

8

**Fisiologia
do treinamento
no alto
desempenho
do atleta
de futebol**

JOSÉ SOARES

ANTÓNIO NATAL C. REBELO

RESUMO

O futebol é uma modalidade que requer, do jogador, várias capacidades: apurada competência técnica, boa compreensão tática do jogo, atitude mental centrada no rendimento e excelente condição física. O treinador precisa conhecer com rigor não só as características técnicas e táticas, mas também os aspectos fisiológicos da modalidade para planejar o conteúdo e a aplicação temporal das cargas do treino em função daquilo que o jogo exige. Pode-se concluir, com base em inúmeros estudos, que, do ponto de vista fisiológico, o futebol apresenta um perfil bioenergético misto com uma participação importante do metabolismo aeróbio.

Palavras-chave: futebol, treino, fadiga, metabolismo, metabolismo aeróbio e anaeróbio.

ABSTRACT

Football is a sporting discipline demanding a variety of skills from the players: refined technique, good game tactics, mental attitude focused on performance and excellent physical conditions. The coach must be deeply knowledgeable not only about technical and tactical characteristics, but also about the physiological aspects of the sport to plan which training load to use and when to train, according to what the game demands. We can conclude, based on numerous studies, that, from the physiological viewpoint, football features a mixed bioenergetic profile in which aerobic metabolism plays an important part.

Keywords: *football, training, fatigue, metabolism, aerobic and anaerobic metabolism.*

O

futebol é uma modalidade que exige do jogador várias capacidades das quais se destacam uma apurada competência técnica, uma boa compreensão táctica do jogo, uma atitude mental centra-

da no rendimento e, para além disso, uma excelente condição física.

O jogo, com uma duração oficial de noventa minutos, é realizado em intensidade muito elevada, de forma intermitente e com sequências aleatórias de fases de esforço e de repouso.

Para que do treino resulte uma preparação do jogador a mais adequada possível para a competição, é necessário conhecerem-se com rigor as características da modalidade em causa. A partir desse conhecimento, o treinador poderá planejar o conteúdo e a aplicação temporal das cargas do treino em função daquilo que o jogo exige. Nesse sentido, têm vindo a ser publicados inúmeros trabalhos em que, com as mais diversas técnicas, se vem demonstrando a exigência física do jogador na competição.

Uma das formas de conhecimento das diversas tarefas físicas impostas pelo jogo baseia-se no estudo das características dos deslocamentos do futebolista

durante uma partida no que se refere à duração, frequência, tipo e intensidade.

Apesar do reconhecido interesse para o treino desse tipo de estudos, existem também muitas limitações à sua aplicação, dados os inúmeros factores que condicionam a *performance* do futebolista. A concepção táctica é, dentre os diferentes aspectos, um dos mais importantes. Se, por exemplo, estamos a avaliar a distância percorrida por um lateral de uma equipa que joga mais recuada, com preocupações mais defensivas, a actividade desse atleta será subavaliada dadas as imposições tácticas. Se, pelo contrário, essa equipa optar por uma concepção mais ofensiva em que os laterais actuam quase como extremos, vamos encontrar um muito maior espaço percorrido no jogo e, portanto, uma maior implicação física. Nesse sentido, uma das soluções para obviar a esse constrangimento é a de aumentar o número de jogos observados, assim como o número de equipas em diferentes tipos de situações. A mesma equipa deve ser analisada mais do que uma vez, com adversários diferentes e em jogos realizados seja no seu campo seja no campo do opositor. Só dessa forma conseguimos encontrar um modelo de exigência física minimamente realista e adaptada às reais situações da competição.

Como o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa não elimina todas as diferenças ortográficas observadas nos países que têm o idioma português como oficial, mantivemos a grafia original do texto.

JOSÉ SOARES é professor catedrático de Fisiologia da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (Portugal).

ANTÓNIO NATAL C. REBELO é professor da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

No Quadro 1, mostramos as profundas diferenças nos deslocamentos efectuados por atletas de equipas holandesas e inglesas em diferentes parâmetros físicos do jogo, mostrando a influência de duas concepções táticas distintas no espaço percorrido em competição.

