

Avaliação aeróbia no futebol

Aerobic evaluation in soccer

Juliano Fernandes da Silva ¹Naiandra Dittrich ¹Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo ¹

Resumo – A realização de avaliações físicas é fundamental para o controle e melhoria da *performance* de atletas de futebol. Desta forma, a utilização de testes de campo e laboratório tem sido uma prática constante para avaliar a aptidão aeróbia nesta modalidade. Contudo, é essencial a escolha do protocolo adequado de acordo com os objetivos estipulados. Assim, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão crítico-narrativa sobre a avaliação aeróbia em jogadores de futebol, englobando índices fisiológicos, testes de laboratório e de campo. Em relação aos índices aeróbios apresentados na presente revisão, foi possível observar que os índices (consumo máximo de oxigênio: VO_{2max} , segundo limiar de transição fisiológica: LTF_2 , economia de corrida: EC) podem contribuir como subsídio para a elaboração dos programas de treinamento e para acompanhar os seus efeitos em jogadores de futebol. Entretanto, o LTF_2 é o índice que apresenta maior sensibilidade aos efeitos de treinamento e que melhor discrimina a *performance* em atletas de diferentes níveis competitivos. Sobre os testes de campo, é possível afirmar que o TCar (teste de Carminatti) e o Yo-Yo recovery nível 1 (YYIR1) são os mais adequados para avaliação aeróbia de atletas de futebol, considerando especificidade, validade e reprodutibilidade. Contudo, o TCar apresenta a possibilidade de transferência dos indicadores de potência (PV) e capacidade (PDFC) aeróbia diretamente para as sessões de treinamento, enquanto que o YYIR1 explora principalmente a distância percorrida, que limita em parte tal transferência.

Palavras-chave: Consumo de Oxigênio; Futebol; Técnicas de avaliação.

Abstract – *Physical assessments are fundamental for the control and improvement of the performance of soccer players. In this respect, field and laboratory tests are commonly used to evaluate physical fitness in this sports modality. However, it is important to choose the appropriate protocol according to the objectives of the assessment. Thus, the aim of the present study was to perform a critical-narrative review of the aerobic assessment of soccer players, including physiological indices and field and laboratory tests. With respect to the aerobic indices identified in this review, maximal oxygen uptake, anaerobic threshold, and running economy were found to contribute to the development of training programs and help monitor their effects in soccer players. However, the anaerobic threshold is the index most sensitive to the effects of training and also better discriminates performance among athletes of different competitive levels. Regarding field tests, the Carminatti test (TCar) and Yo-Yo intermittent recovery level 1 (YYIR1) test are the most suitable tests for the aerobic assessment of soccer players considering their specificity, validity and reproducibility. However, the TCar permits the direct transfer of indicators of aerobic power and capacity to the training sessions, whereas the YYIR1 mainly explores the distance covered, which partly limits this transfer.*

Key words: Assessment techniques; Oxygen uptake; Soccer.

1. Universidade Federal de Santa Catarina.
Centro de Desportos.
Laboratório de Esforço Físico. Florianópolis, SC.
Brasil

Recebido em 01/10/10
Revisado em 16/03/11
Aprovado em 23/04/11



Licença: Creative Commons

INTRODUÇÃO

O futebol, especificamente, é caracterizado por uma série de ações acíclicas, que se desenvolvem durante o jogo na forma de corridas em alta intensidade, saltos, cabeceios e chutes. Estas ações são caracterizadas, em sua maioria, como atividades anaeróbias, se analisadas isoladamente, contudo, a energia proveniente do metabolismo aeróbio é utilizada para 90% das movimentações dos jogadores de futebol, tornando-se um pré-requisito para esta modalidade^{1, 2}. Este predomínio aeróbio está relacionado com a duração da partida (aproximadamente 90min) e a elevada distância percorrida pelos atletas durante os jogos.

Inúmeros protocolos têm sido desenvolvidos com o objetivo de realizar uma avaliação fisiológica do futebol. Entre os índices utilizados para avaliar a aptidão aeróbia em atletas de futebol, destacam-se o consumo máximo de oxigênio (VO_2max), que representa a máxima capacidade do indivíduo de captar, transportar e utilizar oxigênio em nível celular por unidade de tempo³, o pico de velocidade (PV), que segundo Rampinini et al.⁴ está associado com a distância percorrida em alta intensidade ($>19,8Km.h^{-1}$) e mais recentemente, o limiar anaeróbio e a economia de corrida (EC) que também podem ser utilizados para discriminar a *performance* de atletas de diferentes níveis competitivos⁵.

Apesar de existirem inúmeras pesquisas que buscam investigar os índices aeróbios em futebolistas, existe carência de trabalhos que se proponham a detalhar as características concernentes à avaliação desses índices, especialmente, no que diz respeito aos fatores intervenientes nos testes (campo e laboratório) e a padronização dos métodos.

