDERS et al., 2006; GUGLIELMO; GRECO; DENADAI, 2009). Dessa forma, indivíduos com o mesmo VO_2max podem apresentar desempenhos diferentes devido a diferenças na EC. De acordo com alguns estudos, a variabilidade interindividual da EC em indivíduos com o mesmo VO_2max é bastante ampla, podendo ser maior que 15% (ORTIZ et al., 2003), chegando até a 30% (DANIELS, 1985). De acordo com Ortiz et al. (2003) parte da variabilidade da EC tem sido associada a fatores antropométricos (distribuição da massa corporal nos segmentos), fisiológicos (tipo de fibra muscular), biomecânicos e técnicos. Entretanto, de acordo com Saunders et al. (2004), a EC pode ser influenciada por vários fatores fisiológicos e biomecânicos. Contudo, são poucas as pesquisas que investigam a manipulação desses fatores relacionando-os com a melhora de EC e o desempenho aeróbio.

Atletas altamente treinados em futebol podem apresentar uma economia de 5ml/kg/min a 9km/h quando comparados a atletas menos treinados. Tal diferença representa aproximadamente 10bpm a menos para os atletas com maior nível competitivo. Essa diferença de VO_2 entre os dois atletas poderia levar aqueles mais econômicos a percorrerem cerca de 1000 a 1500 metros a mais durante a partida, quando comparados aos menos econômicos (STOLEN et al., 2005). Associado a isso, Turunen et al. (1996) verificaram que jogadores inexperientes ativavam mais assimetricamente o músculo reto femoral quando comparados aos mais experientes. Essas ativações assimétricas poderiam elevar o VO_2 , o gasto energético e fazer com que os primeiros atletas fossem menos econômicos que os mais experientes.

Ziogas et al. (2011), com o objetivo de verificar as possíveis diferenças existentes na economia de corrida e no limiar anaeróbio em jogadores gregos de diferentes divisões, encontraram que a economia de corrida, mensurada em uma intensidade de 12km/h, foi determinante da divisão em que o atleta se encontrava. Quando compararam equipes, cujos valores médios de VO_{2max} eram estatisticamente semelhantes, a economia de corrida era maior para aqueles atletas que se encontravam em equipes de divisões superiores.

Grieco et al. (2011) verificaram que a EC em jogadoras de futebol não apresentou melhoras estatisticamente significantes após a aplicação de treinamento de força e pliometria durante 10 semanas. Contudo, verificaram que o VO_2 na intensidade de 9km/h quando comparado ao VO_{2pico} foi cerca de 5% menor após as 10 semanas. Além disso, Hoppe et al. (2013) verificaram que, embora a EC pareça ser uma variável importante, ela não apresentou correlação com um teste específico para o futebol.

Owen et al. (2012), em um estudo longitudinal de quatro semanas, verificaram que a aplicação de jogos com campo reduzido, um método de treinamento específico ao futebol, levou à melhora na habilidade de *sprints* repetidos (10 metros) e na EC, nas velocidades de 9, 11 e 14 km/h.

Contudo, da mesma forma que a análise cinemática, poucos são os estudos que verificaram a EC em jogadores de futebol e, muito menos, sua relação com variáveis relacionadas ao desempenho do esporte.

2.5. Avaliação da aptidão aeróbia no futebol

A aplicação de testes nos esportes, além de avaliar a aptidão física do atleta, é importante para ajudar a identificar o perfil individual deste, analisando seus pontos fracos e fortes para a modalidade de que participa, servindo como base para a prescrição de intensidades adequadas de treino, além de avaliar as adaptações decorrentes do mesmo (SVENSSON; DRUST, 2005).

A determinação da aptidão aeróbia, expressa principalmente pelo consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), limiar anaeróbio e economia de corrida, é extremamente importante no sentido de monitorar as adaptações decorrentes do treinamento, auxiliar na prescrição, bem como prever performance (CASTAGNA et al., 2006a), pois esses índices, apresentam relação com a performance no futebol, já que um aumento de 11% no VO_{2max} aumenta em

5% a intensidade do jogo e em 1800 metros a distância percorrida durante uma partida (HELGERUD et al., 2001).

Dos índices citados acima, o VO_{2max} é o mais utilizado na detecção da aptidão aeróbia de jogadores de futebol. Este pode ser determinado tanto em ambiente laboratorial quanto em testes de campo. Contudo, quando imaginamos os gestos motores expressos em uma partida de futebol, a natureza dos testes realizados em laboratório se distancia daquilo que se observa em jogo (DRUST; REILLY; CABLE, 2000; DRUST; ATKINSON; REILLY, 2007). Diante disso, a utilização de testes de campo que se aproximam dessa realidade é de suma importância na determinação apropriada de tal índice (CASTAGNA et al., 2008; CETOLIN et al., 2010). Além disso, por mais que os testes laboratoriais possam apresentar grande validade interna e confiabilidade, eles necessitam de técnicos bem treinados para sua realização, bem como apresentam um alto custo operacional, o que inviabiliza, muitas vezes, sua aplicação (CASTAGNA et al., 2006b). Por essas razões, um grande número de testes de campo é sugerido para acessar a aptidão aeróbia de jogadores de futebol (LEGER; BOUCHER, 1980; LEGER; LAMBERT, 1982; BANGSBO, 1996).

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) pode ser definido como a mais alta quantidade de oxigênio que o organismo pode utilizar durante a realização de um exercício exaustivo em nível do mar (ASTRAND; RODAHL, 1986). Esse índice, como já mencionado anteriormente, apresenta relação com a distância total percorrida durante o jogo e com o desempenho nos estímulos em alta intensidade, haja vista ser importante para a recuperação destes (BANGSBO, 1994c; TOMLIN; WENGER, 2001).

Em esportes onde não existe uma exigência muito grande para sustentar a massa corporal, o VO_{2max} pode ser expresso em relação ao peso corporal do indivíduo (NEVILL et al., 2003). Contudo, em esportes como o futebol, no qual a sustentabilidade da massa corporal durante os movimentos executados é importante, este índice pode ser expresso, de acordo com a massa corporal magra elevada a potência de 0,67 ou 0,75 (SVENSSON; DRUST, 2005), facilitando a comparação entre jogadores com diferentes massas corpóreas.

Em média, o VO_{2max} de jogadores de futebol encontra-se entre 55 e 68ml/kg/min, sendo igual ou superior quando comparado a alguns esportes coletivos e inferior aos atletas de esportes de *endurance*. A melhora desse índice está intimamente relacionada com o desempenho durante a partida. Quanto maior o VO_{2max} , maior a distância de deslocamento durante uma partida. Contudo, tal relação parece ser ainda maior no que diz respeito à quantidade de *sprints* repetidos (McMILLAN et al., 2005).

Como já mencionado, quanto maior a potência aeróbia, menor a taxa de decaimento do desempenho diante de esforços de alta intensidade, realizados de forma repetida. Além disso, quanto maior o desempenho aeróbio, mais rápido o ajuste da cinética de O_2 nos momentos iniciais de exercício, diminuindo desta forma o déficit de O_2 (DUPONT et al., 2005).

A cinética do VO_2 é caracterizada por três fases (DUPONT et al., 2005). A primeira ocorre nos primeiros segundos do exercício, sendo caracterizada por um atraso temporário na resposta do VO_2 ocasionado pela dissociação entre o oxigênio absorvido no pulmão e o consumo na musculatura esquelética, especialmente nos músculos responsáveis pela contração muscular, tendo duração aproximada de 15 a 20 segundos, sendo denominada também de fase cardiodinâmica (CARTER et al., 2000; HIRAI et al., 2008).

A segunda fase ocorre após os primeiros 15 a 20 segundos, caracterizando-se por um aumento contínuo no VO_2 , podendo ou não resultar em uma fase de equilíbrio (*steady-state*), dependendo da intensidade do exercício. Essa fase é caracterizada principalmente, pela utilização dos estoques de oxigênio pelos músculos esqueléticos, ocasionando uma redução no conteúdo de oxigênio do sangue venoso misto, uma redução da pressão parcial de oxigênio (PO_2) nas unidades contráteis e, possivelmente, uma menor contribuição da desaturação do complexo oxigênio-mioglobina nas fibras musculares, levando ao aumento da diferença arterio-venosa de oxigênio (CARTER et al., 2000; HIRAI et al., 2008).

A terceira fase é caracterizada por intensidades de exercício superiores ao limiar de lactato, onde o VO_2 correspondente à carga encontra-se acima daquilo que é predito, podendo ou não estabilizar-se. A diferença entre aquilo que é predito e o VO_2 apresentado é denominado de componente lento do consumo de oxigênio (CARTER et al., 2000; HIRAI et al., 2008).

Com isso, Dupont et al. (2005), objetivando relacionar a cinética de O_2 e o desempenho em *sprints* repetidos, verificaram que quanto maior o tempo de ajuste da cinética, maior a taxa de decaimento e o tempo acumulado dos *sprints*. Embora o estudo tenha mostrado uma correlação entre VO_{2max} e menor taxa de decaimento em *sprints* repetidos, possivelmente esta não está só relacionada ao VO_{2max} e sim a outros parâmetros, como a EC e os limiares.

No entanto, embora o VO_{2max} seja um índice importante para diferenciar jogadores com posicionamento e níveis diferentes de treinamento, além de detectar melhoras decorrentes do treinamento, sua maneira de determinação não parece ser a melhor maneira

para avaliar o desempenho específico do futebol, cujas intermitências são requeridas no jogo (SVENSSON; DRUST, 2005).

Com isso, alguns testes de campo foram sugeridos com o objetivo de aumentar a especificidade da avaliação. Um teste bastante utilizado no futebol, até mesmo por suas características de acelerações e desaceleração, é o *Shuttle Run Test* (SRT), proposto por Leger e Lambert (1982). Este é caracterizado por ser máximo, progressivo e contínuo, sendo realizado em uma distância de 20 metros. Em sua execução, o avaliado se desloca de um lado para o outro, em idas e voltas, num ritmo dirigido por sinal sonoro.

Em sua versão inicial, o SRT apresentava-se com estágios de dois minutos, levando a situações inconvenientes entre alguns adultos e a maioria das crianças em idade escolar, devido à desmotivação e ao aborrecimento diante de um teste tão longo. Motivados por essas razões, Leger et al. (1988) reduziram a duração dos estágios de 2 para 1 minuto.

Com o teste modificado, Leger et al. (1988) verificaram que, além de sua alta reprodutibilidade, o SRT pode ser adotado em diversos grupos etários, podendo prever com confiabilidade o VO_2max .

Williford et al. (1999), avaliando atletas de futebol juvenil, verificaram que o VO_2max determinado através da fórmula preditiva do SRT não foi diferente daquele determinado em laboratório, apresentando relação com o mesmo. Com isso, concluíram que o SRT é um teste válido para prever o condicionamento cardiorrespiratório de atletas de futebol juvenil. No entanto, o erro estimado na determinação do VO_2max , através da fórmula de predição do SRT, é de aproximadamente 3,5ml/kg/min, indicando que a determinação desse índice, através do SRT, pode ser sub ou superestimado (SVENSSON; DRUST, 2005).

Outro problema associado ao SRT é sua pouca sensibilidade diante de um programa de treinamento, não sendo sensível para verificar os efeitos do treinamento de alta intensidade em jogadores de futebol (SVENSSON; DRUST, 2005) e em escolares praticantes de futebol (EDWARDS; MacFAYDEN; CLARK, 2003).

Mesmo assim, Denadai et al. (2002), com o objetivo de verificar a validade e reprodutibilidade do limiar anaeróbio (LAn) determinado no SRT em jogadores de futebol, através da modificação do teste de 1 para 3 minutos, observaram correlação entre o LAn determinado em pista de atletismo e o LAn determinado no SRT. Além disso, o limiar anaeróbio determinado no SRT foi altamente reprodutível. Portanto, concluíram que o SRT modificado de um para 3 minutos, além de ser válido para determinar o LAn em jogadores de futebol, é altamente reprodutível.

Carminatti et al. (2004) desenvolveram um teste intermitente e com mudanças de direção até a exaustão, no qual a velocidade pico alcançada no teste é válida para prescrição do treinamento, diferentemente do teste de Leger e Lambert (*Shuttle Run Test*) em que a distância é fixa, e com o aumento da intensidade as mudanças bruscas de direção se tornam mais frequentes, levando rapidamente à fadiga, subestimando a velocidade pico. No TCAR o tempo é constante e a distância é variável, o que faz com que o número de mudanças de direção seja constante em cada estágio.

Com o objetivo de verificar a validade do TCAR em jogadores de futsal, Dittrich et al. (2011) encontraram que, embora a velocidade pico no TCAR seja significativamente menor do que a velocidade pico no teste em esteira, ambas apresentaram correlação moderada ($r = 0,55$). Contudo, a velocidade de LAn determinada no TCAR não apresentou diferenças estatísticas com a velocidade de liniar determinada em esteira. Com isso, os autores afirmam que o TCAR pode ser uma ferramenta válida para determinar a potência e capacidade aeróbia em esportes como o futebol.

Da mesma forma, Silva, Dittrich e Guglielmo (2011) afirmam que devido à especificidade, validade e reprodutibilidade, o TCAR e o YYIR1 são os testes mais adequados para a avaliação aeróbia de jogadores de futebol. Contudo, salientam que o TCAR, diferentemente do YYIR1, apresenta possibilidade de transferência dos indicadores de potência e capacidade aeróbia para a prescrição do treinamento.

Embora interessante, a quantidade de estudos relacionados a este novo protocolo é bastante insipiente, sugerindo mais investigações que o validem efetivamente como um protocolo relevante para o futebol.

2.6. Teste Yo-yo

De acordo com Bangsbo, Iaia e Krstrup (2008), dentre os testes de campo mais utilizados destacam-se aqueles realizados de forma contínua (teste de 12 minutos e o *Shuttle run* teste) e aqueles realizados de forma intermitente (Yo-yo teste). No entanto, as informações, obtidas através dos testes realizados de forma contínua, são questionáveis no que diz respeito à sua relevância, principalmente quando imaginamos os gestos motores executados em uma partida de futebol (KRUSTRUP et al., 2003), caracterizados por intermitências.

Diante das limitações dos testes laboratoriais e dos testes de campo realizados de forma contínua, Bangsbo, em 1994c, desenvolveu um teste recuperativo e intermitente, denominado Yo-yo. Este foi desenvolvido através do já existente teste de múltiplos estágios “*Shuttle Run*”, criado por Leger e Lambert (1982). Da mesma forma que o *Shuttle run test*, o Yo-yo é caracterizado por corridas de idas e voltas com mudanças de direção em 180° a cada 20 metros e aumentos de intensidade até a exaustão voluntária do avaliado. Contudo, diferentemente do teste de Leger e Lambert (1982), o teste proposto por Bangsbo (1994c) é entremeado por períodos recuperativos que podem variar de 5 a 10 segundos, de acordo com o tipo de teste utilizado, Yo-yo endurance intermitente (YYEI) ou Yo-yo intermitente recuperativo (YYIR), respectivamente.

Embora ambos sejam intermitentes, segundo Bangsbo (1996) a finalidade de aplicação é diferente. O YYEI, da mesma forma que o YYIR, é sugerido para esportes como badminton, futebol, handebol, basquetebol e futebol americano. Contudo, o YYEI tem por finalidade avaliar a habilidade individual para repetir desempenho de forma intermitente em um período prolongado de tempo. Este, dependendo do nível do condicionamento do avaliado, pode se estender por 5 a 20 minutos, tendo estímulos que variam de 5 a 20 segundos com intervalos regulares de 5 segundos.

Por outro lado, o YYIR tem por finalidade avaliar a habilidade de recuperação após esforços intensos. O teste se estende por 2 a 15 minutos com estímulos que duram entre 5 e 15 segundos, entremeados por uma pausa regular de 10 segundos. Segundo Bangsbo (1996), quanto maior a capacidade de recuperação entre estímulos de alta intensidade, maior o tempo de permanência neste teste.

Embora ambos sejam validados para avaliar o desempenho de jogadores de futebol (BRADLEY et al., 2010; CHRISTENSEN et al., 2011), mais trabalhos científicos foram realizados com o YYIR não só com futebol, mas também com o rugby, basquetebol e handebol (KRUSTRUP et al., 2003; KRUSTRUP et al., 2005; ATKINS, 2006). Dessa forma, o YYIR parece ser a ferramenta cuja utilização pode ser feita com maior segurança devido ao maior número de informações relacionadas, embora não exista nenhuma afirmação concreta de que este é um teste mais confiável que o YYEI.

De acordo com Bangsbo, Iaia e Krustup (2008), o YYIR apresenta-se em dois níveis, o Yo-yo intermitente recuperativo nível 1 (YYIR1) e o Yo-yo intermitente recuperativo nível 2 (YYIR2). Ambos apresentam as mesmas características intermitentes, com estímulos progressivos entremeados com pausas regulares de 10 segundos. No entanto, o YYIR1 inicia-se com velocidades mais baixas e seus incrementos são mais moderados quando comparados

ao YYIR2. Por esse motivo, o tempo até a exaustão em cada tipo de teste pode ser diferente. Na aplicação do YYIR1 o avaliado pode entrar em exaustão em um período que varia entre 10 e 20 minutos, enquanto que, para o YYIR2, o tempo é menor, variando entre 5 e 15 minutos.

Segundo Bangsbo, Iaia e Krstrup (2008), o YYIR1 viabiliza a avaliação da capacidade de *endurance* do indivíduo, enquanto o YYIR2 determina a capacidade de realizar estímulos em alta intensidade, de forma repetida, com uma alta contribuição do metabolismo anaeróbio (Krstrup et al., 2006). Assim, os autores sugerem a aplicação do YYIR1 em pessoas com menor nível de treinamento. Da mesma forma, Atkins (2006), embora utilizando apenas o YYIR1 em seu estudo, afirma que este seria um teste interessante para ser utilizado nas primeiras etapas de uma periodização de treinamento, enquanto que o YYIR2 seria mais recomendado às fases posteriores desta periodização, em que uma maior adaptação já tenha ocorrido.

Rampinini et al. (2010) com o objetivo de verificar as respostas fisiológicas dos testes YYIR 1 e 2, a relação destes com variáveis aeróbias e anaeróbias e a diferença entre jogadores profissionais e amadores diante de suas execuções, observaram que as respostas fisiológicas dos dois testes são diferentes. O YYIR1 apresenta alta correlação com o VO_2max e apresenta menor acidose metabólica quando comparado ao YYIR2. Por outro lado, o YYIR2 apresenta maior contribuição anaeróbia que o YYIR1 e moderada correlação com o VO_2max . Ambos apresentam correlação negativa com a constante de tempo da cinética do VO_2max . Além disso, ambos foram sensíveis em discriminar jogadores de diferentes níveis, algo que não ocorreu com o VO_2max determinado em esteira.

Os estudos de validação são realizados em sua maioria com o YYIR1 proposto por Bangsbo (1994c), sendo utilizado em jogadores de futebol, pois o mesmo leva a respostas aeróbias máximas, estressando ao mesmo tempo os sistemas anaeróbios, aproximando-se do que ocorre em uma partida de futebol (CASTAGNA et al., 2006a). Além disso, pode ser considerada uma ótima ferramenta para monitorar as adaptações decorrentes do treinamento em jogadores de futebol (SIROTIC; COUTTS, 2007) e para acessar a aptidão específica de árbitros de futebol (CASTAGNA; ABT; D'OTTAVIO, 2005).