São hoje utilizadas numerosas formas de observar o jogo do ponto de vista físico. Essas formas envolvem a localização contínua dos jogadores durante todo o jogo com o intuito de se poder caracterizar os seus deslocamentos. Os métodos mais precisos e rápidos assentam na tecnologia de localização por GPS (ex.: GPS Sports), na análise computadorizada de imagens de vídeo (ex.: Prozone e Amisco) e no tratamento de dados recolhidos por radiofrequência (ex.: ZXY Sport Tracking). Internacionalmente, esse tipo de análise denomina-se genericamente de *time-motion analysis*. Os percursos realizados pelos jogadores são analisados em função da intensidade (ex.: *sprint*, corrida lenta, trote, etc.), do espaço percorrido, da frequência e da forma (ex.: corrida de costas, lateral, etc.).

Está amplamente descrito em inúmeros trabalhos que um jogador de futebol percorre, dependendo da função específica, entre 8 e 12 km por jogo (Di Salvo et al., 2007; ver Figura 1). Os deslocamentos de baixa intensidade ocupam cerca de 4/5 de todas as restantes formas de locomoção, no que se refere ao tempo, e de 70%, relativamente ao espaço.

Porém, não é apenas a distância total percorrida que varia em função da posição no terreno de jogo – a distância percorrida nos diversos tipos de deslocamento apresenta também uma grande variação (Di Salvo et al., 2007). A título de exemplo, no Quadro 2 é possível

verificar que os extremos, comparativamente com os jogadores de outras posições, tendem a realizar menores distâncias em deslocamentos de baixa velocidade e maiores distâncias em deslocamentos que exigem maior velocidade.

Centrando a análise nos deslocamentos realizados em *sprint*, surge evidente a variação do número de deslocamentos desse tipo em função da posição no terreno de jogo (Di Salvo et al., 2010; ver Figura 2). Os jogadores mais avançados são os que mais vezes são chamados a realizar *sprints*, especialmente os jogadores que atuam sobre as alas.

No Quadro 3 é apresentada a taxa de variação da distância dos deslocamentos de alta intensidade realizados em diferentes jogos da primeira liga inglesa (Gregson et al., 2010). Esse tipo de deslocamento apresenta globalmente uma forte variação de jogo para jogo. Em particular, o número de sprints realizados pode variar até 40% em diferentes jogos. Esse facto releva o carácter iminente variável das exigências físicas de cada jogo em resposta às características específicas das equipas em confronto.

Para além da concepção tática, também o nível das próprias equipas condiciona significativamente a participação física no jogo. Na Figura 3, podemos observar diferenças claras nas distâncias percorridas em corrida de alta intensidade por futebolistas do sexo feminino (barras verdes) e masculino (barras claras) de diferentes níveis competitivos (Mohr et al., 2008).

Esses dados sugerem que a distância percorrida é tanto maior quanto melhor for o nível competitivo das equipas, relevando a componente física do jogo.

FIGURA 1
PERCURSO POR JOGO POR FUNÇÃO

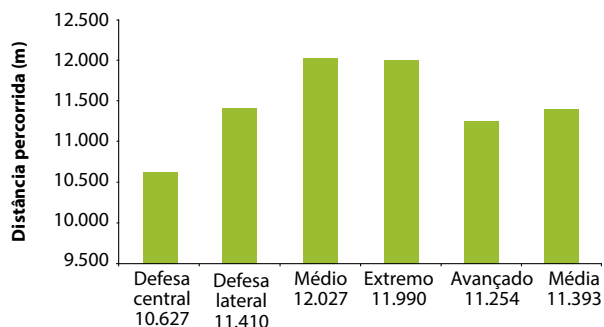
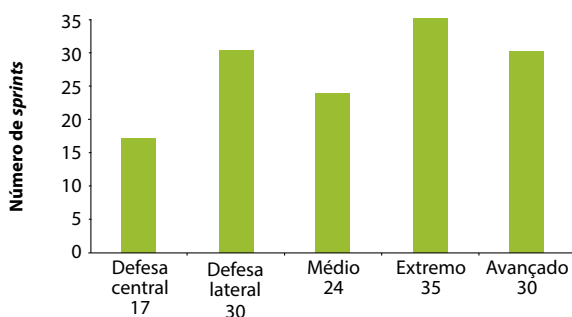