Deste modo, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão crítico-narrativa sobre a avaliação aeróbia em jogadores de futebol, englobando os índices fisiológicos, testes de campo e laboratório, analisando de modo crítico as informações disponíveis na literatura. Isto pode ser especialmente proveitoso para pesquisadores, técnicos, fisiologistas e preparadores físicos que trabalham com o futebol, bem como para estudantes que buscam o conhecimento sobre a modalidade. Assim, as seções seguintes apresentarão exemplos de índices fisiológicos avaliados em testes de laboratório e de campo para avaliar diferentes componentes aeróbios de jogadores de futebol.

Para a realização da presente revisão, as referências foram retiradas das bases de dados dos portais científicos da Capes, Pubmed e Scielo. Além disso, também foram consultados anais de congressos científicos na área da Educação Física, e

dissertações de mestrado. Nessa perspectiva, foram buscados, primeiramente, artigos e resumos publicados a partir do ano 2000. Entretanto, os estudos clássicos que alertaram para a temática, que foram desenvolvidos nas décadas de 70, 80 e 90, foram incluídos na presente pesquisa.

ÍNDICES FISIOLÓGICOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO REFERENTES À APTIDÃO AERÓBIA NO FUTEBOL

O futebol caracteriza-se pelas constantes alterações de intensidade, pequenas pausas de recuperação, paradas bruscas e mudanças de sentido, ou seja, os atletas experimentam esforços de natureza intermitente durante treinamentos e competições⁶. Apesar dessas características, a produção de energia utilizada pelos jogadores é proveniente, principalmente, do metabolismo aeróbio, que está relacionado à capacidade do atleta em manter a intensidade de esforço durante o jogo por meio da recuperação entre estímulos de alta intensidade⁷.

O VO_2max é o identificador da aptidão cardiorrespiratória que representa a mais alta taxa na qual o oxigênio pode ser captado e utilizado pelo corpo durante o exercício máximo, respirando ar atmosférico ao nível do mar³. Por se tratar do limite superior de transformação de energia através do metabolismo aeróbio, o VO_2max tem sido considerado o principal indicador fisiológico da potência aeróbia máxima⁸.

Diversos trabalhos foram conduzidos procurando analisar o VO_2max em futebolistas^{9,10}. Em sua maioria, encontraram valores variando entre 55 e 68 ml.kg.min⁻¹, os quais são inferiores aos tradicionalmente encontrados em corredores de *endurance* (70ml.kg.min⁻¹), sendo que essa diferença está relacionada às características de treinamento destes indivíduos, que priorizam a potência e a capacidade aeróbia.

Por outro lado, o treinamento de atletas de futebol contempla atividades intermitentes, capacidade de sprints repetidos, força, velocidade e potência muscular, enfatizando a aptidão aeróbia em momentos específicos, como no início da temporada².

Alguns estudos foram conduzidos, comparando valores de VO_2max em atletas de futebol de diferentes posições^{2,9,10-11}. Bangsbo et al.¹¹ e Al-Hazza et al.¹⁰ estudaram jogadores profissionais e não encontraram diferença significativa entre defensores, meio campistas e atacantes. Já, Balikian et al.⁹ reportaram diferença significativa somente quando compararam os resultados dos goleiros com as demais posições.

Santos¹², buscando identificar possíveis diferenças oriundas da posição dos atletas, encontrou que os resultados dos laterais ($59,3 \pm 3,6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e meio campistas ($59,5 \pm 6,7 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) diferiram significativamente dos atacantes ($54,9 \pm 8,2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), enquanto que o grupo dos zagueiros ($56,8 \pm 5,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) não apresentou diferença com nenhuma outra posição. Corroborando esse achado, Bangsbo² identificou que os laterais e meio campistas apresentaram valores mais elevados de VO_2max ($61,5 \pm 10,0$ e $62,6 \pm 4,0 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, respectivamente), em relação aos goleiros ($51 \pm 2,0 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e zagueiros ($56 \pm 3,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

Embora ainda existam divergências na literatura, pode-se concluir que os meio campistas e laterais tendem a apresentar valores mais elevados de VO_2max . Estes achados contraditórios podem estar relacionados à reduzida capacidade do VO_2max discriminar a *performance* aeróbia em futebolistas, principalmente, porque estes estudos utilizaram protocolos laboratoriais em esteira rolante. Este modelo de avaliação não é específico para futebolistas, assim, é possível que as diferenças na *performance* aeróbia não sejam detectáveis a partir dos protocolos de laboratório.

O VO_2max não determina a *performance* no futebol, visto que esta modalidade apresenta características intermitentes, intercalando exercícios de intensidades variadas, elevando a solicitação do metabolismo anaeróbio, assim como diferentes períodos de recuperação, em relação a duração e intensidade¹³. No entanto, esse índice fisiológico pode ser útil para avaliar mudanças na aptidão aeróbia, quando tais alterações deverão ser significativas como, por exemplo, na pré-temporada⁵.