Castagna et al. (2006a), com o intuito de verificar as possíveis relações entre o YYIR1 e o Yo-yo endurance nível 2 (YYE2), a relação desses com a potência e capacidade aeróbia (VO_2max e limiar ventilatório) determinadas em esteira rolante e a relação desses com a potência muscular de membros inferiores através do salto vertical, observaram que o YYE2 foi positivamente correlacionado com o VO_2max ($r = 0,75$) e o limiar ventilatório ($r = 0,83$), enquanto que o YYIR1 correlacionou-se positivamente com a altura do salto vertical ($r =$

0,57). Com isso, verifica-se que os dois testes propostos por Bangsbo são influenciados por diferentes componentes fisiológicos, sendo o YYE2 mais relacionado com a aptidão aeróbia, enquanto que o YYIR1 está mais relacionado com as intermitências, aptidão aeróbia-anaeróbia e geração de força muscular encontradas em uma partida de futebol.

O desempenho no YYE2 apresenta correlação com o VO_2max , mas este responde por apenas 56% da variação deste índice. Castagna et al. (2006a) não encontraram correlação entre o YYIR1 e o VO_2max ; Krstrup et al (2003) relatam que o YYIR1 apresenta uma moderada correlação com o VO_2max em jogadores de futebol ($r = 0,71$). Além disso, os autores verificaram uma alta reprodutibilidade da distância do teste, apresentando um baixo coeficiente de variação (4,9%). Da mesma forma, Castagna et al. (2008) encontraram correlações moderadas entre a distância total percorrida no YYIR1 com o VO_2max e a vVO_2max determinada em jogadores de basquetebol. Contudo, tal relação não é suficientemente alta para demonstrar sua validade preditiva, representando apenas 59% da variação do VO_2max .

Impellizzeri et al.(2008a) e Rampinini et al (2008) verificaram que a *endurance* específica do futebol, avaliada através do YYIR1, está negativamente relacionada ao tempo de execução de passes curtos sem penalidades, em um teste específico para o futebol.

Krstrup et al. (2003) verificaram que a distância total do teste correlacionou-se com a distância total percorrida em uma partida de futebol e com a distância realizada em esforços de alta intensidade durante a partida, algo que não ocorreu com o VO_2max determinado de forma contínua em esteira rolante, levando os autores a afirmarem que o YYIR1 é um teste mais representativo do desempenho em uma partida de futebol que o teste laboratorial para determinação da potência aeróbia (VO_2max). Krstrup e Bangsbo (2001) verificaram em árbitros de futebol que o YYIR1, além de apresentar uma alta correlação com esforços em alta intensidade durante uma partida de futebol, apresentou-se mais sensível às adaptações decorrentes de um programa de 12 semanas de treinamento, quando comparado ao teste laboratorial em esteira rolante e ao teste de campo de 12 minutos.

Krstrup et al. (2005) verificaram a relação entre o nível de condicionamento aeróbio (VO_2max) e corridas em alta intensidade durante uma partida de futebol feminino. Constataram que esses estímulos eram altamente correlacionados com a distância percorrida no YYIR1, levando-os a concluir que o teste é um importante preditor do desempenho de jogadoras durante uma partida de futebol. Além disso, os autores chegaram à conclusão de que quanto melhor o resultado do YYIR1, menor a queda de desempenho das jogadoras nos minutos finais da partida.

Krustrup et al. (2003) observaram que a fadiga ocasionada pela realização do teste não parece estar relacionada aos baixos conteúdos musculares de pH, creatina fosfato (CP), níveis de glicogênio muscular e concentrações de lactato sanguíneo, supondo que outros fatores, além dos metabólicos e aqueles relacionados à performance, estariam relacionados com a fadiga diante de sua execução. Dentre esses fatores, sabe-se que estudos que providenciam treinamento de força para atletas de futebol de elite, apresentam melhoras na força máxima e explosiva e que estas, paralelamente melhoram a economia de corrida. Com isso, Hoff e Helgerud (2004) e Castagna et al. (2006a) sugerem que a força explosiva de membros inferiores pode afetar positivamente a performance em teste de campo progressivos, de múltiplos estágios e de alta intensidade como o YYIR1.

Com o objetivo de verificar a sensibilidade e as respostas fisiológicas do YYIR1, Atkins (2006) aplicou o teste em atletas profissionais e semi profissionais de rugby. Embora a distância total percorrida seja maior para os atletas profissionais, comparados aos semi profissionais, esta não apresentou diferença significativa; o que, segundo o autor, pode estar relacionado à variação de performance resultante das diferentes posições assumidas durante o jogo. Da mesma forma, os autores verificaram que as respostas fisiológicas, através da frequência cardíaca e das concentrações de lactato sanguíneo, expressaram o esforço máximo para ambos os grupos diante do teste, não apresentando correlação com a distância total percorrida no YYIR1.

Castagna, Abt e D'Ottavio (2005) verificaram que o YYIR1 foi discriminatório com relação ao nível de desempenho de árbitros de baixo, médio e alto nível da Federação Italiana de Futebol. Os árbitros de alto nível apresentaram diferenças significantes na distância total percorrida no teste, quando comparados aos árbitros de níveis baixo e médio. Nesse mesmo estudo, os autores verificaram que o teste de 12 minutos, amplamente aplicado em árbitros e jogadores de futebol, não apresentou a mesma capacidade discriminatória de desempenho, pois não foram observadas diferenças significativas entre os três níveis de arbitragem na distância total percorrida no teste de 12 minutos. Mohr, Krustrup e Bangsbo (2003) também demonstraram a capacidade discriminatória do YYIR1, encontrando diferenças significativas na distância total percorrida no teste entre jogadores de futebol de alto e moderado nível competitivo. Krustrup et al. (2003) observaram a mesma capacidade discriminatória com relação ao posicionamento adotado pelo jogador de futebol em campo.

Veale, Pearce e Carlson (2010), com o intuito de verificar a capacidade discriminatória do YYIR1 em atletas do futebol australiano, aplicaram o teste em atletas de elite, sub elite e homens saudáveis não atletas. Os atletas de elite percorreram maiores distâncias que os outros

dois grupos e os atletas de sub elite apresentaram melhor desempenho, quando comparados aos homens não atletas saudáveis. Com isso, da mesma forma que em outros estudos, os autores concluem que o YYIR1 apresenta uma forte capacidade discriminatória com relação ao desempenho.

Com o objetivo de comparar e correlacionar as respostas fisiológicas em jogadores de futebol, tanto em teste laboratorial realizado em esteira rolante quanto no Yo-yo - nesse caso, o Yo-yo intermitente endurance nível 2 (YYEI2), Fornaziero et al. (2009) verificaram a não existência de diferenças significativas na determinação do VO_{2max} entre os dois testes. Em contrapartida, parece não existir uma forte correlação que permita concluir a semelhança entre ambos os testes.

Castagna et al. (2006b), com objetivo de verificarem as principais respostas fisiológicas no teste de Yo-yo em jogadores de futebol, medidas diretamente através de um analisador portátil de consumo de oxigênio e relacionando-as com as medidas determinadas em teste laboratorial (esteira rolante), verificaram que a distância percorrida no teste de Yo-yo apresentou baixa correlação com o VO_{2max} determinado em esteira. No entanto, constataram que as respostas fisiológicas, o consumo de oxigênio pico (VO_{2pico}), a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e o quociente respiratório (QR) não apresentaram diferenças significativas quando comparados às medidas determinadas em esteira rolante. A única variável que apresentou diferença significativa foi a ventilação máxima (VE_{max}), que foi menor no teste laboratorial.

Dupont et al. (2010) verificaram as respostas fisiológicas de um teste contínuo de campo para determinar o VO_{2max} e o YYIR1. Em ambos os testes foi utilizado um analisador portátil de trocas gasosas. Os autores não encontraram diferenças significantes entre o VO_{2max} , FC_{max} , VE_{max} , QR e concentração pico de lactato entre os testes. Além disso, o VO_{2max} apresentou uma alta correlação com os testes. No entanto, os autores salientam que dois sujeitos com a mesma velocidade máxima alcançada no YYIR1 poderiam apresentar diferentes valores de VO_{2max} determinado no teste contínuo, levando-os a acreditar que a agilidade e coordenação específica (aceleração, desaceleração, paradas e mudanças de direção), requeridas no YYIR1, são explicações para resultados desse tipo, e que essas maiores coordenações e habilidades específicas são influenciadas não só pela potência aeróbia, mas também pela capacidade anaeróbia, habilidade de recuperação entre as corridas, tempo de reação ao sinal sonoro e habilidade de aceleração.

Tais resultados concordam com os de Castagna et al. (2006b), que salientaram que uma das prováveis explicações para a baixa correlação entre a distância percorrida no Yo-yo e

o VO_2max é que a distância total pode estar associada a outros fatores diferentes da potência aeróbia, os quais seriam a habilidade de acelerar e desacelerar, mudando de direção rapidamente. De acordo com Pasquarelli et al. (2010), tal habilidade, embora em pequena escala, parece ser influenciada pela maior potência muscular de membros inferiores, pois o treinamento dessa capacidade pode influenciar positivamente a capacidade de aceleração (HOFF; HELGERUD, 2004).

Diante disso, Serpiello et al. (2011), sabedores da representatividade dos estímulos curtos e intensos em esportes como o futebol, realizaram um estudo cujo objetivo foi verificar a influência do treinamento de *sprints* repetidos sobre o desempenho no teste de *sprints* repetidos e a relação desta melhora com o $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e a capacidade de corrida intermitente (YYIR1). Após a aplicação de 10 sessões de treinamentos de *sprint*, os autores puderam verificar melhoras na capacidade de *sprint* repetido, melhora na capacidade de aceleração no desempenho do YYIR1. Porém, não encontraram melhoras significantes no $\text{VO}_{2\text{pico}}$, no Limiar de lactato e no OBLA.

Serpiello et al. (2011), além dos resultados supracitados, encontraram forte correlação entre o desempenho no YYIR1, a capacidade de *sprints* repetidos e a capacidade de aceleração. Embora tenham encontrado correlação entre o $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e o YYIR1, tanto antes quanto após a intervenção, não encontraram correlação entre o percentual de melhoras entre esses dois índices. O fato de apenas o YYIR1 ter sido sensível às melhoras decorrentes do treinamento está associado às adaptações específicas do protocolo desenvolvido por Bangsbo. As constantes acelerações em curtos períodos de recuperação, estimuladas durante o período de treinamento, criaram adaptações específicas para a realização do YYIR1.

3. MÉTODOS

Este item será dividido em quatro tópicos. No primeiro, denominado de amostra, será apresentada a caracterização da amostra selecionada para o presente estudo. O segundo tópico, de procedimentos, será norteado pelo roteiro experimental adotado no presente estudo, onde serão apontados todos os protocolos que foram utilizados. A descrição destes será apresentada no terceiro tópico, de protocolos. O quarto e último tópico expressa análise estatística utilizada no presente estudo.

3.1. Amostra experimental

Participaram do presente estudo dez (10) jogadores de futebol de campo da categoria sub-20 do Clube Atlético Linense (CAL), que integravam a primeira divisão do futebol profissional e da categoria sub-20 do Estado de São Paulo. Dos dez (10) voluntários, três (3) eram zagueiros, três (3) atacantes, dois (2) laterais e dois (2) jogadores de meio campo. Todos do gênero masculino, apresentavam faixa etária entre 18 e 20 anos de idade, treinavam de cinco a seis dias por semana em dois períodos (manhã e tarde). As sessões de treinamento eram divididas entre treinos técnicos, táticos e físicos, no qual o tempo total de cada sessão era de 60 a 120 minutos, de acordo com a programação da comissão técnica.

Todas as coletas foram realizadas no mês de julho de 2012, quando a equipe encontrava-se em um período de três semanas de recesso do campeonato paulista da categoria. Devido à participação no campeonato, previamente a seu início, todos os atletas foram submetidos a avaliações médicas que os tornava aptos para a prática que realizavam. Além disso, o clube dispunha de um médico responsável que realizava acompanhamentos clínicos durante toda a competição. Previamente à realização desse estudo, tanto a comissão técnica da equipe quanto os atletas cedidos foram informados sobre todos os procedimentos e possíveis riscos relacionados ao estudo e, diante destas informações por escrito, tiveram a liberdade de consentir ou não sua participação (ANEXO A). Todos os procedimentos foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (CEP – EEFUSP) (ANEXO B).

3.2. Procedimentos

A aplicação do presente estudo realizou-se no Laboratório de Avaliação do Esforço Físico (LAEF) e no campo de futebol do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium (Unisalesiano – Lins/SP), no período matutino em horários previamente marcados (7 às 12 horas). Para cada avaliado, de acordo com sua disponibilidade, foi estipulado um horário específico para todos os procedimentos do estudo.

Para um maior controle da determinação das variáveis investigadas, foi sugerido aos voluntários que não realizassem atividades físicas extenuantes, ingerissem bebidas alcoólicas e cafeinadas pelo menos 24 horas antes de cada procedimento do estudo, que houvessem dormido adequadamente na noite anterior e que tivessem realizado a última refeição pelo

menos duas horas antes dos testes sugeridos. Os participantes deveriam comparecer aos testes com calçados (tênis para o teste em esteira e chuteira para a realização do YYIR1) e roupas (uniforme da equipe) apropriadas para a realização dos testes. Nesse sentido, no dia anterior a cada procedimento foi comunicado à comissão técnica da equipe qual o tipo de vestimenta adequado. Antes de todos os testes físicos, os voluntários foram submetidos a um aquecimento padronizado de aproximadamente 10 minutos a 60% da frequência cardíaca máxima. Na semana anterior a todos os procedimentos, realizaram-se duas visitas no local de treinamento dos avaliados (campo de futebol e sala de musculação). Nestas, previamente ao início da sessão de treinamento e até servindo como um processo de aquecimento, todos os voluntários passaram por um processo de familiarização do *Drop Jump*, do YYIR1 e do exercício agachamento no aparelho Smith, além da determinação da altura de queda do *Drop Jump*.

Diante da liberação do médico do clube, os voluntários foram convidados a comparecer em três momentos distintos em locais pré-determinados. No primeiro momento, compareceram ao LAEF onde foram realizadas medidas antropométricas e o teste de força dinâmica máxima para o exercício agachamento. Caso a determinação de 1RM não fosse possível em apenas uma visita, solicitou-se ao voluntário que comparecesse ao mesmo local em outro momento para a determinação da mesma.

Na segunda visita, os voluntários retornaram ao LAEF, onde, após o aquecimento padronizado, a eles foi acoplado um analisador de gases portátil (*COSMED K4*, Roma, Itália). Após a adequação do analisador de gases ao tronco dos voluntários, estes permaneceram em estado de repouso, sentados em uma cadeira por cinco (5) minutos. Após este período de repouso, foram levados à esteira rolante motorizada (*Inbramed Millenium 10200 Super ATL*) onde, através de uma corrida contínua por dez (10) minutos, na intensidade de 10km/h, determinou-se a Economia de Corrida (EC). Logo após a corrida em esteira, os voluntários executaram três saltos em profundidade (*Drop Jump*) para determinação da altura de salto vertical (Alt-jump), do tempo de contato com o solo (TC-jump) e do índice de força reativa (IFR-jump). Esses saltos foram seguidos por cinco (5) minutos de repouso, quando novamente permaneceram sentados em uma cadeira. Após esse segundo período de repouso, iniciou-se o teste intermitente e progressivo em esteira rolante (TE) para determinação das variáveis relacionadas à potência ($VO_2\text{max}$) e capacidade aeróbia (Limiar Anaeróbio – LAN). Ao término do TE, realizaram outro período de repouso de cinco (5) minutos, sendo posteriormente levados a executar os três (3) saltos em profundidade (*Drop Jump*).

A terceira e última visita iniciou-se no LAEF onde, da mesma forma que na segunda visita, o aquecimento padronizado, o repouso inicial seguido dos 10 minutos em esteira rolante a 10km/h e a execução dos três saltos em profundidade (*Drop Jump*), foram realizados de igual modo, inclusive com o uso do analisador de gases acoplado ao tórax do avaliado. Após o *Drop Jump*, diferentemente da segunda visita, os cinco minutos de repouso aconteceram no campo de futebol. Após o período de repouso, os voluntários realizaram o YYIR1 com análise de trocas gasosas através de um analisador portátil acoplado ao tórax dos participantes e análise cinemática através de uma câmera de vídeo, que coletou imagens quadro a quadro durante a execução do teste. Ao término do teste de campo, os voluntários retornaram ao laboratório onde, novamente repousaram por mais cinco (5) minutos, sendo posteriormente levados a executar os três (3) saltos em profundidade (*Drop Jump*).

Tanto os procedimentos de familiarização quanto os procedimentos destinados às coletas do presente estudo, foram realizados em um período de três (3) a quatro (4) semanas, no mês de julho de 2012, quando a equipe encontrava-se em recesso da competição de que participavam. Para minimizar os efeitos deletérios de um procedimento sobre outro, utilizou-se intervalos de três (3) a sete (7) dias entre eles.

3.3. Protocolos

3.3.1. Antropométrica

As medidas antropométricas foram caracterizadas pelas medidas da estatura (h), massa corporal total (MCT) e das dobras cutâneas dos participantes. A H foi avaliada através de um estadiômetro de parede com precisão de 0,1cm (PROFESSIONAL SANNY) e a MCT através de uma balança digital de bioimpedância com precisão de 0,1kg (TANITA TBF-305). O percentual de gordura (%G) foi estimado através do método duplamente indireto de dobras cutâneas, utilizando-se de um Plicômetro Científico (PREMIER CESCORF). Foram realizadas três medidas das dobras tríceps, subescapular, suprailíaca e abdominal, todas do lado direito do corpo, de forma rotacional, sendo adotado o valor mediano para a estimativa. Estas foram aplicadas na fórmula de Faulkner (Equação 1) para a determinação da %G (NETO; GLANER, 2007).

$$\%G = \sum DC \times 0,153 + 5,783$$

Equação 1

Sendo que, $\sum DC$ representa a somatória das quatro (4) dobras cutâneas.

3.3.2. Teste de força dinâmica máxima – 1RM

A força muscular dinâmica máxima foi determinada através do teste de 1-RM no exercício agachamento. Anteriormente ao teste de 1-RM os voluntários foram submetidos a um aquecimento em esteira rolante a 60% da frequência cardíaca máxima por dez (10) minutos. Em seguida, estes realizaram um aquecimento específico no exercício agachamento no aparelho Smith, executando uma série de cinco (5) repetições a aproximadamente 50% de 1-RM, uma série de três (3) repetições a aproximadamente 70% de 1-RM e uma série de uma repetição a aproximadamente 90% de 1-RM. Essa estimativa inicial foi realizada por meio de tentativa e erro, e de acordo com a experiência dos avaliadores. Além disso, de forma a melhorar a adequação das cargas de aquecimento, foi utilizada a escala de percepção subjetiva de esforço para exercícios resistidos (Escala de Omni), validada por Robertson et al. (2003). O intervalo entre as séries, para o início do teste e entre as tentativas no teste de 1RM foi de cinco (5) minutos.