FIGURA 2
DESLOCAMENTOS REALIZADOS EM *SPRINT*



QUADRO 1
ESPAÇO PERCORRIDO (KM) EM JOGO POR FUTEBOLISTAS DAS PRIMEIRAS
DIVISÕES DA HOLANDA E DA INGLATERRA (VERHEIJEN, 1998)

	Andar	Jogging	Corrida	Sprint	Total
<i>Defesas</i>					
Holanda	3,2	2,0	1,4	1,4	8,4
Inglaterra	2,2	4,6	0,6	0,1	9,0
<i>Meio-campo</i>					
Holanda	2,6	5,2	1,8	1,1	10,9
Inglaterra	2,8	7,0	0,8	0,2	12,1
<i>Ataque</i>					
Holanda	3,4	2,0	1,6	1,8	9,8
Inglaterra	3,5	4,0	1,2	0,4	10,4

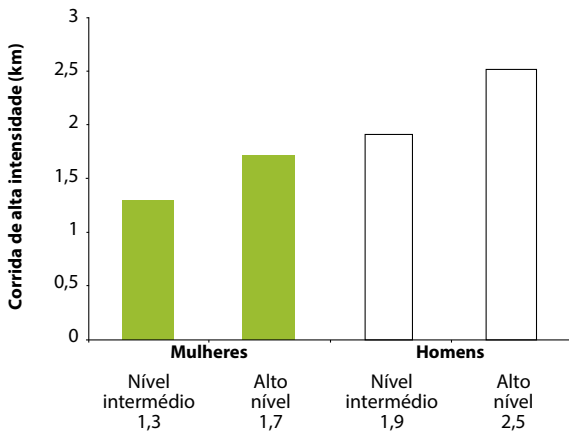
QUADRO 2
DISTÂNCIA PERCORRIDA POR INTERVALOS DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO

Distância percorrida (m)	Defesa central	Defesa lateral	Médio	Extremo	Avançado
0-11 km/h	7.080	7.012	7.061	6.960	6.958
11,1-14 km/h	1.380	1.590	1.965	1.743	1.562
14,1-19 km/h	1.257	1.730	2.116	1.987	1.683
19,1-23 km/h	397	652	627	738	621
> 23 km/h	215	402	248	446	404

QUADRO 3
VARIAÇÃO DA DISTÂNCIA DOS DESLOCAMENTOS DE ALTA INTENSIDADE

Atividade de alta intensidade	Coefficiente de variação (%)	Intervalos de confiança de 95%
Distância total em corrida de alta intensidade	17,7 ± 6,8	17,1-18,3
Distância percorrida em corrida de alta intensidade	16,2 ± 6,4	15,6-16,7
Distância total em <i>sprint</i>	30,8 ± 11,2	29,9-31,7
Número de <i>sprints</i>	30,0 ± 11,3	29,0-30,9

FIGURA 3
DISTÂNCIAS PERCORRIDAS EM CORRIDA DE ALTA INTENSIDADE POR FUTEBOLISTAS DO SEXO FEMININO E MASCULINO



A manifestação de fadiga na parte final do jogo tem vindo a ser muito estudada em diferentes trabalhos. Foi observada uma diminuição da *performance* física na segunda parte de jogos da Premier League, afectando especialmente os deslocamentos de intensidade intermédia (Di Salvo et al., 2007; ver Quadro 4).

Num outro estudo realizado na mesma liga profissional (Bradley et al., 2009; Figura 4), em que se analisaram as necessidades de recuperação dos esforços de alta intensidade, verificou-se um aumento