A velocidade em que o VO_2max é alcançado é outra variável relevante da aptidão aeróbia. Esta intensidade é denominada $v\text{VO}_2\text{max}$, sendo definida como a mínima velocidade em que há ocorrência do VO_2max ¹⁴. Esse índice apresenta-se como o que melhor descreve a associação entre potência aeróbia máxima e economia de movimento, pois indivíduos com VO_2max semelhantes podem apresentar valores distintos de $v\text{VO}_2\text{max}$, ou seja, diferentes *performances* aeróbias⁸ (figura 1).

Os estudos envolvendo a $v\text{VO}_2\text{max}$ no futebol são escassos e além disso, os variados protocolos utilizados para sua determinação dificultam a comparação dos resultados obtidos na literatura.

A mensuração da $v\text{VO}_2\text{max}$ está associada à sua utilização para a prescrição de treinamento de potência aeróbia¹⁴. No futebol, tem sido recomendado este modelo de treinamento em momentos específi-

cos, como o início da temporada ou após vários jogos seguidos, quando a aptidão aeróbia, principalmente dos atletas suplentes, parece diminuir¹⁵.

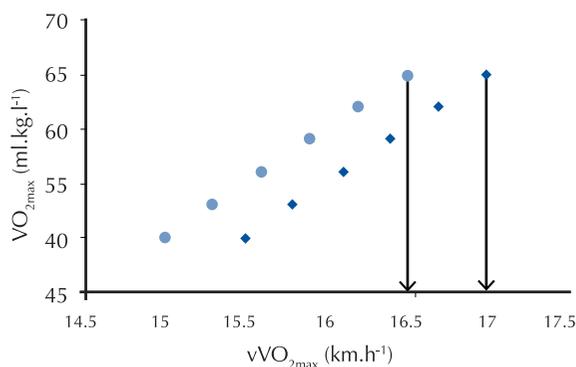


Figura 1. Esquema ilustrativo da relação entre VO_2max e $v\text{VO}_2\text{max}$ em sujeitos que apresentam diferentes EC.

- Sujeito 1 – Menor economia de corrida.
- ◆ Sujeito 2 – Maior economia de corrida

É importante ressaltar que a mensuração desta variável em testes laboratoriais apresenta os mesmos fatores limitantes que o VO_2max , como a ausência de especificidade, elevado custo financeiro e a dificuldade de avaliar vários atletas em um curto período de tempo.

Para avaliação da aptidão aeróbia, o VO_2max foi por muito tempo considerado o principal indicador fisiológico. Contudo, alguns estudos têm mostrado que este índice não é o melhor discriminador da *performance* em eventos de predominância aeróbia¹⁵. Assim, maior atenção tem sido dada aos índices derivados da resposta do lactato sanguíneo, visto que são mais sensíveis aos efeitos do treinamento que o VO_2max , mesmo em grupos de atletas altamente treinados, com valores similares de VO_2max ⁸.

A resposta do lactato sanguíneo tem apresentado maior poder de predição da *performance* aeróbia em grupos homogêneos pelo fato de estar associada às adaptações periféricas do treinamento aeróbio, estando relacionada com o aumento da densidade capilar e da capacidade de transportar lactato e íons H^+ ¹⁶.

Segundo Bourdon¹⁷, é possível assumir a existência de domínios fisiológicos separados por dois limiares ou duas perdas de continuidade na resposta do lactato sanguíneo, identificados como primeiro limiar de transição fisiológica (LTF_1) e segundo limiar de transição fisiológica (LTF_2).

O LTF_1 está associado à primeira intensidade em que há um aumento sustentado na $[\text{La}]$ acima dos níveis de repouso. Já, o LTF_2 representa a intensidade que provoca um rápido aumento nas $[\text{La}]$, indicando o limite superior do equilíbrio entre a

produção e remoção do lactato. O LTF_1 é considerado o limite inferior mínimo de intensidade de treino para que ocorra melhora na capacidade aeróbia, sendo também utilizado em treinos regenerativos¹⁸.

Por outro lado, o LTF_2 representa a transição do domínio pesado para o severo e está associado a *Maximal lactate steady state* (MLSS) que, segundo Beneke et al.¹⁶, é definida como a concentração mais elevada de lactato sanguíneo que pode ser mantida por um tempo máximo sem que aconteça um incremento contínuo dessa concentração.