Após as séries de aquecimento, os indivíduos foram orientados a completar uma única repetição no agachamento. Caso esta fosse executada corretamente ou se o voluntário não conseguisse executá-la, uma segunda tentativa foi sugerida após um intervalo de recuperação de cinco (5) minutos com uma carga superior (primeira possibilidade) ou inferior (segunda possibilidade) àquela empregada na tentativa anterior. Tal procedimento foi repetido em um total de cinco tentativas. Caso a carga não tenha sido determinada em uma única sessão, sessões posteriores foram realizadas para a determinação dessa variável, quando os mesmos procedimentos da primeira sessão foram repetidos, modificando apenas o ajuste das cargas de acordo com as percepções dos avaliadores diante da primeira sessão.

Com relação à execução do agachamento, o movimento correto foi caracterizado pela flexão dos joelhos até aproximadamente 90° da angulação da articulação, com a projeção antero-posterior do quadril e estabilização do tronco na fase excêntrica do movimento. Além da força dinâmica máxima (1RM), determinou-se a força dinâmica máxima relativa à massa corporal total (1RM/MCT).

3.3.3. Teste de salto vertical – *Drop Jump*

Como já mencionado, na semana que precedeu as coletas relacionadas ao estudo, os voluntários foram familiarizados com os procedimentos do *Drop Jump* e posteriormente foi determinada a altura de queda de forma individualizada. Para a determinação da altura de queda, cada voluntário, após a demonstração por parte do avaliador, realizou três saltos em diferentes alturas (20, 30, 40, 50 e 60cm). Estes foram realizados de forma randomizada e a cada três (3) minutos de recuperação entre um e outro. Considerou-se a altura de queda individualizada, aquela que proporcionou a melhor altura de salto vertical, desde que todos os procedimentos de execução do salto fossem cumpridos, chegando-se a valores entre 40 e 60cm. Para a realização do *Drop Jump*, ao sinal do avaliador, o avaliado partiu de uma plataforma elevada com ambos os pés em direção a um tapete de contato (*System Jump Test - Hidrofit*) posicionado logo abaixo e do lado da plataforma de saltos. Ao entrar em contato com o tapete de contato com ambos os pés, o voluntário deveria executar um salto vertical o mais rápido e alto possível, retornando ao tapete de saltos e aterrissando com ambos os pés de forma simultânea. Cada sujeito realizou três tentativas antes e após o TE e o YYIR1. Entre uma tentativa e outra foi estabelecida uma pausa de trinta segundos para recuperação da tentativa anterior e reposicionamento. Das três tentativas, aquela que apresentou a maior altura de salto foi a considerada para o presente estudo. Além da altura do salto vertical (Alt-jump), foi determinada a variável tempo de contato com o tapete de contato (TC-jump) e a variável índice de força reativa (IFR-jump) (ORTIZ et al., 2010).

3.3.4. Teste intermitente e progressivo em esteira rolante (TE)

Foi realizada em uma esteira rolante motorizada (*Inbramed Millenium 10200 Super ATL*) mantida com 1% de inclinação; a velocidade inicial foi de 11km/h, sendo incrementada em 1km/h a cada 3 minutos, até a exaustão voluntária. Ao término de cada estágio houve uma pausa de 30 segundos para coleta de sangue e verificação da frequência cardíaca (frequencímetro *Polar – RS200sd*).

3.3.5. Determinação do limiar metabólico

Através das coletas de 25µl de sangue do lóbulo da orelha durante o TE, determinou-se as concentrações de lactato sanguíneo (*YSL 1500 SPORT*). Através dessa variável, utilizando-se o método de interpolação linear entre lactato e intensidade de esforço e considerando-se uma concentração fixa de 3,5mM de lactato, foi determinado o limiar anaeróbio (LAn-3,5mM) de cada voluntário (HECK et al., 1985).

3.3.6. Determinação do VO_2max e vVO_2max

Para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_2max), as variáveis respiratórias foram registradas a cada respiração. Utilizou-se um analisador de gases portátil (*COSMED K4*, Roma, Itália), sendo que, através da média dos últimos 30 segundos de cada estágio, o mais alto consumo de oxigênio (VO_2) foi considerado como o VO_2max . De forma a individualizar o VO_2max de acordo com a massa livre de gordura, realizou-se uma correção alométrica do mesmo de acordo com Chamari et al. (2005), na qual o VO_2max em valores absolutos foi dividido pela massa corporal total elevada à potência de 0,75 ($\text{VO}_2\text{max}^{0,75}$). A intensidade de esforço relacionada ao VO_2max (vVO_2max) foi considerada como a menor intensidade em que o VO_2max foi obtido. Se a intensidade do VO_2max não fosse sustentada por pelo menos 1 minuto, seria considerada a intensidade do estágio anterior como a vVO_2max (CAPUTO et al., 2003).

Anteriormente a cada avaliação, o analisador de gases foi calibrado com o ar ambiente e com amostras de gases cuja composição era conhecida (20,9% de O_2 e 5% de CO_2). Da mesma forma, o fluxo de ar também foi calibrado com uma seringa com volume de 3 litros.

3.3.7. Teste Yo-yo intermitente recuperativo nível 1 (YYIR1)

Conforme já mencionado, o YYIR1 foi realizado no campo de futebol do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium (Unisalesiano – Lins/SP). Todos os voluntários foram familiarizados com os procedimentos desse teste na semana que antecedeu o início das coletas. Tal familiarização foi realizada em dois momentos antes do treinamento dos atletas, quando, realizaram os dois primeiros estágios do YYIR1.

O campo de futebol foi demarcado por dois cones distantes 20 metros um do outro e um terceiro cone foi posicionado a 5 metros de um dos cones (área de recuperação). O teste resumiu-se em corridas de idas e voltas em um percurso total de 40 metros (ida e volta de 20 metros), com velocidade inicial de 10km/h e aumentos progressivos da velocidade, por meio de estímulos sonoros. Ao completar o percurso de 40 metros, os avaliados deveriam parar de correr e passar a caminhar até o terceiro cone (área de recuperação) e retornar ao cone de início. O período de recuperação correspondeu a 10 segundos. O final do teste foi determinado quando o voluntário falhasse duas vezes consecutivas em alcançar os cones no mesmo instante do sinal sonoro ou entrar em exaustão. Foram consideradas como variáveis de desempenho, nesse teste, a distância total percorrida (DistYY) e a velocidade pico (vVO_{2max}) alcançada pelo avaliado.

Aos voluntários foi acoplado um analisador de gases portátil (*COSMED K4*, Roma, Itália), sendo a análise de gases, a determinação do VO_{2max} e da vVO_{2max} realizadas da mesma forma que no TE. Ao final de cada estágio, coletas de sangue do lóbulo da orelha foram feitas para determinação das concentrações de lactato, da mesma forma como no TE.

Além disso, durante a execução do teste, os voluntários foram filmados para análise cinemática no YYIR1.

3.3.8. Análise Cinemática no YYIR1

Para isso utilizou-se uma câmera de vídeo com frequência de aquisição de 60Hz, que foi posicionada perpendicularmente à distância de 20 metros do YYIR1, em uma distância previamente calibrada a partir do ajuste do foco, permitindo capturar imagens de todo o percurso. Além do ajuste do foco, o ambiente foi preparado para facilitar a visualização do ponto anatômico desejado no momento da análise de vídeo, e calibrado através de artefatos com medidas previamente conhecidas, colocadas ao lado de um dos cones, delimitando o espaço de 20 metros. Esses procedimentos possibilitaram uma melhor qualidade no processo de digitalização dos dados, que foi feito em um microcomputador, onde a associação das imagens com o tempo de execução permitiu determinar a velocidade pico e a aceleração pico em cada percurso de 20 metros dentro de cada estágio. Para isso, o deslocamento do voluntário foi analisado quadro a quadro, através de um programa específico para análise de vídeos (Kinovea versão 8.15) sendo as variáveis tempo e distância em cada quadro exportadas para uma planilha do Microsoft Office Excel 2007 e posteriormente transferidas para um

software específico para cálculo numérico e processamento de sinais (MATLAB versão 7.9.0.529 – R2009B), o que permitiu a identificação do pico de velocidade e de aceleração em cada deslocamento de 20 metros durante o teste YYIR1. Como o YYIR1 apresenta estágios com apenas uma ida e volta de 20 metros, totalizando 40 metros e outros estágios em que são realizadas oito (8) idas e oito (8) voltas, convencionou-se fazer uma média das velocidades e acelerações pico em cada estágio. Dessa forma, cada estágio foi representado por sua velocidade e aceleração pico. Posteriormente, para análise dos dados, convencionou-se fazer a média de Velocidade Pico representativa do teste todo (VP-média) e a média da Aceleração Pico de todo o teste (AP-média). No intuito de melhor visualização do deslocamento do voluntário, a este foi oferecida uma camiseta e bermuda de lycra de cor preta, no intuito de destacar a região do quadril do avaliado. Sobre a bermuda de lycra preta, o avaliado vestiu outro calção curto de lycra da cor branca (McGINNIS, 2003; FINK et al., 2010).

3.3.9. Economia de corrida (EC)

Para determinação da economia de corrida (EC), após um período de repouso de cinco (5) minutos e previamente à realização do TE, os voluntários realizaram uma corrida de dez (10) minutos contínuos em esteira rolante (*Inbramed Millenium 10200 Super ATL*) mantida em 1% de inclinação, na intensidade de 10km/h. Através da análise de trocas gasosas (*COSMED K4*, Roma, Itália), tanto na situação de repouso quanto na situação de exercício, a EC foi determinada através da média do consumo de oxigênio dos últimos dois (2) minutos dos 10 minutos de corrida a 10km/h (DANIELS, 1985).

3.3.10. Cálculo da contribuição energética

A determinação da participação energética durante os testes laboratorial (esteira rolante - TE) e de campo (YYIR1) foram realizadas a cada estágio e/ou momentos de parada durante os testes.

Tanto no TE quanto no YYIR1, a participação aeróbia foi determinada pelas variáveis respiração a respiração, tempo e consumo de oxigênio (VO_2) em valores absolutos (l/min) obtidos através do analisador de gases portátil (*COSMED K4*, Roma, Itália). Os valores foram exportados da planilha do Microsoft Office Excel 2007 e inseridos na planilha de dados de um

software específico para análise de dados e estatística (OriginPro – versão 8). Neste, foi gerado um gráfico com os dados brutos (tempo x VO_2), que foram suavizados gerando um novo gráfico que possibilitou o cálculo do valor da integral da área entre o eixo x e o consumo de oxigênio de acordo com o tempo. O valor dessa integral foi subtraído da média do VO_2 dos últimos trinta (30) segundos do repouso de cinco (5) minutos, realizado previamente ao teste multiplicado pelo tempo de cada estágio ou ida e volta no YYIR1. No TE, tal procedimento foi repetido a cada estágio de três (3) minutos enquanto que, no YYIR1 este foi feito a cada ida e volta. A somatória dos valores obtidos a cada estágio no TE gerou o VO_2 total do teste. No YYIR1, da mesma forma que no TE, a participação aeróbia foi determinada através da integral do VO_2 subtraído do VO_2 de repouso, porém, a cada ida e volta. A somatória dos resultados obtidos a cada ida e volta gerou o VO_2 de cada estágio e a somatória destes ao VO_2 total do teste.

Para determinação da participação anaeróbia láctica tanto no TE quanto no YYIR1, levou-se em consideração que cada 1mM de lactato corresponde a 3ml de O_2 /kg de massa corporal total (DI PRAMPERO; FERRETI, 1999). Diante disso, calculou-se o delta de lactato (ΔLac) que foi representado pela concentração final de lactato em cada estágio, menos a concentração de repouso que foi determinada antes do início de cada teste (TE e YYIR1). O valor obtido foi multiplicado pela massa corporal total do avaliado, gerando o VO_2 referente à participação anaeróbia láctica.

Para determinação da participação anaeróbia aláctica, as variáveis tempo e VO_2 logo após cada estágio (TE) ou ida e volta (YYIR1) foram exportadas da planilha do Microsoft Office Excel 2007 e inseridas na planilha de dados do software específico para análise de dados e estatística (OriginPro – versão 8). Nesse software, através de um modelo monoexponencial (Equação 2) foi realizada uma análise do comportamento cinético do oxigênio logo após o esforço.

$$\text{VO}_{2(t)} = y_0 + (A_1 e^{-(t-\delta_1)/\tau_1}) \quad \text{Equação 2}$$

Onde, y_0 = consumo de oxigênio da linha de base; A_1 = amplitude (ml/min); τ_1 = constante de tempo (s); δ_1 = tempo de atraso (s).

Com isso, através da determinação da amplitude (A) e a constante de tempo (t) e a multiplicação dessas variáveis, foi determinado o VO_2 referente à recuperação de cada estágio

(TE) e a recuperação de cada ida e volta (YYIR1). A participação anaeróbia alática na esteira foi determinada através da somatória entre todos os valores de VO_2 de recuperação de cada estágio. No YYIR1, em cada estágio foram somados os valores de VO_2 de recuperação de cada ida e volta e posteriormente os valores de cada estágio, determinando o VO_2 total do teste referente a participação anaeróbio.

Com os valores totais de VO_2 referentes à participação aeróbia e anaeróbia láctica e alática determinou-se a participação de cada metabolismo através da contribuição percentual.

3.4. Análise Estatística

Os dados foram analisados através de uma estatística descritiva e expressos em média e desvio padrão. Inicialmente foi aplicado um teste de normalidade dos dados através do teste de Shapiro Wilk. Sob a hipótese de não haver distribuição normal nos dados, técnicas de correção poderiam ser empregadas, de acordo com o comportamento de cada variável (raiz quadrada, $\log^{10}$, ou inversão $1/y$), para o alcance da normalidade.

Contudo, todas as variáveis apresentaram distribuição normal e foram analisadas da seguinte forma:

Para comparação entre as variáveis (FC_{rep} , FC_{max} , Lac_{rep} , $Lac_{pós}$, VO_{2max} , $VO_{2max0,75}$ e vVO_{2max}) determinadas no TE e no YYIR1 foi utilizado um teste *t Student* para amostras dependentes. Para análise do comportamento das variáveis determinadas através da análise cinemática (AP-média e VP-média) em cada estágio do YYIR1, utilizou-se uma análise de variância de um caminho (ANOVA *One Way*) com teste Post Hoc de Tukey.

Para verificar as possíveis correlações existentes entre as variáveis estudadas foi utilizado o teste de correlação produto momento de Pearson. Além disso, as variáveis que apresentaram correlação com a variável dependente (DistYY) foram submetidas à uma análise de regressão múltipla *Stepwise* para determinação das variáveis independentes mais importantes na determinação da variável dependente. Para todas essas análises foram utilizados os programas estatísticos SAS versão 9.1 e SPSS *Statistics* versão 19. Além disso, foi adotado um nível de significância de $p \leq 0,05$.

4. RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentadas, de forma descritiva, as principais variáveis do presente estudo. Nela pode-se observar os valores médios, o desvio padrão, o coeficiente de variação e os valores máximos e mínimos de cada variável.

Tabela 1: Estatística descritiva das principais variáveis do estudo.

Variáveis	Média	CV (%)	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	18,40 ± 0,51	2,77	18,00	19,00
MCT (kg)	70,44 ± 5,86	8,31	61,20	80,60
h (cm)	179,70 ± 7,58	4,21	169,00	192,00
%G (%)	10,85 ± 1,33	12,25	9,10	14,00
1RM (kg)	180,5 ± 15,53	8,60	165,00	205,00
1RM/MCT (kg/MCT)	2,58 ± 0,33	12,79	2,04	3,03
VO ₂ max (ml/kg/min)	57,33 ± 3,40	5,93	52,94	63,69
VO ₂ max _{0,75} (ml/kg ^{0,75} /min)	164,40 ± 9,40	5,71	154,74	184,39
vVO ₂ max (km/h)	15,96 ± 1,06	6,64	14,2	17,7
LAn-3,5mM (km/h)	14,27 ± 0,64	4,48	12,90	14,80
Alt-jump (cm)	31,26 ± 3,20	10,23	24,60	35,40
TC-jump (ms)	223,00 ± 38,68	17,34	147,00	288,00
IFR-jump (mm/ms)	1,43 ± 0,17	11,88	1,12	1,67
DistYY (m)	1404,00 ± 264,96	18,87	920,00	1720,00

CV = coeficiente de variação; MCT = massa corporal total; H = estatura; %G = porcentagem de gordura; 1RM = uma repetição máxima; 1RM/MCT – repetição máxima relativa à massa corporal total; VO₂max = consumo máximo de oxigênio; VO₂max_{0,75} = correção alométrica do consumo máximo de oxigênio; vVO₂max = velocidade associada ao VO₂max; LAn-3,5mM = limiar anaeróbio em 3,5mM de lactato; Alt-jump = altura salto vertical; TC-jump = tempo de contato com o solo no *Drop Jump*; IFR = índice de força reativa no *Drop Jump*; DistYY = distância total no Yo-Yo teste.

Na tabela 2 pode-se observar a comparação das variáveis determinadas nos testes em laboratório (esteira rolante – TE) e no teste de campo (YYIR1). Através de um teste *t Student* para dados pareados, observa-se que as variáveis frequência cardíaca máxima (FC_{max}), concentrações de lactato após a realização de ambos os testes (Lac_{pós}), o consumo máximo de oxigênio (VO₂max), a correção alométrica do consumo máximo de oxigênio (VO₂max_{0,75}) e

o tempo total do teste (T.T) determinados no YYIR1 foram menores e significativamente diferentes daqueles determinados no TE. O mesmo não ocorreu com as variáveis frequência cardíaca de repouso (FC_{rep}), concentrações de lactato na situação de repouso (Lac_{rep}), velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}), percepção subjetiva de esforço (PSE), ventilação máxima (VE) e o quociente respiratório (QR), que não apresentaram diferenças significantes entre as duas situações (TE e YYIR1).

Tabela 2: Valores em média e desvio padrão das variáveis determinadas nos testes laboratorial e Yo-yo e suas comparações.

Variáveis	Esteira	Yo-Yo	p^*
FC_{rep} (bpm)	$78,50 \pm 10,10$	$82,20 \pm 8,82$	0,17
FC_{max} (bpm)	$189,60 \pm 6,97$	$186,60 \pm 8,70$	0,02*
Lac_{rep} (mM)	$0,85 \pm 0,25$	$0,82 \pm 0,28$	0,81
$Lac_{pós}$ (mM)	$6,79 \pm 1,14$	$5,85 \pm 1,54$	0,009*
VO_{2max} (ml/kg/min)	$57,33 \pm 3,40$	$53,57 \pm 2,67$	0,001*
$VO_{2max0,75}$ (ml/kg ^{0,75} /min)	$164,42 \pm 9,41$	$155,14 \pm 8,26$	0,005*
vVO_{2max} (km/h)	$15,96 \pm 1,06$	$15,60 \pm 0,39$	0,16
PSE	$9,8 \pm 0,63$	$9,9 \pm 0,31$	0,67
T.T (seg)	$1236,30 \pm 230,20$	$853,10 \pm 167,11$	0,001*
VE_{max} (l/min)	$162,80 \pm 13,06$	$161,08 \pm 11,38$	0,63
QR	$1,13 \pm 0,07$	$1,11 \pm 0,09$	0,67

FC_{rep} = frequência cardíaca de repouso; FC_{max} = frequência cardíaca máxima; Lac_{rep} = lactato de repouso; $Lac_{pós}$ = lactato pós esforço; VO_{2max} = volume máximo de oxigênio; $VO_{2max0,75}$ = volume máximo de oxigênio relativo a massa corporal livre de gordura; vVO_{2max} = velocidade associada ao VO_{2max} ; PSE = percepção subjetiva de esforço; T.T = tempo total do teste; VE_{max} = ventilação máxima; QR = quociente respiratório.