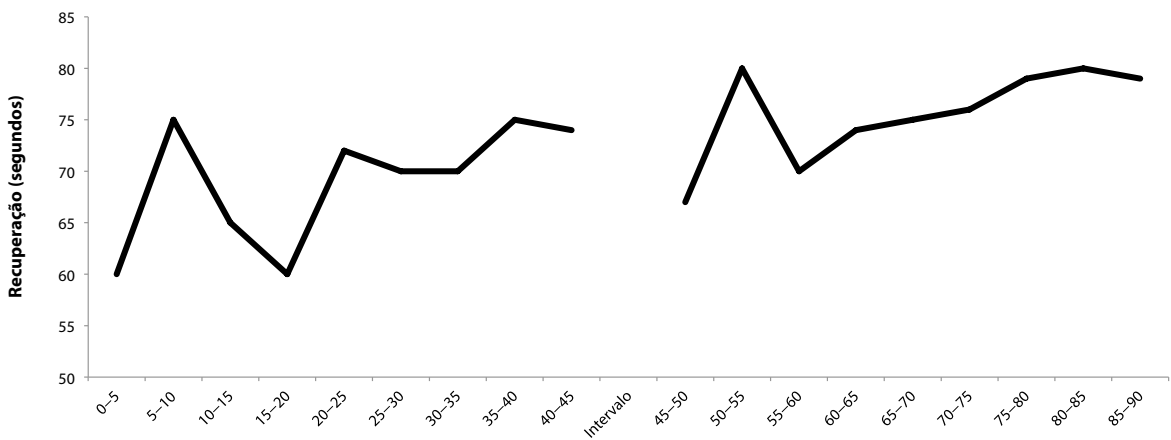
progressivo do tempo médio de recuperação, o que parece ser um forte indicador de que à medida que o jogo se desenrola a dificuldade em manter o trabalho de alta intensidade vai aumentando.

A manifestação de fadiga durante o jogo de futebol tem sido também observada nos períodos subsequentes à realização de esforços intensos, o que foi designado por fadiga temporária.

Esse conceito de fadiga do futebolista foi originalmente descrito pelo grupo de investigadores dirigido pelo dinamarquês Jens Bangsbo. Ao analisarem a intensidade do jogo em períodos de 5 minutos, esses investigadores verificaram que, depois dos jogadores se envolverem num conjunto de corridas e ações de alta intensidade num determinado período, apresentavam no período seguinte uma diminuição considerável da intensidade do seu trabalho (Mohr et al., 2003; ver Figura 5).

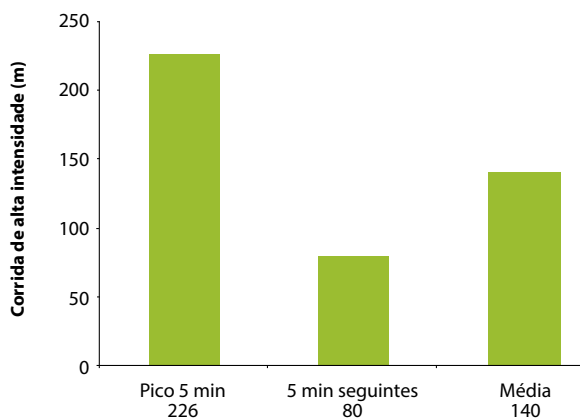
Da análise dos vários estudos apresentados, podemos concluir que o futebol é uma modalidade muito exigente fisicamente, tendo esta componente uma expressão diferenciada em função da posição específica do jogador, da concepção tática, do nível competitivo e até das diversas fases do jogo. Por outro lado, a fadiga manifesta-se fundamentalmente após as fases mais intensas do jogo e na fase terminal do mesmo. Desse modo, cabe aos treinadores desenvolver estratégias de treino que promovam a capacidade de recuperação após exercício de alta intensidade e a resistência em exercício intermitente de longa duração, enquadradas evidentemente nas características específicas da modalidade.

FIGURA 4
TEMPO MÉDIO DE RECUPERAÇÃO DOS ESFORÇOS DE ALTA INTENSIDADE



0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	Intervalo	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90
60	75	65	60	72	70	70	75	74		67	80	70	74	75	76	79	80	79

FIGURA 5
INTENSIDADE DO JOGO
EM PERÍODOS DE 5 MINUTOS



EXIGÊNCIAS FISIOLÓGICAS DO JOGO

Para além do conhecimento das características dos movimentos efectuados pelos jogadores em competição, é também determinante estudarmos as repercussões internas, ou fisiológicas, desse tipo de exigências.

Produção aeróbia de energia no jogo

Já desde os finais da década de 60 têm vindo a ser publicados alguns trabalhos descrevendo as variações do consumo de oxigénio durante um jogo de futebol.