McMillan et al.¹ observaram que o LTF_1 e o LTF_2 são sensíveis aos efeitos do treinamento durante a temporada em jogadores de futebol. Além disso, foi observado que o aumento nas velocidades dos limiares foi mais acentuado nas primeiras semanas de treino, ocorrendo uma estabilização no restante da temporada. Os autores atribuem isso ao fato dos atletas estarem retornando de um período de férias, sem nenhum tipo de treinamento. Recentemente, Ziogas et al.⁵ encontraram que futebolistas de diferentes níveis competitivos (1^a, 2^a e 3^a divisão grega) apresentaram diferença em relação ao LTF_2 . Os maiores valores foram encontrados nos atletas de 1^a divisão, demonstrando que este índice pode ser utilizado como um discriminador de *performance* aeróbia no futebol, visto que, neste mesmo estudo, foi o único índice aeróbio que demonstrou diferença entre as três divisões.

Desta forma, é possível afirmar que a mensuração do LTF_2 deve ser implementada durante a temporada em jogadores de futebol, quando se objetiva investigar a aptidão aeróbia, principalmente, por que o LTF_2 está associado às respostas aeróbias periféricas, como o aumento da densidade capilar, aumento da capacidade de transportar lactato e íons H^{+16} , enquanto que o VO_2max é limitado, principalmente, por fatores centrais (débito cardíaco)³. Fernandes da Silva et al.¹⁵ confirmam estes resultados ao encontrarem correlação significativa entre o limiar anaeróbio e a capacidade de sprints repetidos (CSR), enquanto o VO_2max não foi associado com a CSR.

Com relação aos protocolos usados para mensurar a intensidade correspondente ao LTF_2 , há os que empregam concentrações fixas de lactato sanguíneo, os que usam concentrações variáveis em protocolos individualizados ou, ainda, os que se baseiam em equivalentes respiratórios. Os estudos apresentados na literatura têm demonstrado que a velocidade média em que ocorre o LTF_2 em jogadores de futebol encontra-se entre 13,0 e 15,0 $Km.h^{-1}$ (Tabela 1).

Outra variável que recentemente tem sido sugerida como preditora da aptidão aeróbia em futebolistas é a $EC^{5,19,20}$, que é definida como o custo de oxigênio para uma atividade submáxima

Tabela 1. Média ($\pm DP$) do VO_2max de futebolistas.

Estudo	País	n	Nível	VO_2max ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)
Aziz et al. ³⁷	Singapura	23	P	58,2 \pm 3,7
Casajus ³⁸	Espanha	15	P	66,4 \pm 7,6
Fernandes da Silva et al. ¹⁵	Brasil	29	J	63,2 \pm 4,9
Helgerud et al. ²⁰	Noruega	19	J	58,1 \pm 4,5
Balikian et al. ⁹	Brasil	25	P	59,0 \pm 5,6
Wisloff et al. ³⁹	Noruega	29	P	63,7 \pm 5,0
Ziogas et al. ⁵	Grécia	53	P	58,8 \pm 3,3

Nota: VO_2max : Consumo máximo de oxigênio.

Tabela 2. Média ($\pm DP$) de velocidade e frequência cardíaca do segundo limiar de transição fisiológica de futebolistas.

Estudo	País	n	Nível	$VLTF_2$ (km/h)	FC LTF_2 (bpm)	Método utilizado
Casajus ³⁸	Espanha	15	P	12,4 \pm 1,5	164,0 \pm 6,0	Equivalente respiratório
McMillan et al. ¹	Inglaterra	9	J	14,6 \pm 0,2	-	4,0 mmol
Santos ¹²	Portugal	44	P	14,2 \pm 1,4	-	Equivalente respiratório
Silva et al. ¹⁵	Brasil	29	J	13,5 \pm 1,2	174,0 \pm 7,0	3,5 mmol
Balikian et al. ⁹	Brasil	25	P	13,5 \pm 0,9	-	4,0 mmol
Ziogas et al. ⁵	Grécia	53	P	13,2 \pm 0,7	170,0 \pm 10,0	Dmax

Nota: $VLTF_2$: Velocidade referente ao segundo limiar de transição fisiológica; FC LTF_2 : Frequência cardíaca referente ao segundo limiar de transição fisiológica.

de esforço²¹. Assumindo esse pressuposto, um atleta mais econômico consome menos oxigênio e, teoricamente, é capaz de se deslocar mais rapidamente ou conservar energia para os estágios finais da corrida⁸, resultando na melhora de *performance*.

Hoff et al.¹⁹ demonstraram que a *performance* aeróbia pode ser implementada com um aumento na EC a partir do treinamento de força, sem, entretanto, alteração significativa no VO_2max e no LTF_2 . Por outro lado, Helgerud et al.²⁰ encontraram um aumento de 6,7% na EC a partir de um treinamento intervalado de alta intensidade (4 x 4min entre 90 e 95% FCmax , 2x semana), durante oito semanas, sustentando que esta variável é sensível ao treinamento aeróbio em jogadores de futebol. Ziogas et al.⁵ encontraram que futebolistas de diferentes níveis competitivos (2ª e 3ª divisão grega) não apresentaram diferença em relação ao VO_2max , contudo, foi encontrada diferença na EC, sugerindo que esta variável discrimina melhor o nível competitivo que o VO_2max .