*Diferença significativa entre o teste em esteira rolante e o teste YYIR1; $p \leq 0,05$.

Nas figuras de 1 a 4, salientam-se algumas variáveis que apresentaram diferenças significantes na comparação entre o TE e o YYIR1 (FC_{max} , $Lac_{pós}$, VO_{2max} e $VO_{2max0,75}$).

Figura 1: Frequência cardíaca máxima (FCmax) determinada em teste laboratorial (esteira rolante) e em teste de campo (YYIR1). *Diferença significativa com relação ao teste laboratorial; $p \leq 0,05$.

Figura 2: Concentração de lactato após esforço (Lac_{pós}) em teste laboratorial (esteira rolante) e em teste de campo (YYIR1). *Diferença significativa com relação ao teste laboratorial; $p \leq 0,05$.

Figura 3: VO₂max determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e em teste de campo (YYIR1). *Diferença significativa com relação ao teste laboratorial; $p \leq 0,05$.

Figura 4: VO₂max de acordo com a massa corporal livre de gordura (VO₂max_{0,75}) determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e em teste de campo (YYIR1). *Diferença significativa com relação ao teste laboratorial; $p \leq 0,05$.

Na tabela 3 e na figura 5 são apresentados os resultados de participação energética nos dois testes e a comparação entre eles. Nestas, pode-se observar que a participação aeróbia no TE é significativamente maior que no YYIR1. Por outro lado, o YYIR1 apresenta valores

significativamente maiores de participações anaeróbias, lática, alática e anaeróbia total quando comparados ao TE

Tabela 3: Valores em média e desvio padrão dos percentuais de participação energética nos testes laboratorial (esteira rolante) e de campo (YYIR1).

	Aeróbio (%)	Lático (%)	Alático (%)	Anaeróbio Total (%)
Esteira	92,31 ± 1,79	6,61 ± 1,53	1,06 ± 0,34	7,67 ± 1,79
Yo-Yo	74,08 ± 6,88*	18,91 ± 6,15*	6,99 ± 2,20*	25,91 ± 6,88*

*Diferença significativa com relação as variáveis determinadas no teste em esteira rolante. $p \leq 0,05$.

Figura 5: Valores percentuais de participação energética nos testes laboratorial (esteira rolante) e de campo (YYIR1). *Diferença significativa com relação ao teste laboratorial; $p \leq 0,05$.

Com o objetivo de verificar qual dos dois testes levaria ao maior desgaste neuromuscular, foram realizados saltos verticais (*Drop Jump*) antes e após o TE e o YYIR1. Através de um teste *t Student* para dados pareados, na tabela 4 pode-se observar que a altura do salto vertical (Alt-jump) e o tempo de contato com o solo (TC-jump) para ambas as situações (TE e YYIR1) não apresentaram diferenças significantes, acontecendo o mesmo com o índice de força reativa (IFR-jump) no TE. Porém, a única variável que apresentou

diferença significativa, foi o IFR-jump no YYIR1, sendo maior na situação pós em comparação com a pré.

Tabela 4: Valores em média e desvio padrão das variáveis determinadas no *Drop Jump* antes e após a realização dos testes laboratorial (esteira rolante) e de campo (YYIR1).

	Esteira		Yo-Yo	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Alt-jump (cm)	29,41 ± 3,72	28,47 ± 4,40	29,85 ± 3,96	30,57 ± 3,78
TC-jump (ms)	213,50 ± 45,82	228,10 ± 40,42	226,70 ± 25,76	210,00 ± 37,52
IFR (mm/ms)	1,40 ± 0,19	1,31 ± 0,18	1,32 ± 0,18	1,47 ± 0,23*

Alt-jump = altura salto vertical; TC-jump = tempo de contato com o solo; IFR = índice de força reativa.

*Diferença significativa com relação a situação pré; $p \leq 0,05$.

Na tabela 5 são apresentados os resultados em média e desvio padrão da média das variáveis, média de velocidade pico (VP-média) e média de aceleração pico (AP-média) em cada estágio do teste YYIR1. Com relação a VP-média, observa-se que, embora não existam diferenças significantes na mudança de alguns estágios, pode-se observar de forma geral que esta aumenta conforme aumenta-se a intensidade do estágio. Verifica-se que a VP-média não apresenta valores inferiores a 30% acima da velocidade estipulada em cada estágio.

Com relação à média de aceleração pico (AP-média), pode-se verificar que embora esta variável aumente significativamente do segundo para o terceiro estágio, diferente da VP-média, esta, aparentemente apresenta três fases de estabilização, nos dois primeiros estágios (10 e 11,5km/h), seguidos de um aumento estatisticamente significativo a partir do terceiro estágio (13km/h), voltando a estabilizar até por volta do sétimo estágio (15km/h), quando volta a apresentar outro aumento estatisticamente significativo, aumentando no penúltimo estágio e posteriormente diminuindo no último (16km/h). Essa diminuição no último estágio pode estar associada ao pequeno número de voluntários, quatro dos dez, que conseguiram chegar até esse ponto do YYIR1.

Tabela 5: Valores em média e desvio padrão da velocidade pico e aceleração média determinadas em cada estágio do teste YYIR1.

Estágio YYIR1 (km/h)	VP-média (km/h)	AP-média (m/s ²)
10,0	13,66 ± 0,71	2,86 ± 0,44
11,5	15,10 ± 0,68 [€]	2,89 ± 0,40
13,0	17,89 ± 0,64 ^{€£}	3,58 ± 0,36 ^{€£}
13,5	19,08 ± 0,73 ^{€£¥}	3,81 ± 0,30 ^{€£}
14,0	19,76 ± 0,67 ^{€£¥}	3,88 ± 0,40 ^{€£}
14,5	20,09 ± 0,53 ^{€£¥#}	4,10 ± 0,38 ^{€£}
15,0	20,71 ± 0,80 ^{€£¥#\$}	4,23 ± 0,50 ^{€£¥}
15,5	21,09 ± 0,77 ^{€£¥#\$&}	4,46 ± 0,44 ^{€£¥#}
16,0	21,86 ± 0,88 ^{€£¥#\$&*∂}	4,57 ± 0,03 ^{€£¥}

VP-média = média da velocidade pico em cada estágio no teste YYIR1; AP-média = média da aceleração pico em cada estágio no teste YYIR1; € = diferença significativa com relação a 10km/h; £ = diferença significativa com relação a 11,5km/h; ¥ = diferença significativa com relação a 13km/h; # = diferença significativa com relação a 13,5km/h; \$ = diferença significativa com relação a 14km/h; & = diferença significativa com relação a 14,5km/h; * = diferença significativa com relação a 15km/h; ∂ = diferença significativa com relação a 15,5km/h; p≤0,05.

Tabela 6: Teste de correlação Produto momento de Pearson entre as variáveis do estudo.

	DistYY	MCT	%G	IRM	IRM/MCT	VO ₂ max	VO ₂ max 0,75	Vamax	EC	LAN	Alt- jump	TC- jump	IFR- jump	AP- média	VP- média
DistYY	-	-0,19	-0,63*	-0,05	0,04	0,74*	0,58	0,86*	-0,22	0,77*	-0,09	-0,02	-0,09	0,76*	0,44
MCT	-0,19	-	0,64*	-0,30	-0,79*	-0,50	-0,13	-0,40	-0,11	-0,36	0,45	0,24	-0,03	-0,18	-0,45
%G	-0,63*	0,64 *	-	-0,30	-0,56	-0,48	-0,08	-0,58	-0,10	-0,83*	0,30	-0,13	0,40	-0,34	-0,34
IRM	-0,05	-0,30	-0,30	-	0,81*	-0,04	0,36	0,07	-0,50	0,05	0,25	0,18	-0,12	-0,02	0,29
IRM/MCT	0,04	-0,79*	-0,56	0,81*	-	0,23	-0,19	0,25	-0,25	0,22	-0,13	-0,05	-0,04	0,06	0,45
VO ₂ max	0,74*	-0,50	-0,48	-0,04	0,23	-	0,85*	0,76*	-0,13	0,38	0,008	-0,001	-0,02	0,71*	0,57
VO ₂ max0,75	0,58	-0,13	-0,08	0,36	-0,19	0,85*	-	0,66*	-0,04	0,18	0,20	0,02	0,09	0,55	0,44
Vamax	0,86*	-0,40	-0,58	0,07	0,25	0,76*	0,66*	-	-0,27	0,72*	-0,05	-0,10	0,03	0,60	0,69*
EC	-0,22	-0,11	-0,10	-0,50	-0,25	-0,13	-0,04	-0,27	-	-0,04	-0,38	0,16	-0,40	-0,37	-0,27
LAN	0,77*	-0,36	-0,83*	0,05	0,22	0,38	0,18	0,72*	-0,04	-	-0,25	-0,05	-0,13	0,43	0,28
Alt-jump	-0,09	0,45	0,30	0,25	-0,13	0,008	0,20	-0,05	-0,38	-0,25	-	0,70*	-0,28	-0,20	-0,22
TC-jump	-0,02	0,24	-0,13	0,18	-0,05	-0,001	0,02	-0,10	0,16	-0,05	0,70*	-	-0,87*	-0,40	-0,38
IFR-jump	-0,09	-0,03	0,40	-0,12	-0,04	-0,02	0,09	0,03	-0,40	-0,13	-0,28	-0,87*	-	0,36	0,26
AP-média	0,76*	-0,18	-0,34	-0,02	0,06	0,71*	0,55	0,60	-0,37	0,43	-0,20	-0,40	0,36	-	0,56
VP-média	0,44	-0,45	-0,34	0,29	0,45	0,57	0,44	0,69*	-0,27	0,28	-0,22	-0,38	0,26	0,56	-

DistYY = distância total no Yo-Yo teste ; MCT = massa corporal total; %G = percentual de gordura; IRM = uma repetição máxima; IRM/MCT – repetição máxima relativa à massa corporal total; VO₂max = volume máximo de oxigênio; VO₂max0,75 = volume máximo de oxigênio de acordo com a massa corporal magra; Vamax = velocidade relativa ao VO₂max; EC = economia de corrida; LAN = limiar anaeróbio; Alt-jump = altura salto vertical; TC-jump = tempo de contato com o solo no *Drop Jump*; IFR = índice de força reativa no *Drop Jump*; AP-média = média da aceleração pico no YYIR1; VP-média = média da velocidade pico no YYIR1. Resultados em negrito apresentam correlação significativa, p≤0,05.

Na tabela 6 são apresentados os resultados das análises de correlação entre as principais variáveis do presente estudo. Nesta, pode ser observado que a variável dependente, que é a distância total percorrida no teste YYIR1 (DistYY), correlacionou-se negativamente com a porcentagem de gordura (%G) e positivamente com as variáveis consumo máximo de oxigênio (VO_2max), velocidade relativa ao VO_2max (Vamax ou $v\text{VO}_2\text{max}$) e limiar anaeróbio (LAn) determinados no TE. Além disso, apresentou correlação positiva com a média de aceleração pico (AP-média) determinada através da análise cinemática no teste YYIR1. Além da apresentação em tabela, essas mesmas correlações são apresentadas individualmente nas figuras de 6 a 10.

Embora não apareça na tabela 6, a figura 11 apresenta graficamente a correlação negativa existente entre a participação anaeróbia alática e a distância total percorrida no teste YYIR1.

Figura 6: Teste de correlação produto momento de Pearson entre a porcentagem de gordura e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY). ($r = -0,63$; $p = 0,04$). $p \leq 0,05$.

Figura 7: Teste de correlação produto momento de Pearson entre o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY). ($r = 0,74$; $p = 0,01$). $p \leq 0,05$.

Figura 8: Teste de correlação produto momento de Pearson entre a velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}) determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY). ($r = 0,86$; $p = 0,001$). $p \leq 0,05$.

Figura 9: Teste de correlação produto momento de Pearson entre o limiar anaeróbio (LAn-3,5mM) determinado em teste laboratorial (esteira rolante) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY). ($r = 0,76; p = 0,01$). $p \leq 0,05$.

Figura 10: Teste de correlação produto momento de Pearson entre a média de aceleração pico determinada no YYIR1 (AP-média) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY). ($r = 0,77; p = 0,009$). $p \leq 0,05$.

Figura 11: Teste de correlação produto momento de Pearson entre a participação anaeróbia alática no YYIR1 (Alat-YYIR1) e a distância total percorrida no YYIR1 (DistYY). ($r = -0,65$; $p = 0,03$). $p \leq 0,05$.

As figuras de 12 a 15 apresentam graficamente as análises de correlação entre algumas variáveis independentes mas, que de alguma forma, uma ou as duas variáveis se correlacionam com a variável dependente (DistYY). A figura 12 apresenta a correlação positiva existente entre duas variáveis, AP-média determinada através da análise cinemática no teste YYIR1 e VO_{2max} determinado no TE. A figura 13 apresenta correlação positiva entre a média de velocidade pico determinada através de análise cinemática no teste YYIR1 e a vVO_{2max} determinada no TE que, como já mencionado, apresenta correlação com a variável dependente.

Figura 12: Teste de correlação produto momento de Pearson entre a aceleração média determinada no YYIR1 (AP-média) e o consumo máximo de oxigênio (VO₂max) determinado em teste laboratorial (esteira rolante). ($r = 0,71$; $p = 0,02$). $p \leq 0,05$.

Figura 13: Teste de correlação produto momento de Pearson entre a média da velocidade pico no YYIR1 (VP-média) e a velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio (vVO₂max) determinado em teste laboratorial (esteira rolante). ($r = 0,69$; $p = 0,02$). $p \leq 0,05$.

A figura 14 apresenta graficamente a correlação negativa existente entre duas variáveis que se correlacionaram com a variável dependente (DistYY), participação anaeróbia alática (Alat-YYIR1) e a média de aceleração pico (AP-média) determinada através da análise cinemática, ambas no teste YYIR1.

Figura 14: Teste de correlação produto momento de Pearson entre a participação anaeróbia alática no YYIR1 (Alat-YYIR1) e a aceleração média determinada no YYIR1 (AP-média). ($r = -0,75$; $p = 0,01$). $p \leq 0,05$.

Da mesma forma que o consumo máximo de oxigênio foi determinado no TE (VO_{2max} -esteira), o mesmo ocorreu no teste YYIR1 (VO_{2max} -YYIR1). Porém, como apresentado na figura 15, essas duas variáveis não apresentaram correlação significativa. Como já mencionado o VO_{2max} determinado no TE correlacionou-se com a DistYY.

Figura 15: Teste de correlação produto momento de Pearson entre o consumo máximo de oxigênio determinado no YYIR1 (VO_{2max} -YYIR1) e o consumo máximo de oxigênio determinado em esteira rolante (VO_{2max} -esteira). ($r = 0,62$; $p = 0,053$). $p \leq 0,05$.

Diante das análises de correlação e determinação das variáveis independentes que se correlacionaram com a variável dependente (DistYY), foi realizada uma análise de regressão múltipla *Stepwise* para determinação das variáveis que melhor explicariam a DistYY. Para isso, as variáveis VO₂max, vVO₂max e LAn determinadas no TE, AP-média e Alat-YYIR1 determinadas no teste YYIR1 e a %G determinada através da avaliação antropométrica foram submetidas à análise de regressão múltipla. A tabela 7 apresenta o modelo que melhor explica a DistYY. Nesta pode-se observar que as variáveis vVO₂max e Alat-YYIR1 foram as únicas que, além de apresentarem correlação com a DistYY, são determinantes no resultado final da distância percorrida no YYIR1.

Tabela 7: Análise de Regressão Múltipla (*Stepwise*) das variáveis determinantes da distância total percorrida no YYIR1 (DistYY).

	Parâmetro de estimativa	R ²	Beta	p
Constante	-1149,015	-	-	0,043
vVO ₂ max	183,027	0,721	0,736	0,001
Alat-YYIR1	-52,632	0,904	-0,437	0,005

vVO₂max = velocidade associada ao VO₂max; Alat-YYIR1 = participação anaeróbia alática no YYIR1

5. DISCUSSÃO

De acordo com o levantamento bibliográfico realizado para esse estudo, aparentemente esta é a primeira pesquisa que se propõe a fazer uma análise cinemática do teste Yo-Yo Intermitente Recuperativo nível 1 (YYIR1), relacionando as variáveis dessa análise com o desempenho final do teste.

Dentre os principais resultados desta investigação pode-se destacar que: a) as variáveis VO₂max, FC_{max} e Lac_{pós} apresentaram diferenças entre os testes em esteira e YYIR1; b) que ambos os testes são realizados predominantemente através do metabolismo aeróbio, porém, o YYIR1 apresenta maior participação do metabolismo anaeróbio quando comparado ao teste em esteira; c) O desempenho de força através do *Drop Jump* não foi prejudicado após a

realização dos testes em esteira e YYIR1; d) as variáveis associadas à força muscular não se relacionaram com o desempenho final do YYIR1; e) o desempenho final do YYIR1 correlacionou-se com a %G, o VO_2max , a vVO_2max e o LAn-3,5mM determinados no teste em esteira, com a capacidade de aceleração determinada através da análise cinemática no YYIR1 e com a participação do metabolismo anaeróbio alático determinada no YYIR1; f) que das variáveis relacionadas ao desempenho final do YYIR1, apenas a vVO_2max e a participação do metabolismo anaeróbio alático foram determinantes para o resultado final do teste.

Impellizzeri, Rampinini e Marcora (2005) citam que, embora o teste Yo-yo destine-se a avaliar o desempenho aeróbio em jogadores de futebol, seu resultado final pode ser influenciado por outros fatores como potência e capacidade anaeróbia, força e potência muscular. Da mesma forma, Krstrup et al. (2003) relataram que dois sujeitos podem apresentar o mesmo desempenho final no YYIR1, mas com diferenças no VO_2max determinado em teste contínuo. Esses resultados podem ser explicados por diferenças na capacidade anaeróbia, na habilidade de recuperação entre corridas, na potência muscular de membros inferiores e na habilidade de aceleração (CASTAGNA et al., 2006b; DUPONT et al., 2010; SERPIELO et al., 2011).

Mesmo assim, o VO_2max é uma das variáveis mais utilizadas para caracterizar fisiologicamente jogadores de futebol. Reilly, Bangsbo e Franks (2000) relatam em um estudo de revisão literária que em jogadores de futebol, tal variável apresenta valores entre 55 e 68ml/kg/min. Esta variação relaciona-se principalmente às diferenças inerentes às posições táticas assumidas durante a partida (REILLY; BANGSBO; FRANKS, 2000) e ao nível de condicionamento da amostra estudada (WELLS et al., 2012).