Di Prampero et al.²² demonstraram que um aumento de 5% na EC provoca um aumento de 3,8% na *performance* em corridas de médias distâncias. Tal achado pode ter importantes implicações para planejar o treinamento de futebolistas, principalmente, no que se refere à combinação de treinamentos aeróbios e de força, a qual tem sido apresentada como a melhor alternativa para elevar a EC.

Nesse sentido, é possível verificar que todos os índices aeróbios apresentados na presente revisão (VO_2max , LTF_2 , EC) podem contribuir como subsídio para a elaboração dos programas de treinamento e para acompanhar os seus efeitos no desempenho dos jogadores. Entretanto, o LTF_2 é o índice que apresenta maior sensibilidade aos efeitos de treinamento e que melhor discrimina a *performance* em atletas de diferentes níveis competitivos. Isso ocorre, visto que no futebol são constantes os estímulos supra máximos ($>\text{VO}_2\text{max}$) que ocasionam, principalmente, adaptações aeróbias periféricas, como o aumento da densidade capilar, aumento da capacidade de transportar lactato e íons H^+ ¹⁶, as quais estão diretamente relacionadas ao LTF_2 ^{15,23}.

ÍNDICES DE APTIDÃO AERÓBIA OBTIDOS EM TESTES DE CAMPO NO FUTEBOL

Esta seção apresentará testes de campo que são utilizados para a avaliação aeróbia em jogadores de futebol. Contudo, não serão abordados os testes contínuos realizados em campo, visto que estes basicamente visam

a estimativa do VO_2max e do LTF_2 com baixo poder de transferência para prescrição de treinamento.

Considerando o tempo reduzido que os clubes possuem para a realização das avaliações, o alto custo dos testes laboratoriais²⁴ e o princípio da especificidade¹³, é crescente o número de testes de campo que reproduzem, de modo mais próximo possível, os movimentos utilizados durante o treinamento e a competição²⁵⁻²⁶.

Dentre os testes apresentados na literatura, o shuttlerun20m (SHT20), proposto por Legér e Lambert²⁵, validado, posteriormente, por Ramsbottom et al.²⁷, é uma alternativa interessante para a determinação da potência aeróbia máxima (PV e VO_2max), pois permite avaliar vários indivíduos ao mesmo tempo, requisitando apenas um aparelho de som, um *compact disk*, uma trena de 20m e quatro cones. No entanto, este teste não possui pausas, reduzindo a especificidade para as modalidades intermitentes¹³. Além disso, a utilização do PV determinado no SHT20 parece ser inadequada para prescrição do treinamento de potência aeróbia²⁴.

Ahmaidi et al.²⁴ estudaram o PV e o VO_2max em três diferentes protocolos (dois de campo e um de laboratório). O SHT20, o Montreal University Track Test (MUTT) e um protocolo de esteira rolante não apresentaram diferenças significativas nos valores de VO_2max . Contudo, o PV no SHT20 foi, em média, $3\text{km}\cdot\text{min}^{-1}$ menor quando comparado aos outros dois protocolos. Isto se deve às características do teste, o qual apresenta constantes acelerações e desacelerações com mudanças de sentido a cada 20 m, contribuindo para uma perda significativa na economia de movimento.

Em adição, Edwards et al.²⁸ observaram que o VO_2max determinado a partir do SHT20 não foi diferente entre atletas universitários e recreacionais de futebol. Enquanto, Odetoyinbo e Ramsbottom²⁹ não encontraram variação na *performance* no SHT20 após a aplicação de um treinamento de oito semanas em alta intensidade em jogadores de futebol.

Assim, é possível afirmar que o SHT20 não é um teste adequado para a avaliação de atletas de futebol quando o objetivo for verificar os efeitos de treino. Tais achados podem ser explicados pelo fato de o SHT20 ser um teste com características contínuas, enquanto que o futebol se caracteriza como uma atividade intermitente.

Outro modelo reportado frequentemente na literatura para a avaliação de futebolistas é o Yo-Yo, proposto por Bangsbo². Este teste é realizado no local que o atleta realiza seus treinos (campo, quadra,

pista), em uma distância fixa de 20m, apresentando três diferentes versões.

O Yo-Yo endurance (YYE) é utilizado para a avaliação da capacidade de correr continuamente durante um longo período de tempo. Este teste possui características semelhantes ao SHT20, no entanto, apresenta dois níveis de acordo com o condicionamento do avaliado. No nível 1 (YYE1), a velocidade inicial é de $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, e no nível 2 (YYE2), é $11,5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. O acréscimo na velocidade ($0,5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) nos dois níveis ocorre regularmente a cada minuto. O indivíduo que alcançar o estágio 17 no YYE1 deverá realizar o YYE2 na próxima avaliação. O teste fornece dois indicadores como resultados, o VO_2max estimado e distância percorrida.

O Yo-Yo intermittent endurance (YYIE) foi preconizado para avaliação da capacidade do indivíduo de executar atividades intermitentes por períodos prolongados. O teste também é realizado em uma distância fixa de 20 m e apresenta dois níveis com velocidades iniciais de $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (nível 1) e $11,5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (nível 2). Porém a diferença em relação YYE é a adoção de pausas de 5 s a cada 40 m (2 x 20) percorridos. O indicador fisiológico fornecido neste teste é a distância percorrida.

No entanto, a versão mais difundida e estudada na literatura do teste Yo-Yo é o Intermittent Recovery (YYIR). Este apresenta como principal característica a adoção de pausas de 10 s a cada 40 m (2 x 20). A velocidade inicial ($10\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) no nível 1 (YYIR1) é mais elevada em relação às outras duas versões, assim como, os incrementos nas primeiras velocidades. Já no nível 2, (YYIR2) a velocidade inicial é de $13\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Outra característica do YYIR são os estágios com durações irregulares. O indicador fisiológico fornecido nesta versão é a distância percorrida.

Em relação às respostas fisiológicas, os dois níveis do YYIR apresentam solicitações máximas ao sistema aeróbio, porém, no nível 2 (YYIR2), a exigência anaeróbia é mais elevada. As concentrações de lactato sanguíneo e muscular, encontradas ao final do YYIR2, foram maiores, enquanto que a creatina fosfato e o pH muscular foram menores quando comparados ao YYIR1^{26,30}.

Castagna et al.³¹ compararam as respostas fisiológicas do YYIR1 com o YYE2, procurando verificar quais variáveis fisiológicas relativas à potência anaeróbia (salto contra movimento), potência aeróbia (VO_2max) e capacidade aeróbia (limiar ventilatório) são determinantes da *performance* nos dois modelos.

Os autores verificaram que o YYE2 apresentou correlações significativas com o VO_2max ($r=0,75$, $p\leq 0,01$), com a velocidade relativa ao limiar venti-

latório (LTF_2) ($r=0,83$, $p\leq 0,01$) e com o PV obtido em teste incremental na esteira ($r=0,87$, $p\leq 0,01$). Por outro lado, o YYIR1 apresentou correlação com a velocidade relativa ao limiar ventilatório ($r=0,69$, $p\leq 0,01$) e com o PV ($r=0,71$, $p\leq 0,01$), enquanto a correlação com o VO_2max foi menor ($r=0,46$, $p\leq 0,05$).

O PV obtido no YYE2 também foi significativamente inferior aos determinados na esteira e no YYIR1. Já o PV determinado na esteira não apresentou diferença significativa em relação ao YYIR1. Assim, é possível afirmar que a *performance* nos dois testes são determinadas por diferentes mecanismos, ou seja, o YYIR1 é influenciado, principalmente, por fatores periféricos relativos à força muscular, enquanto que YYE2 é dependente, principalmente, de variáveis aeróbias submáximas (limiar ventilatório). Desta forma, é possível confirmar a proposta inicial dos autores do teste, que o YYE2 é um excelente método para avaliação aeróbia em situação de campo, já o YYIR1 contempla a avaliação da aptidão aeróbia-anaeróbia, em apenas um teste específico, de jogadores de futebol.

Assim, para a avaliação dos atletas de futebol, a versão do YYIR1 tem sido apresentada como uma alternativa válida. Isso se justifica pelos achados citados anteriormente e principalmente, pelos resultados apresentados por Krstrup et al.²⁶, que encontraram correlação significativa ($r=0,71$, $p<0,05$) entre o YYIR1 e a *performance* de alta intensidade (velocidade $>15\text{km}/\text{h}$) durante a partida de futebol em jogadores profissionais.

Apesar de considerar a especificidade e validade do Yo-Yo para modalidade de futebol, vale ressaltar que o teste citado tem como principal informação a distância percorrida, não fornecendo dados que possam ser transferidos precisamente para o treinamento da potência e da capacidade aeróbia.

Procurando fornecer subsídios mais detalhados para a prescrição do treinamento, Carminatti et al.³² propuseram o TCar que inclui, na sua realização, acelerações, desacelerações, mudanças de sentido e pausas intermediárias, considerado, assim, um teste específico para o futebol. O TCar apresenta velocidade inicial de $9\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (distância inicial de 15 m) com incrementos de $0,6\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada estágio (90 s), até a exaustão voluntária, mediante aumentos sucessivos de 1 m a partir da distância inicial, e apresenta como principais índices o PV e o ponto de deflexão da frequência cardíaca, os quais estão associados à potência e à capacidade aeróbia, respectivamente.

No primeiro estudo envolvendo o TCar³², foi investigada a validade de constructo des-

te teste, avaliando-se o PV de atletas juvenis ($PV=16\pm 0,8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) e juniores ($PV=16,7\pm 0,8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$). A diferença encontrada entre as categorias reporta a validade de constructo, considerando que os grupos estavam no mesmo período de treinamento e desta forma, o teste foi capaz de discriminar as diferenças fisiológicas oriundas de fatores maturacionais.