Os valores médios de VO_2max encontrados na presente investigação (57,33ml/kg/min), corroboram com aqueles encontrados na literatura. Raven et al. (1976) e Rampinini et al. (2010) verificaram que jogadores profissionais de futebol apresentaram valores semelhantes de VO_2max , 58,4ml/kg/min e 58,5ml/kg/min, respectivamente. Nos dois estudos as amostras eram compostas por jogadores de diferentes funções táticas, assemelhando-se com a característica da presente amostra. Da mesma forma, Caldwell e Peters (2009) e Fornaziero et al., (2009) verificaram valores semelhantes dessa variável em jogadores semi profissionais (59ml/kg/min) e de categorias de base do futebol brasileiro (56ml/kg/min), respectivamente. Dessa forma, pode-se afirmar que os resultados deste estudo corroboram com aqueles encontrados na literatura científica, tanto em jogadores profissionais quanto em semi profissionais bem treinados.

Porém, como já mencionado, Reilly, Bangsbo e Franks (2000) sugerem que o VO_2max parece não ser um índice sensível para detectar as melhoras de desempenho no futebol, devendo ser usado em conjunto com outras ferramentas e não de forma isolada. Dessa forma, à caracterização da presente amostra, pode-se acrescentar o resultado obtido através de um teste de campo específico à modalidade, no caso, o teste YYIR1.

Rampinini et al. (2010) verificaram que o teste foi discriminante com relação ao nível de treinamento de jogadores de futebol, encontrando resultados diferentes entre jogadores de futebol profissional ($2231 \pm 294\text{m}$) e amadores ($1827 \pm 292\text{m}$). Diferentemente do estudo anterior, Castagna et al. (2006a) encontraram resultados superiores no teste YYIR1 em jogadores amadores ($2138 \pm 364\text{m}$), assemelhando-se aos valores encontrados posteriormente por Dupont et al. (2010), também em jogadores amadores ($2034 \pm 367\text{m}$). Mohr, Krstrup e Bangsbo (2003) e Chaouachi et al. (2010) aplicaram o YYIR1 em jogadores profissionais de futebol encontrando valores ($2260 \pm 80\text{m}$ e $2289 \pm 409\text{m}$, respectivamente) semelhantes aos encontrados por Rampinini et al. (2010). Por outro lado, Castagna et al. (2009) e Castagna et al. (2010) encontraram valores bem inferiores ($842 \pm 352\text{m}$ e $760 \pm 283\text{m}$, respectivamente) aos já mencionados. Porém, há de se mencionar que em tais estudos foram utilizados jogadores bem mais novos ($14,1 \pm 0,2$ anos e $14,4 \pm 0,1$ anos, respectivamente) que os utilizados nos estudos anteriores.

Markovic e Mikulic (2011) verificaram que o aumento da idade cronológica de jogadores de futebol influencia o desempenho no YYIR1, sendo que em jogadores com idades semelhantes à amostra do presente estudo, encontraram valores superiores no desempenho final do teste ($2128 \pm 326\text{m}$). Da mesma forma, Impellizeri et al. (2008b) e Veale, Pearce e Carlson (2010), utilizando jogadores de futebol com idades próximas as utilizadas em nosso estudo, encontraram valores superiores à presente investigação ($\cong 1900 \pm 200\text{m}$ e $1910 \pm 230\text{m}$, respectivamente).

Embora a maioria dos resultados de desempenho final do YYIR1 em jogadores de futebol sejam superiores aos encontrados nessa investigação, Wong et al. (2010) verificaram em jogadores profissionais do futebol asiático, valores próximos ($1510 \pm 75\text{m}$) aos do presente estudo. Diante dos fatos, dois possíveis argumentos poderiam explicar esse menor desempenho da presente amostra. O primeiro poderia relacionar-se ao recesso da competição no qual a equipe se encontrava no momento das coletas, quando a frequência de treinamento foi reduzida em um período de dez dias. Porém, esse é um argumento de difícil sustentação, haja vista a redução da frequência de treinamento por um curto período de tempo não reduzir o desempenho no teste Yo-yo (RANDERS et al., 2010).

O segundo argumento estaria relacionado à finalização do teste por parte dos voluntários antes de alcançarem a exaustão voluntária máxima, conforme sugerido previamente à sua realização. Embora sejam dados não apresentados, em oito dos dez voluntários foi observado platô no consumo de oxigênio nos estágios finais do YYIR1. Mesmo tal critério recebendo críticas por parte de alguns autores (MIDGLEY; CARROLL, 2009, MAUGER; SCULTHORPE, 2012), Azevedo et al. (2010) creditam neste o principal meio para a determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$ e a subsequente exaustão. Além disso, dos outros três critérios estabelecidos por Taylor, Bushirk e Henschel (1955), apenas as concentrações de lactato no final do teste, não foram superiores a 8mM. Dessa forma, acredita-se que o teste foi máximo e que o baixo desempenho no YYIR1 seja uma característica da amostra estudada.

Ao comparar as respostas fisiológicas determinadas em ambos os testes (TE e YYIR1), diferente do encontrado na literatura, o $\text{VO}_{2\text{max}}$, a FC_{max} e a $\text{Lac}_{\text{pós}}$ apresentaram diferenças significantes entre os testes. Fornaziero et al. (2009) verificaram que o $\text{VO}_{2\text{max}}$ não foi diferente quando compararam o TE com o Yo-yo intermitente endurance nível 2 (YYEI2). Em contrapartida, não encontraram correlação nessa variável determinada nos dois testes, algo também encontrado no presente estudo. Dupont et al. (2010) investigaram as respostas fisiológicas de um teste contínuo de campo para determinar o $\text{VO}_{2\text{max}}$ e o YYIR1 onde não encontraram diferenças significantes entre o $\text{VO}_{2\text{max}}$, FC_{max} , VE_{max} , QR e concentração pico de lactato entre os testes.

Castagna et al. (2006b), comparando as resposta fisiológicas entre o TE e o teste Yo-yo intermitente endurance nível 1 (YYEI1), não encontraram diferenças no consumo de oxigênio pico ($\text{VO}_{2\text{pico}}$), frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e quociente respiratório (QR). Entretanto, de acordo com os autores, o $\text{VO}_{2\text{pico}}$ no YYEI1 tendeu a ser mas baixo quando comparado ao TE e de acordo com uma análise de concordância, essas diferenças podem ser maiores que $\pm 10\text{ml/kg/min}$, inviabilizando a determinação da potência aeróbia de forma direta nesse teste. Além disso, encontraram diferença apenas na ventilação máxima (VE_{max}), que foi menor no YYEI1, sendo possivelmente explicada pelas características inerentes ao TE, onde os incrementos e a inclinação podem ter afetado a resposta ventilatória.

Ahmaidi, Collomp e Préfaut (1992) citam que a diferença na determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$ existente entre testes de diferentes características, pode estar relacionada a fatores biomecânicos onde o movimento mais correto leva a uma realização mais econômica. Movimentos mais eficientes melhoram o recrutamento das fibras musculares, reduzindo o recrutamento de fibras do tipo II e aumentando o recrutamento de fibras do tipo I (MAUGER; SCULTHORPE, 2012). Embora a familiarização tenha sido feita em ambos os testes, os

voluntários submetidos a esse estudo eram muito mais habituados a realizar testes de campo específicos ao futebol do que testes em esteira rolante. Dessa forma, acredita-se que o fato de serem mais familiarizados com testes semelhantes ao Yo-yo ou o Yo-yo propriamente dito, fez com que realizassem os movimentos pertinentes ao teste Yo-yo de forma mais econômica, podendo influenciar na determinação do VO_{2max} , FC_{max} e $[Lac]_{pós}$.

Além disso, as altas intensidades alcançadas no YYIR1, chegando a quase 6km/h acima da velocidade predita para o estágio, podem ter levado os voluntários a maiores níveis de esforço. Segundo Midgley et al. (2008), esses maiores níveis de esforço em um teste incremental podem levar a menor tolerância, resultando em menores valores de VO_{2max} .

Um resultado interessante e aparentemente, até o momento único na literatura, é a determinação da contribuição energética nos testes em esteira e YYIR1. Embora ambos os testes recebessem contribuição predominantemente do metabolismo aeróbio, a participação anaeróbia alática e láctica no YYIR1 foi significativamente maior que no TE.

De acordo com Reilly, Bangsbo e Franks (2000), o objetivo do YYIR é determinar a habilidade de recuperação em exercícios intensos. Como já mencionado, este é caracterizado por acelerações, paradas bruscas e mudanças de direção que tendem a aumentar a demanda metabólica (REILLY, 1997, FLOURIS; METSIOS; KOUTEDAKIS, 2005) e consequentemente, levar a maior contribuição anaeróbia (CASTAGNA et al., 2009). Wells et al. (2012) sugerem que o melhor desempenho no teste Yo-yo pode ser atribuído à capacidade de transferir energia pelas vias anaeróbias.

Ahmaidi, Collomp e Préfaut (1992) verificaram maiores concentrações de lactato logo após a realização de um teste de campo (*Shuttle Run Test*) quando comparado ao TE, sugerindo que a participação anaeróbia é maior no teste de campo. Da mesma forma, Rampinini et al. (2010) associaram as maiores concentrações de lactato após o YYIR2 em comparação com o YYIR1, à maior participação anaeróbia no primeiro teste.

No entanto, as concentrações de lactato após o YYIR1 foram menores estatisticamente que as encontradas no TE. Isso pode ser explicado pelas inúmeras paradas para recuperação a cada 40 metros de corrida, diferente do *Shuttle Run Test*, que é contínuo, e do YYIR2, onde os incrementos são maiores que o YYIR1. De acordo com Beneke et al. (2003), estímulos seguidos de pausa tendem a apresentar menores concentrações de lactato quando comparados a um estímulo contínuo na mesma intensidade relativa.

Esses estímulos curtos seguidos de pausa que são característicos do Yo-yo intermitente, se assemelham aos testes de *sprints* repetidos, que por sua vez se correlacionam com o YYIR1 (SERPIELO et al., 2011). A manipulação da duração dos estímulos e o tempo

de recuperação entre eles claramente influencia a contribuição energética. Balson et al. (1992a) e Balson et al. (1992b) manipularam o tamanho do estímulo e da recuperação, respectivamente. No primeiro, observaram que estímulos de 30 e 40 metros, após sua realização, apresentavam maiores valores VO_2 e concentrações de lactato quando comparados a estímulos mais curtos, de 15 metros. No segundo estudo, os autores manipularam o tempo de recuperação, quando puderam observar que em pausas de 30 e 60 segundos, além da queda do desempenho observada ao longo dos *sprints*, o VO_2 e as concentrações de lactato eram maiores quando comparadas ao tempo de recuperação de 120 segundos.

Além disso, Dupont et al. (2010) verificaram que quanto menor o percentual de decaimento entre *sprints* repetidos, maior a ressíntese de fosfocreatina (PCr) relacionando-se com a maior aptidão aeróbia. Embora a razão de ressíntese de PCr tenha sido associada a baixas concentrações de ATP e reduzido pH intramuscular, a fase inicial de ressíntese parece ser dependente da disponibilidade de oxigênio no músculo (HASELER; HOGAN; RICHARDSON, 1999).

Sprints máximos de 10 a 12,5 segundos resultam em aproximadamente 40 a 70% de depleção dos estoques de PCr (MEDBO; GRAMVIK; JEBENS, 1999; MEDBO; JEBENS; GRAMVIK, 2000). Gaitanos et al. (1993), após a realização de dez *sprints* de 6 segundos com 30 segundos de recuperação, observaram redução de 84% das concentrações de PCr ao final dos dez estímulos. Quanto menor o tempo de recuperação, menor a contribuição do sistema anaeróbio alático no decorrer do exercício. Quanto maior o número de *sprints* realizados de forma sucessiva, maior a contribuição do sistema aeróbio no fornecimento de energia em detrimento dos sistemas anaeróbios (GAITANOS et al., 1993). Dessa forma, acredita-se que a maior participação anaeróbia no YYIR1 seja decorrente da capacidade de ressíntese de PCr e possivelmente da capacidade de remoção de lactato, contribuindo na continuidade do teste.

De forma a caracterizar a capacidade de força na amostra estudada, foram realizados testes de 1RM no exercício agachamento e a altura do salto vertical determinada através da técnica do *Drop Jump*. Flouris, Metsios e Koutedakis (2006) verificaram que variáveis relacionadas à força de membros inferiores correlacionaram-se positivamente com o desempenho final de um teste específico para o futebol (*Shuttle Run Test*) e através de um modelo de regressão verificaram que esta representa 9% do resultado final do teste.

Com relação ao resultado de 1RM para o exercício agachamento, Wisloff, Helgerud e Hoff (1998), avaliando jogadores noruegueses de futebol, encontraram valores inferiores de 1RM absoluto ($\cong 150\text{kg}$) e relativo à massa corporal total ($\cong 1,9\text{kg/MCT}$) aos encontrados

na presente investigação ($180,5 \pm 15,53\text{kg}$ e $2,58 \pm 0,33\text{kg/MCT}$). O mesmo ocorreu no estudo de Wong e Wong (2009), os quais encontraram valores bem abaixo ($\cong 116\text{kg}$) em jogadores do futebol chinês. Contudo, Hoff (2005) em um estudo de revisão literária cita que o valor de 1RM no exercício agachamento em jogadores de futebol encontra-se entre 120 e 180kg.

Helgerud et al. (2011) verificaram que após aplicação de treinamento de força e *endurance* de alta intensidade em jogadores de futebol, a capacidade de força máxima determinada através do teste de 1RM no exercício agachamento aumentou, assemelhando-se ao encontrado na presente investigação.

Chelly et al. (2010a), estudando variáveis relacionadas à força muscular e à associação das mesmas com a capacidade de aceleração em sprints curtos, verificaram que a força máxima determinada através do teste de 1RM no exercício agachamento apresentou correlação significativa com a velocidade determinada nos primeiros 5m do sprint ($r = 0,66$). Da mesma forma, Comfort, Bullock e Pearson (2012) encontraram correlações significantes entre a força máxima relativa à massa corporal total com o tempo no *sprint* de cinco metros em atletas ($r = -0,61$) e com o tempo no *sprint* de 10 ($r = -0,62$) e 20 metros ($r = -0,60$) em pessoas fisicamente ativas, indicando que a força máxima relativa à massa corporal total é importante para a capacidade de aceleração curta (atletas) e longa (fisicamente ativo). Corroborando com o estudo anterior, Comfort, Haigh e Matthews (2012) verificaram que a melhora na 1RM para o exercício agachamento, associou-se à melhora no desempenho de *sprint* em 5, 10 e 20 metros. Por outro lado, Harris et al. (2010) não encontraram correlação entre o 1RM no exercício agachamento com a habilidade de *sprint* em atletas.

Além disso, a força máxima relativa à massa corporal total determinada no exercício agachamento apresenta correlação com a capacidade de mudar de direção (NIMPFIUS; McGUIGAN; NEWTON, 2010), algo não encontrado por Chaouachi et al. (2009), quando verificaram a relação de 1RM e um teste de agilidade em jogadores de basquetebol. Portanto, embora a literatura aponte uma associação entre a força dinâmica máxima e a capacidade de *sprint*, aceleração e mudança de direção, esta não correlacionou-se significativamente com nenhuma das variáveis investigadas no presente estudo.

Com relação à altura do salto vertical, a técnica utilizada na presente investigação foi o *Drop Jump*, o que dificulta a comparação com os demais estudos da literatura, haja vista utilizarem outras técnicas (*squat jump* e *countermovement jump*). Wong e Wong (2009) e Wong et al. (2009), avaliando jogadores de futebol, encontraram valores superiores ao do presente estudo na altura do salto vertical (*countermovement jump*).

Rampinini et al. (2007), utilizando o salto vertical *squat jump* em jogadores de futebol, não encontraram correlação entre essa variável e as variáveis determinadas em jogo. Os autores sugerem que a potência muscular pode ser importante para outras atividades, como o confronto direto com o adversário e cabeceios em bolas altas, os quais não foram analisados por eles. Contudo, o combate ao adversário e os cabeceios em bolas altas parecem não ser discriminatórios em jogadores de diferentes níveis, levando-os a duvidar da utilização do salto vertical em jogadores de futebol.

Pasquarelli et al. (2010) verificaram que a potência de membros inferiores determinada através do *countermovement jump* e *squat jump*, correlacionou-se fracamente com o tempo do melhor *sprint* em um teste de habilidade de *sprints* repetidos. Segundo os autores, embora em pequena escala, a potência de membros inferiores pode influenciar nas desacelerações, mudanças de direção e acelerações em testes de específicos para o futebol como o YYIR1.

Chelly et al. (2010a) verificaram que o desempenho no *countermovement jump* não apresentou correlação com a velocidade e aceleração nos primeiros 5m de *sprint*. Segundo os autores tal técnica de salto envolve o ciclo alongamento-encurtamento que possivelmente não é relevante nos primeiros 5 metros de corrida. Da mesma forma, Bissas e Havenetidis (2008) não encontraram correlação com a habilidade de *sprint*.

No entanto, é importante ressaltar que, embora os resultados sejam conflitantes, a altura do salto vertical através das diferentes técnicas tende a ser diferente. Watsford et al. (2003) encontraram diferenças significantes na altura dos saltos verticais *countermovement jump* e *Drop Jump*, sendo que a primeira técnica apresentou valores no mínimo 5cm maiores que a segunda técnica. Da mesma forma, Bassa et al. (2012), estudando crianças treinadas e não treinadas, verificaram que a altura do salto vertical foi diferente entre as duas técnicas, corroborando com os resultados do estudo anterior.

McBride, McCaulley e Cormie (2008) não encontraram diferenças significantes na altura do salto vertical quando compararam as técnicas *countermovement jump* e *Drop Jump*. No entanto, de acordo com os autores, a maior carga excêntrica ocasionada pela altura da queda no *Drop Jump* leva a um balanço energético negativo na fase excêntrica, ocasionando menores desempenhos nesse tipo de salto. Esses valores conflitantes encontrados na literatura podem ser atribuídos a questões metodológicas ou às próprias características das diferentes técnicas de salto (BASSA et al., 2012). Tempos mais longos de contato com o solo resultam em maior dissipação do estoque de energia elástica, diminuindo a altura de salto (BASSA et

al., 2012). Mesmo assim, Vaczi et al. (2013), utilizando o *Drop Jump*, encontraram valores superiores à presente investigação na altura de salto vertical.

O fato da altura de salto do presente estudo ter sido inferior às encontradas na literatura pode estar relacionado ao histórico de treinamento das demais amostras quando comparadas com a da presente investigação (com ou sem treinamento de força), nível competitivo e o procedimento utilizado para medir essa variável (REQUENA et al., 2011).

A técnica utilizada no presente estudo, da mesma forma que as demais técnicas, correlaciona-se com a habilidade de *sprint* (BISSAS; HAVENETIDIS, 2008) e é sensível ao treinamento específico de futebol (VACZI et al., 2013). Porém, diferentemente dos demais estudos, as variáveis determinadas através do *Drop Jump*, não se relacionaram às demais variáveis, muito menos ao desempenho final do YYIR1.