Em outro estudo sobre o TCar⁶, foi analisada a validade concorrente deste teste a partir do SHT20, o qual reúne evidências de validade e alto coeficiente de reprodutibilidade. No estudo, encontrou-se correlação significativa entre os dois testes nos valores de FCmax ($r=0,90$, $p\leq 0,01$) e PV ($r=0,93$, $p\leq 0,01$). Além disso, foi encontrada uma diferença média superior a $2,4\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ no PV, que pode ser atribuída às pausas intermediárias e à distância variável (15 a 32m) durante o TCar, permitindo ao atleta um maior espaço para acelerar em cada início de corrida e/ou na retomada de velocidade após cada mudança de sentido, principalmente, nas velocidades mais altas do protocolo ($>15\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$).

Carminatti et al.³³ investigaram a sensibilidade do PV determinado no TCar após um período de treinamento no futebol (9 semanas), encontrando alto grau de sensibilidade aos efeitos de treinamento em jovens atletas. Resultados similares foram encontrados por Floriano et al.³⁴ que demonstraram que o PV no TCar é sensível às adaptações provocadas na temporada competitiva em jogadores juniores de futebol. Assim, é possível utilizar este teste no controle das adaptações fisiológicas, além de examinar mudanças nas capacidades físicas, durante a temporada, em atletas de futebol.

Recentemente, Dittrich et al.³⁵, avaliando 30 atletas de futsal e futebol, confirmaram que a intensidade correspondente a 80.4% do PV e a velocidade do PDFC encontrada no TCar obtida pelo método visual estão associados com a velocidade do limiar anaeróbio ($3,5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$), não apresentando diferenças significantes ($p<0,05$) entre os dois modelos utilizados para a determinação da capacidade aeróbia com o método utilizado em condição laboratorial.

Esses resultados sustentam a validade da utilização do TCar para prever o LTF₂, oferecendo aos treinadores uma metodologia mais acessível para a avaliação do componente aeróbio no futebol.

Recentemente, Fernandes da Silva et al.³⁶ observaram que o PV no TCar está associado com índices aeróbios ($v\text{VO}_2\text{max}$, VO_2max e Limiar anaeróbio) e anaeróbios (tempo médio, melhor tempo). Além disso, o PV e a frequência cardíaca apresentaram alta reprodutibilidade ($\text{CCI}=0,94$,

$p<0,01$; $\text{CCI}=0,97$, $P<0,01$, respectivamente) com baixo coeficiente de variação (1,4%).

Desta forma, a partir dos estudos supracitados, é possível afirmar que o TCar e o YYIR1 são os testes mais adequados para avaliação aeróbia de atletas de futebol, considerando especificidade, validade e reprodutibilidade. Contudo, o TCar apresenta a possibilidade de transferência dos indicadores de potência (PV) e capacidade (PDFC) aeróbia diretamente para as sessões de treinamento, enquanto que o YYIR1 explora, principalmente, a distância percorrida que limita, em parte, tal transferência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os índices aeróbios mensurados em protocolos laboratoriais que são utilizados para avaliar e monitorar atletas de futebol, o LFT₂ apresenta maior sensibilidade aos efeitos do treinamento e, também, pode de modo mais preciso discriminar a performance em atletas com diferentes níveis competitivos.

Em relação aos testes de campo, o TCar e o YYIR1 são os protocolos mais indicados para avaliar a aptidão aeróbia em atletas de futebol, contudo, o TCar apresenta a possibilidade de transferir os indicadores mensurados (PDFC e PV) para a prescrição da intensidade do treinamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mcmillan K, Helgerud J, Grant SJ, Newell J, Wilson J, Macdonald R, et al. Lactate threshold responses to a season of Professional British youth soccer Br J Sports Med 2005;39:432-6.
2. Bangsbo J. Fitness Training for Football: A scientific approach. HO+Storm, Bagsvaerd, 1994.
3. Basset DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc 2000;32:70-84.
4. Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, Ferrari bravo D, Sassi R, Impellizzeri FM. Validity of Simple Field Tests as Indicators of Match-Related Physical Performance in Top-Level Professional Soccer Players. Int J Sport Med 2007; 28:228-35.
5. Ziogas GG, Patras KN, Stergiou N, Georgoulis AD. Velocity at Lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during pre-season. J Strength Cond Res 2010;25(2):414-9.
6. Gallotti FM, Carminatti LJ. Variáveis identificadas em testes progressivos intermitentes. Rev Bras Presc Fisiol Exer 2008;2:1-17
7. Tomlin DL, Wenger HA. The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise. Sports Med 2001;31:1-11.
8. Denadai BS. Índices Fisiológicos de Avaliação Aeróbia: Conceitos e Aplicações. Ribeirão Preto: BSD, 1999.

9. Balikian P, Lourenção A, Ribeiro LFP, Festuccia WTLF, Neiva CM. Consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbico de jogadores de futebol: comparação entre as diferentes posições. *Rev Bras Med Esporte* 2002;8(2):32-6.
10. Alhazzaa HM, Almuzaini KS, Al-refae SA, Sulaiman MA, Dafterdar MY, Al-Ghamedi, A, et al. Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41(1):54-61.
11. Bangsbo J, Norregard L, Thorssoe F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sports Sci* 1991;16:110-6.
12. Santos JAR. Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futebolistas de diferente nível competitivo. *Rev Paul Educ Fís* 1999;13(2):146-59.
13. Svensson M, Drust, B. Testing soccer players. *J Sports Sci* 2005;23(6):601-8.
14. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein JP. Interval training at VO₂ max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):156-63.
15. Fernandes da Silva, J, Guglielmo, LGA, Bishop, D. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res* 2010;24(8):2115-21.
16. Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *Eur J Applied Physiol* 2003;88:361-9.
17. Bourdon P. Blood lactate transition thresholds: concepts and controversies. In: Gore J. *Physiological tests for elite athletes*. Champaign; 2000. p. 50-65.
18. Kindermann W, Simon G, Keul J. The Significance of the Aerobic-anaerobic transition for the Determination of Work Load Intensities During Endurance Training. *Eur J Applied Physiol* 1979;42(1):25-34.
19. Hoff J, Wisloff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med* 2002;36:218-21.
20. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1925-31.
21. Daniels JT. A physiologist's view of running economy. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:332-8.
22. Di prampero PE, Girardis M, Zamparo P, Soule RG. Energetics of best performances in middle-distance running. *J Appl Physiol* 1993;74(5):2318-24.
23. Burgomaster KA, Hughes SC, Heingenhauser G, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle. *J Appl Physiol* 2005;98(6):1985-90.
24. Ahmaidi S, Collomp K, Caillaud C, Préfaut, C. Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *Int J Sports Med* 1992;13(3):243-8.
25. Léger LC, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂max. *Eur J Applied Physiol* 1982;49(1):1-12.
26. Krustkup PM, Mohr T, Amstrup T, Rysgaard J, Johansen A, Steensberg PK, et al. The Yo-Yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability and validity; *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:697-705
27. Ramsbottom R, Brewer J, Williams C. A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med* 1988;22:141-4.
28. Edwards AM, Macfayden AM, Clark N. Test performance indicators from a single soccer specific test differentiate between highly trained and recreationally active soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2003;43:14-20.
29. Odetoynbo K, Ramsbottom R. "Aerobic" and "anaerobic" field testing of soccer players. In Reilly T, Bangsbo J, Hughes M, editors. *Science and football III*. London: E & FN Spon press; 1997. p. 21-26.
30. Krustup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J. The yo-yo IR2 test: physiological response. Reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38(9):1666-73.
31. Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and Yo-Yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: A correlation study. *J Strength Cond Res* 2006;20(2):320-5.
32. Carminatti LJ, Lima-Silva AE, De-Oliveira FR. Aerobic fitness in intermittent sports - Evidence of construct validity and results in incremental test with pause. *Rev Bras Fisiol Exerc* 2004;3(1):120.
33. Carminatti LJ, Lima-Silva AE, Nakamura FY, Goncalves JFF, De-Oliveira FR. Sensibilidade do TCAR aos efeitos do treinamento em jogadores de futebol. *Rev Performance*, 2005; 8; 71.
34. Floriano LT, Ortiz JG, Souza AR, Liberali R, Navarro F, Cavinatto CA. Influência de uma temporada no pico de velocidade e no limiar anaeróbico de atletas de futebol. *Rev Bras Futsal Fut* 2009;1; 259 -269.
35. Dittrich N, Fernandes da Silva J, Castagna C, De Lucas RD, Guglielmo LGA. Validity of Carminatti's test to determine physiological indices of aerobic power and capacity in soccer and futsal players. *J Strength Cond Res* 2011; In press.
36. Fernandes da Silva J, Guglielmo LGA, Carminatti LJ, De Oliveira FR, Dittrich N, Paton C. Validity and reliability of a new test (Carminatti's test) for soccer players compared to laboratory-based measures. *J Sports Sci* 2011; In press.
37. Aziz AR, Mukherjee S, Chia M, Teh KC. Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2007;47(4):401-7.
38. Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41(4):463-9.
39. Wisloff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:462-7.

Endereço para correspondência

Juliano Fernandes da Silva
 Universidade Federal de Santa Catarina
 Centro de Desportos - Laboratório
 de Esforço Físico
 Campus Universitário da Trindade, s/n
 CEP: 88040-900 Florianópolis (SC) Brasil
 E-mail: jufesi23@yahoo.com.br