Com a aplicação de saltos verticais (*Drop Jump*), antes e após o TE e o YYIR1, objetivou-se verificar o efeito deletério de cada procedimento sobre o desempenho de força e consequentemente, associar esse desempenho à realização do teste. No entanto, tanto para o TE quanto para o YYIR1, a maioria das variáveis determinadas pelo *Drop Jump* não foram influenciadas pela execução prévia dos testes. A única variável que apresentou diferenças significantes logo após o YYIR1 foi o índice de força reativa (IFR).

Assim, esses resultados corroboram com aqueles encontrados por Krustup et al. (2010) e Robineau et al. (2012) que não encontraram diminuição na altura do salto vertical (*countermovement jump*) após uma partida de futebol; por Millet et al. (2002a), que não encontraram alteração na capacidade contrátil dos músculos extensores do joelho e flexores plantares após uma ultramaratona de 65km e por Millet et al. (2002b), que não encontraram alteração na fadiga de baixa frequência, logo após uma corrida de 30km. Tais resultados podem ser explicados pela possível potencialização da tensão contrátil, da razão de desenvolvimento de força (MILLET et al., 2002a) e do torque de contração a 20Hz que consequentemente mascarou a fadiga de baixa frequência.

De acordo com Millet et al. (2002b), a fadiga de baixa frequência, que também pode ser conhecida como fadiga duradoura, é originária de exercícios excêntricos e/ou de exercício que envolva o ciclo alongamento-encurtamento, alterando o acoplamento excitação-contração. Dessa forma, acredita-se, da mesma forma que nos estudos anteriores, que as variáveis determinadas através do *Drop Jump* não sofreram alterações significantes, pois possivelmente sofreram alguma potencialização logo após a realização dos testes, ou pelo número reduzido de voluntários da presente amostra, podendo levar ao erro estatístico do tipo II (KRUSTUP et al., 2010).

Após o YYIR1, a melhora do IFR, que é descrito como a habilidade de mudar rapidamente de uma contração excêntrica para concêntrica e expressa a força explosiva de um atleta, pode ser explicada tanto pelo mecanismo de potencialização citado anteriormente, quanto pela necessidade de maiores períodos de familiarização a técnica utilizada nessa investigação (FLANAGAN; EBBEN; JENSEN, 2008), podendo representar um efeito de aprendizagem no teste (RONNESTAD; NYMARK; RAASTAD, 2011) e não exatamente a potencialização, como previamente foi mencionado.

De todas as variáveis do presente estudo, apenas a %G, o VO_2max , a vVO_2max e o LAn-3,5mM determinados no teste em esteira e a capacidade de aceleração e a participação anaeróbia alática, encontradas no YYIR1, apresentaram correlação significativa com a distância total percorrida no Yo-yo, na qual apenas a vVO_2max e a participação anaeróbia alática foram determinantes no resultado final desse teste.

Com relação a %G, existem valores discrepantes na literatura. Enquanto alguns estudos encontram valores um pouco superiores de percentual em jogadores de futebol (BALIKIAN et al., 2002; McINTYRE, 2005; BENOUNIS et al., 2013), outros encontram valores inferiores (CHIN et al., 1992) ou semelhantes ao da presente investigação (LAGO-PENAS et al. 2011). Contudo, a princípio este parece ser o primeiro trabalho que encontra correlação significativa entre essa variável e a distância total percorrida no YYIR1, embora este correlacione-se com a economia de corrida (STOREN; HELGERUD; HOFF, 2011) e com a capacidade de *sprint* (OSTOJIK; ZIVANIC, 2003) em jogadores de futebol, que aparentam ser características importantes na melhoria de desempenho no futebol (SERPIELLO et al., 2011; ZIOGAS et al., 2011; OWEN et al., 2012; HOPPE et al., 2013).

O valor de limiar anaeróbio estabelecido para a presente amostra corrobora com aqueles encontrados na literatura para jogadores de futebol. Balikian et al. (2002), analisando algumas características fisiológicas de jogadores brasileiros, verificaram que o limiar anaeróbio é dependente da posição adotada em campo, encontrando valores entre 12 e 15km/h. Silva et al. (2009), diferentemente de Balikian et al. (2002), encontraram valores semelhantes, porém, sem diferenças entre as posições.

Da mesma forma, Silva, Dittrich e Guglielmo (2011) relatam que a velocidade média de limiar anaeróbio em jogadores de futebol encontra-se entre 13 e 15km/h e segundo os autores esse é o índice que apresenta maior sensibilidade aos efeitos do treinamento e que melhor discrimina atletas de diferentes níveis competitivos. De acordo com os autores, no futebol são constantes os estímulos supramáximos ($>\text{VO}_2\text{max}$), que ocasionam adaptações periféricas, como o aumento da densidade capilar, e da capacidade de transporte de lactato e

íons H^+ , que estão diretamente relacionados ao limiar anaeróbio (SILVA; GUGLIELMO; BISHOP, 2010).

Embora existam poucos trabalhos relacionando o limiar anaeróbio com o desempenho durante o jogo e em testes específicos para o futebol, Kindermann et al. (1993) relatam que a intensidade média de um jogador de futebol durante a partida encontra-se próximo ao seu limiar anaeróbio. No entanto, Svensson e Drust (2005) citam que o limiar anaeróbio aparenta não ser fortemente relacionado ao desempenho em jogo ou em testes intermitentes específicos ao futebol. Contudo, Osieck et al. (2007), analisando jogadores do futebol brasileiro, encontraram correlação significativa entre a velocidade de limiar anaeróbio e a distância total percorrida no teste YYIR2, enquanto que Castagna et al. (2006), aparentemente, pareça ser o único estudo a ter encontrado correlação significativa ($r = 0,71$) entre o limiar anaeróbio e distância total percorrida no YYIR1.

Por sua vez, Silva, Guglielmo e Bishop (2010) encontraram correlação entre o limiar anaeróbio e o tempo médio em um teste de habilidade de *sprints* repetidos, sendo que o limiar anaeróbio e o tempo do melhor *sprint* explicaram 89% da variação do tempo médio. tal associação pode ajudar a entender a correlação significativa encontrada entre o limiar anaeróbio e a distância total percorrida no YYIR1, haja vista a necessidade de tolerar altas intensidades de esforço por um período prolongado.

O $VO_2\text{max}$ determinado no presente estudo, corroborando com a literatura, também apresentou correlação significativa com a distância total percorrida no YYIR1, embora não seja uma variável determinante dessa distância. Rampinini et al. (2010) verificaram correlação significativa entre o $VO_2\text{max}$ e o YYIR1, sugerindo que essa variável é importante para a realização do teste. Castagna et al. (2008), avaliando jogadores de basquete encontraram significativa correlação entre o $VO_2\text{max}$ e o YYIR1. Embora tal associação não seja suficientemente alta para demonstrar sua validade preditiva, representando apenas 59% da variação.

Krustrup et al (2003) e Krustrup et al. (2005) relataram que o $VO_2\text{max}$ apresentou moderada correlação com o YYIR1 em jogadores de futebol. Por sua vez, Castagna et al. (2006) não encontraram correlação entre as duas variáveis. Já Karakoç et al. (2012) encontraram correlação entre as variáveis, porém, essa relação parece não ser clara, tendo em vista os resultados contraditórios encontrados na literatura e a falta de validade preditiva. Rampinini et al. (2010) encontraram correlação entre o $VO_2\text{max}$ e a constante de tempo da cinética de O_2 com o YYIR1, além do teste ser discriminante com relação ao nível de

desempenho de jogadores de futebol, algo que não ocorreu com o VO_2max determinado em esteira.

Com isso, Dupont et al. (2005), objetivando relacionar a cinética de O_2 e o desempenho em *sprints* repetidos, verificaram que quanto maior o tempo de ajuste da cinética, maior a taxa de decaimento e o tempo acumulado dos *sprints*. Embora o estudo tenha mostrado uma correlação entre VO_2max e menor taxa de decaimento entre os *sprints* repetidos, possivelmente esta não está só relacionada ao VO_2max e sim a outros parâmetros, como a EC e ao limiar anaeróbio. Portanto, embora sua associação, o VO_2max neste e em outros estudos aparenta não ser uma variável preditiva do desempenho final do YYIR1.

Outros dados interessantes do presente estudo e até o momento, aparentemente únicos, foram aqueles obtidos através da análise cinemática feita durante o YYIR1. Desses, apenas a aceleração apresentou correlação significativa com o teste. Embora não existam estudos que tenham aplicado os mesmos procedimentos deste, verifica-se que em *sprints*, quanto maior a capacidade de aceleração, maiores serão as capacidades de mudança de direção (PASQUARELLI et al., 2009) e agilidade (REBELO; OLIVEIRA, 2006), além de estar relacionada com a razão de desenvolvimento de força, que está intimamente associada a potência e força máxima, que, embora não tenham apresentado correlação com o YYIR1 no presente estudo, podem ser importantes para o resultado final do teste (PASQUARELLI et al., 2010). Diante disso, Serpiello et al. (2011), embora não analisando a capacidade de aceleração no teste Yo-yo, encontraram forte correlação entre o desempenho no teste com a capacidade de *sprints* repetidos e a capacidade de aceleração ($r = 0,83$ e $r = 0,88$, respectivamente). Os autores ainda relatam que a capacidade de aceleração é dependente de adaptações neuromusculares como potência e força reativa.

Com os resultados de correlação, todas as variáveis que apresentaram correlação significativa com o YYIR1 foram submetidas a uma análise de regressão, onde, tanto a vVO_2max determinada em esteira quanto a participação anaeróbia alática determinada no YYIR1 foram determinantes para o resultado final do teste.

Outros estudos já haviam encontrado correlação significativa entre a vVO_2max e o YYIR1 em jogadores de futebol (CASTAGNA et al., 2006a) e em jogadores de basquetebol (CASTAGNA et al., 2008), porém, nenhum deles definiu essa variável como determinante para o teste. Dupont et al. (2010) encontraram correlação significativa entre a velocidade aeróbia máxima determinada em teste de campo e a velocidade pico determinada no YYIR1 ($r = 0,79$), porém, não foi determinante.

Rampinini et al. (2007) encontraram correlação entre a velocidade pico determinada em um teste incremental e variáveis determinadas em jogo (distância total e corridas em alta e muito alta velocidade). De acordo com os autores tal relação sugere que a habilidade de cobrir grandes distâncias em altas velocidades durante o jogo está associada com a aptidão aeróbia e que esta é importante na recuperação de exercícios intermitentes de alta intensidade, característicos do futebol e do YYIR1 (KRUSTRUP et al., 2005).

Osieck et al. (2007), analisando jogadores do futebol brasileiro, encontraram correlação significativa entre a $vVO_2\text{max}$ com a distância total percorrida no teste YYIR2. Grieco et al. (2012) verificaram que o treinamento pliométrico melhorou a $vVO_2\text{max}$ e o $VO_2\text{max}$ em jogadoras de futebol. Porém, não encontraram melhoras na economia de corrida a 9km/h, embora o VO_2 nessa velocidade tenha sido cerca de 5% inferior à situação pré treinamento.

De acordo com Silva et al. (2009), a $vVO_2\text{max}$ é o índice que melhor descreve a associação entre potência aeróbia máxima e economia de corrida pois indivíduos com $VO_2\text{max}$ semelhantes podem apresentar valores diferentes de $vVO_2\text{max}$. Essa diferença é explicada pela economia de corrida, variável não relacionada com o YYIR1 no presente estudo, corroborando com Hoppe et al. (2013) que também não encontraram correlação entre EC e um teste específico para o futebol.

Outra variável determinante na distância total percorrida no YYIR1 foi a participação anaeróbia alática determinada no teste. Conforme comentado anteriormente, este aparenta ser o primeiro estudo a determinar a participação energética no Yo-yo. Esta variável, além de ser determinante, correlacionou-se negativamente com o YYIR1 e a capacidade de aceleração durante o teste, ou seja, os melhores desempenhos no Yo-yo eram aqueles que utilizavam menores frações de energia provinda do sistema anaeróbio alático.

Diante da associação negativa entre participação anaeróbia alática e Yo-yo e correlações positivas entre variáveis aeróbias ($VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e Lan-3,5mM) e o desempenho final do teste, acredita-se que a melhor aptidão aeróbia relaciona-se com a resposta mais rápida do comportamento cinético do VO_2 , minimizando o déficit de O_2 (SILVA; OLIVEIRA, 2004) nas transições estímulo-pausa características do YYIR1, levando a menores participações anaeróbias. Além disso, quanto maior o condicionamento aeróbio, maior a capacidade de transporte de lactato por parte dos transportadores monocarboxílicos e consequente remoção de lactato dos compartimentos celulares (PILEGAARD et al., 1999). Além disso, Kilding, Fysh e Winter (2007) encontraram correlações significantes entre o $VO_2\text{max}$ e a constante de tempo da cinética *off* de O_2 ($r = -0,55$). A cinética *off*, por sua vez,

parece ser coincidente com a cinética de ressíntese de PCr (McCREARY et al., 1996; CHILIBECK et al., 1998) ou apresentar uma pequena assimetria (ROSSITER et al., 2002).

Portanto, a relação inversa entre participação anaeróbia alática e desempenho final no YYIR1 aparenta estar associada à maior aptidão aeróbia, aumentando a tolerância ao exercício, favorecendo a adoção de intensidades de esforço maiores sem pronunciados aumentos no VO_2 e de metabólitos e maior capacidade de recuperação e remoção de metabólitos nas pausas entre estímulos.

A média de aceleração pico durante os estágios do YYIR1 correlacionou-se positivamente com o desempenho final do YYIR1 e, contrariando a hipótese do presente estudo, negativamente com a participação anaeróbia alática determinada no teste. No entanto, segundo Crisafulli et al. (2002), a capacidade anaeróbia, diferentemente da potência anaeróbia parece ser um fator importante para o desenvolvimento da capacidade de aceleração. Little e Williams (2005) não encontraram correlação entre velocidade máxima, aceleração e agilidade, levando-os a acreditar que estas são influenciadas por diferentes fatores, dentre os quais o diferente recrutamento muscular e razão de desenvolvimento de força. No mesmo estudo, a aceleração e a velocidade máxima apresentaram um fator de determinação de apenas 39%.

Menzel et al. (2005) verificaram que 50% do desempenho em um teste de aceleração é explicado por aspectos relacionados ao desempenho de força, como potência e força reativa (SERPIELLO et al., 2011), sustentando a ideia dos estudos anteriores que apontam outros fatores diferentes do metabolismo anaeróbio alático na determinação da capacidade de aceleração.

Embora a média de aceleração pico determinada no presente estudo não tenha se correlacionado com nenhuma variável que expressa capacidade de força, acredita-se que, diferentemente da literatura, a aceleração da presente investigação não é máxima, haja vista esta ser determinada no YYIR1, enquanto que nos estudos relacionados esta é determinada em um *sprint* máximo, o que poderia explicar a não associação de tal variável com o desempenho de força, como apontado pelos autores supracitados.

Contudo, a presente investigação apresenta algumas limitações, que podem ter influenciado de alguma forma os resultados encontrados; o que, no entanto, não invalida os mesmos. A primeira delas relaciona-se à falta de um protocolo para a determinação da potência e capacidade anaeróbia e a consequente análise de correlação dessas variáveis com o desempenho final do YYIR1. A segunda limitação refere-se ao pouco tempo de familiarização dos voluntários no *Drop Jump*, o que pode ter levado ao efeito de aprendizagem na segunda

medida após os testes em esteira e Yo-yo, mascarando os reais efeitos deletérios dos testes sobre a potência de membros inferiores e, por último, o tamanho amostral. Embora o coeficiente de variação das variáveis estudadas sejam coincidentes com os achados na literatura, o menor número de sujeitos pode levar ao erro estatístico do tipo II.

Diante disso, sugere-se, para as próximas investigações, uma ferramenta que determine a potência e capacidade anaeróbia, um maior período de familiarização com todos os protocolos selecionados e o recrutamento de uma amostra maior, inviabilizando qualquer viés.

6. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos no presente estudo, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- a) O VO_2max determinado no teste em esteira e no teste YYIR1 são diferentes estatisticamente e não se relacionam;
- b) A força dinâmica máxima, determinada através do exercício agachamento, e a potência de membros inferiores, determinada através da altura de salto vertical, tempo de contato com o solo e índice de força reativa, não apresentaram correlação com o desempenho final do YYIR1;
- c) As variáveis relacionadas à potência muscular não sofreram influência da realização dos testes em esteira e YYIR1;
- d) A economia de corrida não se correlacionou com o desempenho final no YYIR1;
- e) A participação anaeróbia alática determinada no YYIR1 apresentou relação inversa com o desempenho final do YYIR1;
- f) A porcentagem de gordura, e as variáveis determinadas na TE: VO_2max , vVO_2max e limiar anaeróbio correlacionaram-se negativa e positivamente com o desempenho final do YYIR1, respectivamente;
- g) Das variáveis determinadas através de análise cinemática no YYIR1, apenas a capacidade de aceleração relacionou-se positivamente com o desempenho final do Yo-yo;

- h) A $\dot{V}O_{2\max}$ determinada no TE e a participação anaeróbia alática determinada no Yo-yo são determinantes do resultado final do YYIR1.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAIDI, S.; COLLOMP, K.; PRÉFAUT, C. The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidaemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise test. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 65, n. 5, p. 475-9, 1992.

AMADIO, A.C.; DUARTE, M. **Fundamentos biomecânicos para análise do movimento humano**. São Paulo; EEFUSP, 1996.

ANASTASIADIS, S. et al. Real time estimation of physical activity and physiological performance reserves of players during a game of soccer. **Studies Health Technology Information**. v. 98, p. 13-5, 2004.

ANDERSEN, J.L. et al. Myosin heavy chain isoforms in single fibres from M. vastus lateralis of soccer players: effects of strength and detraining. **Acta Physiologica Scandinavica**. v. 150, n. 1, p. 21-6, 1994.

ARRUDA, M. et al. Futebol: uma abordagem de preparação física e sua influência na dinâmica da alteração dos índices de força rápida e resistência de força em macrociclo. **Revista Treinamento Desportivo**. v. 4, n. 1, p. 23-8, 1999.

ASTRAND, P.O.; RODAHL, K. **Textbook of work physiology: physiological bases of exercise**. New York: McGrawhill, 3^a ed., 1986.

ATKINS, S.J. Performance of the Yo-Yo intermittent recovery test by elite Professional and semiprofessional rugby league players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 1, p. 222-5, 2006.

AZEVEDO, P.H.S.M. et al. Biomotricity roundtable – consume máximo de oxigênio. **Brazilian Journal Biomotricity**. v. 4, n. 1, p. 3-13, 2010.

BADILLO, J.J.G.; AYESTARÁN, E.G. **Fuindamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento desportivo**. Porto Alegre: Artmed, 2ª ed., 2001.

BALIKIAN, P. et al. Consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio de jogadores de futebol: comparação entre as diferentes posições. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 8, n. 2, p. 32-6, 2002.

BALSOM, P.D. et al. Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. **International Journal of Sports Medicine**. v. 13, n. 7, p. 528-33, 1992a.

BALSOM, P.D. et al. Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 65, n. 2, p. 144-9, 1992b.

BANGSBO, J.; NORREGAARD, L.; THORSO, F. Activity profile of competition soccer. **Canadian Journal of Sports Science**. v. 16, n. 2, p. 110-6, 1991.

BANGSBO, J. Energy demands in competitive soccer. **Journal of Sports Medicine**. v. 12, p. S5-S12, 1994a.

BANGSBO, J. The Physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**. v. 15 (suppl. 619), p. 1-156, 1994b.

BANGSBO, J. **Fitness training in football: a scientific approach**. Bagsvaerd: HO+Storm, 1994c.

BANGSBO, J. **Yo-yo test**. Ancona: Kells, 1996.

BANGSBO, J.; MOHR, M. Variation in running speeds and recovery time after a sprint during top-class soccer matches. **Journal Medicine & Science & Sports Exercise**. v. 37, n. 5, p. S87, 2005.

BANGSBO, J. **Fútbol: entrenamiento de la condición física en el fútbol**. Barcelona: Editora Paidotribo, 2006.

BANGSBO, J.; IAIA, F.M.; KRUSTRUP, P. The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. **Sports Medicine**, v.38, n. 1, p. 37-51, 2008.

BARROS, R.M.L. et al. Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 6, n. 2, p. 233-42, 2007.

BASSA, E.I. et al. The effect of dropping height on jumping performance in trained and untrained prepubertal boys and girls. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 26, n. 8, p. 2258-64, 2012.

BELL, G.J.; WENGER, H.A. Physiological adaptations to velocity-controlled resistance training. **Sports Medicine**. v. 13, p.234-44, 1992.

BENEKE, R. et al. Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 35, n. 9, p. 1626-30, 2003.

BENOUNIS, O. et al. Association of short-passing ability with athletic performances in youth soccer players. **Asian Journal of Sports Medicine**. v. 4, n. 1, p. 41-8, 2013.

BISSAS, A.L.; HAVENETIDIS, K. The use of various strength-power tests as predictors of sprint running performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 48, n. 1, p. 49-54, 2008.

BOGDANIS, G.C. et al. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**. v. 80, n. 3, p. 876-84, 1996.

BOMPA, T.O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. São Paulo: Phorte Editora, 2002.

BORIN, J.P. et al. Avaliação dos efeitos do treinamento no período preparatório em atletas profissionais de futebol. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**. v. 33, n. 1, p. 219-233, 2011.

BRADLEY, P.S. et al. High-intensity running in English FA Premier League Soccer matches. **Journal of Sports Sciences**. v. 27, n. 2, p. 159-68, 2009.

BRADLEY, P.S. et al. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 9, p. 2343-51, 2010.

BRAZ, T.V.; SPIGOLIN, L.M.P.; BORIN, J.P. Proposta de bateria de testes para o monitoramento das capacidades motoras em futebolistas. **Revista da Educação Física**. v. 20, p. 569-75, 2009.

BUCHHEIT, M. et al. Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 709-16, 2010.

CALDWELL, B.P.; PETERS, D.M. Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 5, p. 1370-7, 2009.

CAPRANICA, L. et al. Heart rate and match analysis in pré – pubescent soccer players. **Journal of Sports Sciences**. v. 19, p. 379-84, 2001.

CAPUTO, F. et al. Índices de potência e capacidade aeróbia obtidos em cicloergômetro e esteira rolante: comparações entre corredores, ciclistas, triatletas e sedentários. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 9, n. 4, p. 223-30, 2003.

CARLING, C. et al. The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. **Sports Medicine**. v. 38, n. 10, p. 839-62, 2008.

CARMINATTI, L.J. et al. Determinantes do pico de velocidade em teste progressivo intermitente com pausa. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 10, p.441, 2004.

CARTER, H. et al. Oxygen uptake Kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. **Journal of Applied Physiology**. v. 89, p. 899–907, 2000.

CASTAGNA, C.; ABT, G.; D’OTTAVIO, S. The relationship between selected blood lactate thresholds and match performance in elite soccer referees. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 16, p. 623-27, 2002.

CASTAGNA, C.; ABT, G.; D’OTTAVIO, S. Competitive-level differences in Yo-Yo intermittent recovery and twelve minute run test performance in soccer referees. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 805-9, 2005.

CASTAGNA, C. et al. Aerobic fitness and Yo-Yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p. 320-5, 2006a.

CASTAGNA, C. et al. Cardiorespiratory responses to Yo-Yo intermittent endurance test in nonelite youth soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p.326-30, 2006b.

CASTAGNA, C. et al. The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 11, p. 202-8, 2008.

CASTAGNA, C. et al. Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 7, p.1954-9, 2009.

CETOLIN, T. et al. Diferença entre a intensidade do exercício prescrita por meio do teste TCAR no solo arenoso e na grama. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. v. 12, n. 1, p. 29-35, 2010.

CHAMARI, K. et al. Field and Laboratory testing in young elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 2, p. 191-6, 2004.

CHAMARI, K. et al. Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. **British Journal of Sports Medicine**. v. 39, p. 97-101, 2005.

CHAOUACHI, A. et al. Lower limb maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 5, p. 1570-7, 2009.

CHAOUACHI, A. et al. Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2663-9, 2010.

CHELLY, M.S. et al. Relationships of peak leg power, 1 maximal repetition half back squat, and leg muscle volume to 5-m sprint performance of junior soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 1, p.266-71, 2010a.

CHELLY, M.S. et al. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p.2670-6, 2010b.

CHILIBECK, P.D. et al. The effects of age on kinetics of oxygen uptake and phosphocreatine in humans during exercise. **Experimental Physiology**. v. 83, n. 1, p. 107-17, 1998.

CHIN, M.K. et al. Physiological profiles of Hong Kong elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**. v. 26, n. 4, p. 262-6, 1992.

CHRISTENSEN, P.M. VO₂ kinetics and performance in soccer players after intense training and inactivity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 9, p.1716-24, 2011.

CLARK, N.A. et al. Season-to-season variations of physiological fitness within a squad of professional male soccer players. **Journal of Sports Science and Medicine**. v. 7, p. 157-65, 2008.

COMFORT, P.; HAIGH, A.; MATTHEWS, M.J. Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 3, p.772-6, 2012.

COMFORT, P.; BULLOCK, N.; PEARSON, S.J. A comparison of maximal squat strength and 5-, 10-, and 20-meter sprint times, in athletes and recreationally trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 4, p.937-40, 2012.

CONLEY, D.L.; KRAHENBUHL, G.S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 12, n. 5, p.357-60, 1980.

CRISAFULLI, A. et al. External mechanical work *versus* oxidative energy consumption ratio during a basketball field test. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 42, p. 409-17, 2002.

DANIELS, J.T. A physiologist's view of running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 17, n. 3, p.332-8, 1985.

DANTAS, E.H.M. **Prática da preparação física**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

DAVIS, J.A.; BREWER, J. Applied physiology of female soccer players. **Sports Medicine**. v. 16, n. 3, p. 180-9, 1993.

DAWSON, B. et al. Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. v. 7, n. 4, p. 206-13, 1997.

DENADAI, B.S. et al. Validade e reprodutibilidade da resposta do lactato sanguíneo durante o teste *shuttle run* em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. v. 10, n. 2, p. 71-8, 2002.

DI PRAMPERO, P.E. et al. Energetics of Best performances in middle-distance running. **Journal of Applied Physiology**. v. 74, n. 5, p. 2318-24, 1993.

DI PRAMPERO, P.E.; FERRETI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiration Physiology**. v. 1, n. 118, p. 103-15, 1999.

DI SALVO, V. et al. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 3, p.222-7, 2007.

DITTRICH, N. et al. Validity of Carminatti's test to determine physiological indices of aerobic power and capacity in soccer and futsal players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 25, n. 11, p. 3099-106, 2011.

DRUST, B.; REILLY, T.; CABLE, N.T. Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. **Journal of Sports Science**. v. 18, p. 885-92, 2000.

DRUST, B.; ATKINSON, G.; REILLY, T. Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. **Sports Medicine**. v. 37, n. 9, p.783-805, 2007.

DUPONT, G. et al. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. **European Journal of Applied Physiology**. v. 95, p. 27-34, 2005.

DUPONT, G. et al. Yo-Yo intermittent recovery test versus the Université de Montréal Track Test: relation with a high-intensity intermittent exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, p. 146-50, 2010.

EDWARDS, A.M.; MacFAYDEN, A.M.; CLARK, N. Test performance indicators from a single soccer specific test differentiate between highly trained and recreationally active soccer players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 43, p. 14-20, 2003.

EKBLOM, B. Applied Physiology of soccer. **Sports Medicine**, v. 3, p.50-60, 1986.

ENISELER, N. et al. Isokinetic strength responses to season-long training and competition in Turkish elite soccer players. **Journal of Human Kinetics**. v. 31, p. 159-68, 2012.

ENOKA, R.M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. São Paulo: Manole, 2000.

FINK, M. et al. Análise cinemática da corrida de 100 metros rasos em escolares. **Lecturas, Educación Física y Deportes**, v. 14, n. 140, p. 1-15, 2010.

FLANAGAN, E.P.; EBBEN, W.P.; JENSEN, R.L. Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 22, n. 5, p. 1677-82, 2008.

FLOURIS, A.D.; METSIOS, G.S.; KOUTEDAKIS, Y. Enhancing the efficacy of the 20 m multistage shuttle run test. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 3, p. 166-70, 2005.

FLOURIS, A.D.; METSIOS, G.S.; KOUTEDAKIS, Y. Contribution of muscular strength in cardiorespiratory fitness test. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 46, n. 2, p. 197-201, 2006.

FONSECA, P.H.S. et al. Validação de equações antropométricas que estimam a densidade corporal em atletas profissionais de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 3, p. 153-6, 2007.

FORNAZIERO, A.M. et al. Análise comparativa do desempenho de futebolistas entre dois testes de potência aeróbia: esteira e Yo-Yo intermitente endurance nível 2. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 2, n. 3, p.82-6, 2009.

GABBETT, T.J. The development of a test of repeated-sprint ability for elite women's soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 24, n. 5, p. 1191-4, 2010.

GAITANOS, G.C. et al. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**. v. 75, n. 2, p. 712-9, 1993.

GALLAHUE, D.L. **Compreendendo o Desenvolvimento Motor: Bebês, Crianças, Adolescentes e Adultos**. 3ª ed. São Paulo: Phorte, 2005.

GASTIN, P.B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**. v. 31, n. 10, p. 725-41, 2001.

GIBSON, A.S.C. et al. Prediction of maximal oxygen uptake from a 20-m shuttle run as measured directly in runners and squash players. **Journal of Sports Sciences**. v. 16, p. 331-5, 1998.

GRIECO, C. et al. Effects of a Combined Resistance/Plyometric Training Program on Muscular Strength, Running Economy and VO₂peak in Division I Female Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 19, 2011.

GRIECO, C.R. et al. Effects of a combined resistance-plyometric training program on muscular strength, running economy, and VO₂peak in division I female soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 26, n. 9, p.2570-6, 2012.

GUGLIELMO, L.G.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Effects of strength training on running economy. **International Journal of Sports Medicine**. v. 30, n. 1, p. 27-32, 2009.

HAHN, T.; FOLDSPANG, A.; INGEMANN-HANSEN, T. Dynamic strength of the quadriceps muscle and sports activity. **British Journal of Sports Medicine**, v. 33, p. 117-20, 1999.

HALL, S. **Biomecânica Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1993.

HAMILL, J; KNUTZEN, K.M. **Bases Biomecânicas do Movimento Humano**. São Paulo: Manole, 1999.

HARRIS, N.K. et al. Inter-relationships between machine squat-jump strength, force, power and 10 m sprint times in trained sportsmen. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 50, n. 1, p. 37-42, 2010.

HASELER, L.J.; HOGAN, M.C.; RICHARDSON, R.S. Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability. **Journal of Applied Physiology**. v. 86, n. 6, p. 2013-8, 1999.

HECK, H. et al. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**. v. 6, p. 117-30, 1985.

HELGERUD, J. et al. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 11, p.1925-31, 2001.

HELGERUD, J. et al. Strength and endurance in elite football players. **International Journal of Sports Medicine**. v. 32, n. 9, p. 677-82, 2011.

HIRAI, M. D. et al. Cinética do Consumo de Oxigênio Durante Exercícios Supra Máximos: Aplicação de Modelos Matemáticos. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. v. 10, n. 1, p. 43-9, 2008.

HOFF, J. et al. Soccer specific aerobic endurance training. **British Journal of Sports Medicine**. v. 36, n. 3, p. 218-21, 2002.

HOFF, J.; HELGERUD, J. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. **Sports Medicine**, v. 34, n.3, p.165-80, 2004.

HOFF, J. Training and testing physical capacities for elite soccer players. **Journal of Sports Science**. v. 23, n. 6, p. 573-82, 2005.

HOPPE, M.W. et al. Comparison between three different endurance tests in professional soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 27, n. 1, p.31-7, 2013.

IMPELLIZZERI, F.M.; RAMPININI, E.; MARCORA, S.M. Physiological assessment of aerobic training in soccer. **Journal of Sports Science**. v. 23, n. 6, p. 583-92, 2005.

IMPELLIZZERI, F.M. et al. Validity of a repeated-sprint test for football. **International Journal of Sports Medicine**. v. 29, n. 11, p. 899-905, 2008a.

IMPELLIZZERI, F.M. et al. Effects of aerobic training on the exercise-induced decline in short-passing ability in junior soccer players. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 33, p. 1192-8, 2008b.

KARAKOÇ, B. et al. The relationship between the Yo-Yo tests, anaerobic performance and aerobic performance in young soccer players. **Journal of Human Kinetics**. v. 35, p. 81-8, 2012.

KELLIS, E.; KATIS, A.; VRABAS, I.S. Effects of an intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Performance**. v. 16, n. 5, p. 334-44, 2006.

KILDING, A.E.; FYSH, M.; WINTER, E.M. Relationships between pulmonary oxygen uptake kinetics and other measures of aerobic fitness in middle- and long-distance runners. **European Journal of Applied Physiology**. v. 100, n. 1, p. 105-14, 2007.

KINDERMANN, W. et al. Sports medical performance diagnostics in football. **Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin**. v. 44, p. 232-6, 1993.

KNOWLES, J.; QUADE, E. Movement analysis of player behavior in soccer match performance. **British Journal of Sports Psychology**. v. 3, p. 35-42, 1974.

KNUTTGEN, H.G.; KRAEMER, W.J. Terminology and measurement in exercise performance. **Journal of Applied Sports Sciences Research**, v. 1, n.1, p. 1-10, 1987.

KOMI, P.V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of Biomechanics**, v. 33, n.10, p. 1197-206, 2000.

KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. **Journal of Sports Sciences**, v. 19, p. 881-91, 2001.

KRUSTRUP, P. et al. The Yo-Yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 4, p.697-705, 2003.

KRUSTRUP, P. et al. Physical demands during an Elite Female Soccer Game: importance of training status. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 7, p. 1242-8, 2005.

KRUSTRUP, P. et al. The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 9, p.1666-73, 2006.

KRUSTRUP, P. et al. Muscle adaptations and performance enhancements of soccer training for untrained men. **European Journal of Applied Physiology**. v. 108, n. 6, p. 1247-58, 2009a.

KRUSTRUP, P. et al. Recreational soccer is an effective health promoting activity for untrained men. **British Journal of Sports Medicine**. v. 43, n. 11, p. 825-31, 2009b.

LAGO-PENAS, C. et al. Anthropometric and physiological characteristics of young soccer players according to their playing positions: relevance for competition success. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 12, p. 3358-67, 2011.

LEGER, L.; BOUCHER, R. An indirect continuous running multistage field test: The Universite de Montreal track test. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences**, v. 2, n. 5, p. 77-84, 1980.

LEGER, L.A.; LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_2max in adults. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 49, n. 1, p. 1-12, 1982.

LEGER, L.A. et al. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. **Journal of Sports Science**. v. 6, p. 93-101, 1988.

LITTLE, T.; WILLIAMS, A.G. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 76-8, 2005.

MAUGER, A.R.; SCULTHORPE, N. A new VO_2max protocol allowing self-pacing in maximal incremental exercise. **British Journal of Sports Medicine**. v. 46, p. 59-63, 2012.

MARKOVIC, G.; MIKULIC, P. Discriminative ability of the Yo-Yo intermitente recovery test (level 1) in prospective young soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 10, p. 2931-4, 2011.

McBRIDE, J.M.; McCAULLEY, G.O.; CORMIE, P. Influence of preactivity and eccentric muscle activity on concentric performance during vertical jumping. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 750-7, 2008.

McCREARY, C.R. et al. Kinetics of pulmonary oxygen uptake and muscle phosphates during moderate-intensity calf exercise. **Journal of Applied Physiology**. v. 81, n. 3, p. 1331-8, 1996.

McGINNIS, P.M. **Biomecânica do esporte e exercício**. Artmed: Porto Alegre, 2003.

McINTYRE, M.C. A comparison of the physiological profiles of elite Gaelic footballers, hurlers, and soccer players. **British Journal of Sports Medicine**. v. 39, n. 7, p. 437-9, 2005.

McMILLAN, K. et al. Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. **British Journal of Sports Medicine**. v. 39, p. 273-7, 2005.

MECKEL, Y.; MACHNAI, O.; ELIAKIM, A. Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 23, n. 1, p.163-9, 2009.

MEDBO, J.I.; GRAMVIK, P.; JEBENS, E. Aerobic and anaerobic energy release during 10 and 30 s bicycle sprints. **Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis**. v. 4, p. 122-46, 1999.

MEDBO, J.I.; JEBENS, E.; GRAMVIK, P. Rate of lactate production during 10 and 30-s bicycle sprints versus phosphofructokinase activity. **Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis**. v. 5, p. 79-92, 2000.

MENZEL, H.J. et al. Relação entre força muscular de membros inferiores e capacidade de aceleração em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Educação Física e Esportes**. v. 19, n. 3, p. 233-41, 2005.

MIDGLEY, A.W. et al. Challenging a dogma of exercise physiology: does an incremental exercise test for valid VO_2max determination really need to last between 8 and 12 minutes? **Sports Medicine**. v. 38, n. 6, p. 441-7, 2008.

MIDGLEY, A.W.; CARROLL, S. Emergence of the verification phase procedure for confirming “true” VO_2max . **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 19, p. 313-22, 2009.

MILLET, G.Y. et al. Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. **Journal of Applied Physiology**. v. 92, n. 2, p. 486-92, 2002a.

MILLET, G.Y. et al. Mechanisms contributing to knee extensor strength loss after prolonged running exercise. **Journal of Applied Physiology**. v. 94, n. 1, p. 193-8, 2002b.

MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **Journal of Sports Sciences**, v. 21, p. 519-28, 2003.

NETO, C.S.P.; GLANER, M.F. “Equação de Faulkner” para predizer a gordura corporal: o fim de um mito. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. v. 9, n. 2, p. 207-13, 2007.

NEVILL, A. et al. Modelling maximum oxygen uptake of elite endurance athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 3, p. 488-94, 2003.

NIMPHIUS, S.; MCGUIGAN, M.R.; NEWTON, R.U. Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 4, p. 885-95, 2010.

ORTIZ, M.J. et al. Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em corredores de endurance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. v. 11, n. 3, p. 53-6, 2003.

ORTIZ, A. et al. Fatigue effects on knee joint stability during two jump tasks in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 4, p. 1019-27, 2010.

OWEN, A.L. et al. Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2748-54, 2012.

OZIECKI, R. et al. Parâmetros antropométricos e fisiológicos de atletas profissionais de futebol. **Revista da Educação Física/UEM**. v. 18, n. 2, p. 177-82, 2007.

PAAVOLAINEN, L.M. et al. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*. v. 86, n. 5, p. 1527-33, 1999.

PADULO, J. et al. Kinematic analysis of soccer players in shuttle running. **International Journal of Sports Medicine**. v. 33, p. 459-62, 2012.

PASQUARELLI, B.N. et al. Análise da velocidade linear em jogadores de futebol a partir de dois métodos de avaliação. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 11, n. 4, p. 408-14, 2009.

PILEGAARD, H. et al. Distribution of the lactate/H⁺ transporter isoforms MCT1 and MCT4 in human skeletal muscle. **American Journal Physiology Endocrinology**. v. 276, p. E843-8, 1999.

PLATONOV; V.N.; BULATOVA, M. **A preparação física**. Rio de Janeiro: Sprint, 2003.

RAMPININI, E. et al. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. **International Journal of Sports Medicine**. v. 28, n. 3, p. 228-35, 2007.

RAMPININI, E. et al. Effect of match-related fatigue on short-passing ability in Young soccer players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 5, p. 934-42, 2008.

RAMPININI, E. et al. Physiological determinants of Yo-Yo intermittent recovery tests in male soccer players. **European Journal of Applied Physiology**. v. 108, p. 401-9, 2010.

RANDERS, M.B. et al. Positive performance and health effects of a football training program over 12 weeks can be maintained over a 1-year period with reduced training frequency. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. v. 20, n. S1, p. 80-9, 2010.

RAVEN, P.B. et al. A physiological evaluation of professional soccer players. **British Journal of Sports Medicine**. v. 10, n. 4, p. 209-16, 1976.

REBELO, A.N.; OLIVEIRA, J. Relação entre velocidade, a agilidade e a potência muscular de futebolistas profissionais. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 3, n. 3, p.342-8, 2006.

REILLY, T. THOMAS, V. A motion analysis work-rate in different positional roles in professional football match-play. **Journal of Human Movement Studies**. v. 2, p. 87-97, 1976.

REILLY, T.; BALL, D. The net energetic cost of dribbling a soccer ball. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v. 55, p. 267-71, 1984.

REILLY, T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. **Journal of Sports Medicine**. v. 15, n. 3, p. 257-63, 1997.

REILLY, T.; BANGSBO, J.; FRANKS, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. **Journal of Sports Sciences**. v. 18, p. 669-83, 2000.

REILLY, T. An ergonomics model of the soccer training process. **Journal of Sports Science**. v. 23, n. 6, p. 561-72, 2005.

REIS, H. Futebol e sociedade: uma análise histórica. **Revista Histedbr**, n. 10, 2003.

REQUENA, B. et al. Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 367-73, 2011.

RIENZI, E. et al. **Futebolista Sudamericano de Elite: Morfologia, Analisis Del Juego y Performance**. Rosario: Biosystem Servicio Educativo, 1998.

ROBERTSON, R.J. et al. Concurrent Validation of the Omni Perceived exertion scale for resistance exercise. **Medicine & Science in Sports**. v. 35, n. 2, p. 333-41, 2003.

ROBINEAU, J. et al. Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 555-62, 2012.

RONNESTAD, B.R.; MYMARK, B.S.; RAASTAD, T. Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 10, p. 2653-60, 2011.

ROSSITER, H.B. et al. Dynamic asymmetry of phosphocreatine concentration and O₂ uptake between the on- and off-transients of moderate- and high-intensity exercise in humans. **The Journal of Physiology**. v. 15, n. 3, p. 991-1002, 2002.

SALTIN, B. Metabolic Fundamentals in exercise. **Medicine & Science in Sports**. v. 5, n. 3, p. 137-46, 1973.

SANTOS NETO, J.M. **Visão do Jogo: primórdios do futebol no Brasil**. São Paulo: Cosac & Naify, 2002.

SAUNDERS, P.U. et al. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine**. v. 34, n. 7, p. 465-85, 2004.

SAUNDERS, P.U. et al. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 947-54, 2006.

SERPIELLO, F.R. et al. Performance and physiological responses to repeated-sprint exercise: a novel multiple-set approach. **European Journal of Applied Physiology**. v. 111, p. 669-78, 2011.

SHIRREFFS, S.M. et al. The sweating response of elite professional soccer players training in the heat. **International Journal of Sports Medicine**. v. 26, n. 2, p. 90-5, 2005.

SILVA, A.E.L.; OLIVEIRA, F.R. Consumo de oxigênio durante o exercício físico: aspectos temporais e ajustes de curvas. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. v. 6, n. 2; p. 73-82, 2004.

SILVA, J.F. et al. Aptidão aeróbia e capacidade de sprints repetidos no futebol: comparação entre as posições. **Motriz**. v. 15, n. 4, p. 861-70, 2009.

SILVA, J.F.; GUGLIELMO, L.G.A.; BISHOP, D. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 8, p. 2115-21, 2010.

SILVA, J.F.; DITTRICH, N.; GUGLIELMO, L.G.A. Avaliação aeróbia no futebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. v. 13, n. 5, p. 384-91, 2011.

SIROTIC, A.C.; COUTTS, A.J. Physiological and performance test correlates of prolonged, high-intensity, intermittent running performance in moderately trained women team sport athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 1, p. 138-44, 2007.

SLAWINSKI, J. et al. Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 4, p.896-905, 2010.

SPENCER, M.R.; GASTIN, P.B. Energy System Contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 33, n. 1, p. 157-62, 2001.

SPENCER, M.R. et al. Time-motion analysis of elite field-hockey: special reference to repeated-sprint activity. **Journal of Sports Science**. v. 22, p. 843-50, 2004.

SPENCER, M. et al. Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities. **Sports Medicine**. v. 35, n. 12, p. 1025-44, 2005.

STATHIS, C.G. et al. Purine loss after repeated sprint bouts in humans. **Journal of Applied Physiology**. v. 87, n. 6, p.2037-42, 1999.

STOLEN, T. et al. Physiology of soccer: an update. **Sports Medicine**. v. 35, p. 501-36, 2005.

STOREN, O.; HELGERUD, J.; HOFF, J. Running stride peak forces inversely determine running economy in elite runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 25, n. 1, p. 117-23, 2011.

STROYER, J.; HANSEN, L.; KLAUSEN, K. Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 36, n. 1, p. 168-74, 2004.

SVENSSON, M.; DRUST, B. Testing soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 6, p. 601-18, 2005.

TAYLOR, H.L.; BUSHIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. **Journal of Applied Physiology**. v. 8, p. 73-80, 1955.

TOMLIN, D.L.; WENGER, H.A. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. **Sports Medicine**. v. 31, p. 1-11, 2001.

TUMILTY, D. Physiological characteristics of elite soccer players. **Sports Medicine**. v. 16, n. 2, p. 80-96, 1993.

TURUNEN, H. et al. Activation symmetry of right and left femoris muscles in untrained students, soccer players and elite runners. **Coaching and Sport Science Journal**. v. 1, p. 20-4, 1996.

UNZELTE, C. **O Livro de Ouro do Futebol**. São Paulo: Ediouro, 2002.

VÁCZI, M. et al. Short-term high intensity plyometric training program improves strength, power and agility in male soccer players. **Journal of Human Kinetics**. v. 28, n. 36, p. 17-26, 2013.

VEALE, J.P.; PEARCE, A.J.; CARLSON, J.S. The Yo-Yo intermittent recovery test (level 1) to discriminate elite junior Australian football players. **Journal of Science and Medicine in Sports**. v. 13, p. 329-31, 2010.

VIGNE, C et al. Activity profile in elite Italian soccer team. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 5, p. 304-10, 2010.

WATSFORD, M.L. et al. Creatine supplementation and its effect on musculotendinous stiffness and performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 17, n. 1, p. 26-33, 2003.

WELLS, C.M. et al. Sport-specific fitness testing differentiates professional from amateur soccer players where $\text{VO}_{2\text{max}}$ and VO_2 kinetics do not. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 52, n. 3, p. 245-54. 2012.

WILLIFORD, H.N. et al. Physiological status and prediction of cardiovascular fitness in highly trained youth soccer athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 13, p.10-5, 1999.

WINTER, D.A. **Biomechanics of human movement**. John Wiley & Sons: USA, 1979.

WISLOFF, U.; HELGERUD, J.; HOFF, J. Strength and endurance of elite soccer players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 30, n. 3, p. 462-7, 1998.

WISLOFF, U. et al. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**. v. 38, p. 285-88, 2004.

WITHERS, R.T. et al. Match analyses of Australian professional soccer players. **Journal of Human Movement Studies** v. 8, p. 159-76, 1982.

WONG, D.P.; WONG, S.H.S. Physiological profile of Asian Elite Youth soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 23, n. 5, p.1383-90, 2009.

WONG, P.L. et al. Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 3, p. 653-60, 2010.

ZAKHAROV, A.; GOMES, A. C. **Ciência do treinamento desportivo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Palestra Sport, 2003.

ZIOGAS, G.G. et al. Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 25, n. 2, p.414-9, 2011.

ANEXO A - Termo De Consentimento Livre e Esclarecido

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL**1. DADOS DO INDIVÍDUO**

Nome completo _____

Sexo

 Masculino
Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL

Nome completo _____

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador, etc.) _____

Sexo

 Masculino
Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa

FATORES DETERMINANTES NO DESEMPENHO DO TESTE YO-YO INTERMITENTE
RECUPERATIVO NÍVEL 1 (YYIR1).

2. Pesquisador Responsável

Maria Augusta Peduti Dal Molin Kiss

3. Cargo/Função

Professora Titular do Departamento de Esporte e Vice-Diretora da EEF/USP

4. Avaliação do risco da pesquisa:

☐ RISCO MÍNIMO
 ☒ RISCO BAIXO
 ☐ RISCO MÉDIO
 ☐ RISCO MAIOR
(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

12 meses

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

1. Justificativa e os objetivos da pesquisa:

Dentro das áreas de fisiologia do exercício, avaliação e prescrição do treinamento desportivo, há uma preocupação muito grande em determinar parâmetros confiáveis para a prescrição do treinamento. Sabe-se que estes parâmetros podem ser determinados de maneira mais confiável em ambientes laboratoriais, onde vários fatores intervenientes podem ser controlados, aumentando a confiabilidade no resultado. Contudo, em testes laboratoriais nem sempre é possível esboçar o mesmo gesto motor executado pelo atleta em seu ambiente esportivo. Por conta disso, a aplicação de testes de campo que possam especificar os gestos motores do esporte estudado, levaria a maiores validades ecológicas. Um teste de campo bastante estudado e ultimamente utilizado em jogadores de futebol, é o teste Yo-yo intermitente recuperativo nível 1 (YYIR1). Este, embora tenha uma moderada correlação com o desempenho aeróbio (VO_{2max}), demonstra não ser influenciado apenas pela aptidão aeróbia, sugerindo receber influência da força e potência muscular, habilidade de mudanças bruscas de direção, aceleração e desaceleração, algo ainda não investigado até o presente.

OBJETIVOS

Objetivo geral:

Verificar as variáveis determinantes do desempenho final do teste Yo-yo intermitente e recuperativo nível 1 (YYIR1) em jogadores de futebol de campo.

Objetivos específicos:

1. Analisar a relação entre as variáveis determinadas em laboratório (potência e capacidade aeróbia) com o desempenho final e as variáveis determinadas no YYIR1;
2. Analisar a relação entre variáveis neuromusculares (força máxima e potência muscular) com o desempenho final do YYIR1;
3. Analisar a relação entre economia de corrida e o desempenho final no YYIR1;
4. Analisar a relação entre participação energética no teste em esteira rolante e YYIR1 com o desempenho final do YYIR1.
5. Analisar a relação entre as variáveis cinemáticas (velocidade e aceleração) determinadas no teste YYIR1 com o desempenho final deste teste.

2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais:

Avaliação antropométrica: você será submetido a testes antropométricos, nos quais, as medidas de estatura, peso corporal e porcentagem de gordura através de medidas de dobras cutâneas, serão verificados através de um estadiômetro, balança digital e compasso de dobras cutâneas, respectivamente;

Drop Jump: A potência de seus membros inferiores (pernas) será verificada através de uma modalidade de saltos conhecida como Drop Jump. Neste você partirá de uma plataforma acima do nível do chão, caindo com os dois pés ao mesmo tempo sobre um tapete de contato, realizando um salto no sentido vertical o mais rápido e alto possível;

Avaliação Laboratorial em esteira ergométrica: você será submetido a um teste em esteira com estágios de 3 minutos e pausas de 30 segundos para coleta de 25µl de sangue do lóbulo da orelha, onde, a cada estágio de 3 minutos, a velocidade da esteira será aumentada em 1km/h até a exaustão voluntária. Neste teste, através das coletas de sangue serão determinadas as variáveis metabólicas relacionadas à sua capacidade aeróbia, também conhecidas como limiares de lactato 1 e 2 (LL1 e LL2). Através de um analisador de trocas gasosas serão determinadas, sua capacidade máxima de consumo de oxigênio (VO_{2max}) e duas variáveis ventilatórias relacionadas à sua capacidade aeróbia, também conhecidas como limiares ventilatórios 1 e 2 (LV1 e LV2) e através de um monitor de frequência cardíaca, será determinado o limiar de variabilidade da frequência cardíaca.

Teste Yo-yo intermitente recuperativo nível 1 (YYIR1): você será submetido a um teste de campo, caracterizado por corridas de idas e voltas (2x20 metros) com aumentos de velocidade de execução até a exaustão voluntária, a cada 40 metros percorridos serão designados 10 segundos de recuperação. A máxima capacidade de consumo de oxigênio (VO_{2max}), as variáveis ventilatórias relacionadas à capacidade aeróbia (LV1 e LV2) e o limiar de variabilidade da frequência cardíaca serão determinados da mesma forma que no procedimento anterior. Além disso, você será filmado do início ao fim do experimento, para análise cinemática do movimento e determinação da mais alta velocidade alcançada a cada trecho de 20 metros.

Teste de determinação da capacidade anaeróbia: você será submetido a um teste laboratorial em esteira rolante. Onde, através de uma velocidade pré determinada, você realizará duas corridas em alta velocidade até a

exaustão voluntária. Estas serão separadas por um período de 6 minutos. Durante todo este período e as duas corridas, as trocas gasosas (O_2 e CO_2), serão medidos através de um aparelho portátil (K4).

Economia de corrida: anteriormente ao teste laboratorial em esteira, como forma de aquecimento, você será submetido a uma corrida de 10 minutos em esteira na velocidade de 10km/h. Este terá como finalidade determinar o quão econômico você é para uma dada velocidade de deslocamento. Esta economia será mensurada através da análise das trocas gasosas.

Teste de 1RM ou carga máxima: você será submetido a um teste de força. Este terá como objetivo, determinar sua capacidade máxima de força para um determinado exercício, o agachamento. A determinação dessa força máxima consiste na realização de no máximo um único movimento desse exercício para uma determinada carga.

3. Desconfortos e riscos esperados:

Dentre os possíveis desconfortos do teste de corrida até a exaustão voluntária estão náuseas, vômitos e enjôos. Entretanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto extremo durante este tipo de teste (American College of Sports Medicine). O desconforto da coleta de sangue se refere à inserção da lanceta no lóbulo da orelha. Entretanto, as análises descritas acima são rotineiras em laboratórios de avaliação física, com poucos casos de desconforto excessivo por parte dos pacientes. Além disso, antes da perfuração do lóbulo da orelha com a lanceta, o local será umedecido com álcool para antissepsia, para evitar riscos de contaminação. Todos os procedimentos serão realizados com o responsável pelas coletas utilizando luvas cirúrgicas e descartáveis.

4. Benefícios que poderão ser obtidos:

Dentre os benefícios do presente projeto, encontram-se o aprimoramento das informações relacionadas a um teste específico para o futebol. Em consequência disso, melhores informações relacionadas à avaliação poderão ser disponibilizadas aos técnicos, preparadores físicos e jogadores para melhor prescrição do treinamento e melhoria do desempenho.

5. Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo:

Deverá ser feito jejum de grandes refeições (exemplo: almoço) de aproximadamente 2 horas antes dos testes para diminuir os riscos de desconforto. Ao sinal de qualquer sintoma de desconforto, durante qualquer fase do estudo, os procedimentos serão interrompidos.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. Acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios

relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas:

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo e apenas serão divulgados em publicações científicas, não sendo mencionados dados pessoais. Caso deseje, você poderá pessoalmente tomar conhecimento dos resultados ao final das etapas do estudo, e/ou eventuais esclarecimentos sobre todos os procedimentos em qualquer fase do trabalho.

2. Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência:

Há liberdade para desistir ou de interromper a colaboração neste estudo, em qualquer momento que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A desistência não causará nenhum prejuízo à saúde ou bem estar físico, e ficamos à disposição para eventuais dúvidas, mesmo após o término do estudo ou da sua retirada dele.

3. Salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade:

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, e apenas serão divulgados em publicações científicas, através de média e desvio padrão (ou outras medidas de tendência central), sem que os dados pessoais sejam mencionados.

4. Disponibilidade de assistência no HU ou HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa:

Qualquer possível desconforto provocado pelos procedimentos desta pesquisa será prontamente atendido no próprio local, e/ou em casos mais cuidadosos, terá assistência médica no HU ou na HCFMUSP, sem qualquer ônus.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

PESQUISADOR GERENTE

Nome: Wonder Passoni Higino

R.G. nº: 23.902.219-1/SSP-SP

C.P.F. nº: 185.704.718-40

Endereço: Rua Argentina, 520, bloco 16; apto 22 – Vila Paulista – Limeira/SP. CEP: 13484-055.

Contatos: (19) 34531375 ou (19) 9631-3155 – e-mail: wonderhigino@ig.com.br

PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Nome: Maria Augusta Peduti Dal Molin Kiss

R.G. nº: 2.555.034-1/SSP-SP

C.P.F. nº: 038.859.928-68

Endereço: Rua Professor Mello Moraes, 65, Bloco D, Cidade Universitária Campus Butantã, São Paulo- SP.
05508-900

Contatos: (11) 3091-3168 (sala) ou (11) 3091-8793 (LADESP) mapedamk@usp.br

VI - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

--

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/2011.

Assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

Assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

ANEXO B – Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Of.CEP/8211/EEFE/071111

Senhor(a) Pesquisador(a)

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, em reunião ordinária realizada em 29 de setembro de 2011, **aprovou** o Protocolo de Pesquisa nº 2011/43 - Futebol: fatores determinantes no desempenho do teste yo-yo intermitente recuperativo nível 1 (YYIR1), sob sua responsabilidade.

Solicitamos a observância da apresentação do relatório final da pesquisa, em julho de 2012.

Atenciosamente,

Assinatura manuscrita em azul do Prof. Dr. Umberto Cesar Corrêa.

Prof. Dr. Umberto Cesar Corrêa
Vice-Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa

Ilmo(a). Sr(a).
Prof(a). Dr(a). Maria Augusta Peduti Dal'Molin Kiss
EEFEUSP