Todavia, os valores encontrados, que variavam entre 1 e 2 l/min, estão obviamente condicionados pelo tipo de tecnologia utilizada naquela altura, assim como o reduzido tempo de jogo em que o estudo era efectuado. Mais recentemente, recorrendo a equipamentos mais sofisticados e portáteis, os valores encontrados situam-se por volta dos 4 l/min. Essa forma de determinar o consumo de oxigénio está, apesar da sofisticação dos equipamentos de espirometria, limitada pelo incómodo causado aos jogadores e ainda por as situações criadas estarem longe de serem as específicas do futebol. Como forma de obviar a esse problema, a avaliação da participação da componente aeróbia no jogo tem sido, ainda que de forma indirecta, calculada a partir do estudo contínuo da frequência cardíaca (FC). Os valores encontrados pelos vários estudos são relativamente concordantes, referindo valores médios da FC durante o jogo entre 160-170 bat/min, atingindo frequentemente a FC máxima, intercalados com fases de recuperação quase completa (Figura 6). É também reconhecido um decréscimo médio de cerca de 10 bat/min nas segundas partes do jogo. Em jogos do campeonato dinamarquês, foram observados os seguintes intervalos da FC (Bangsbo, 1993):

- abaixo de 73% da FC máxima: 10 minutos (11% do tempo de jogo);
- entre 73 e 92% da FC máxima: 57 minutos (63% do tempo de jogo);
- acima de 92% da FC máxima: 23 minutos (26% do tempo de jogo).

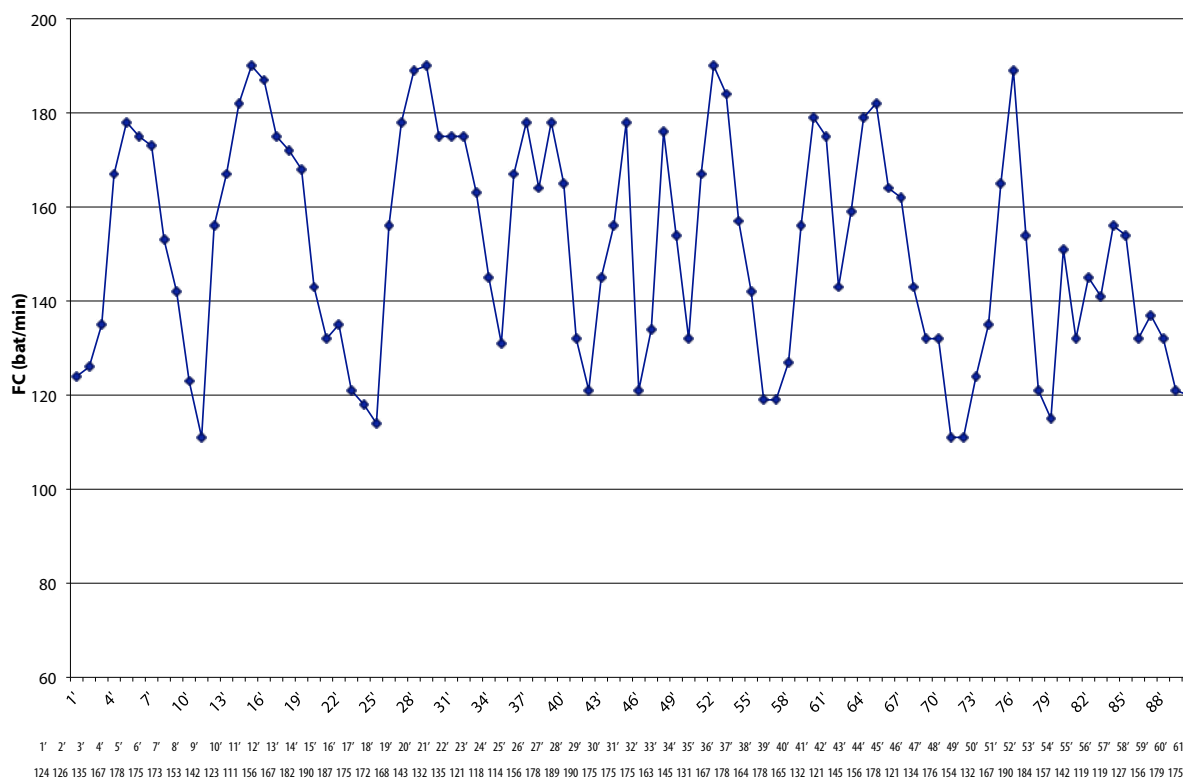
QUADRO 4
DISTÂNCIA PERCORRIDA (M) NA 1ª E 2ª PARTES DO JOGO
EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO

Velocidade de deslocamento	Primeira parte	Segunda parte
0-11 km/h	3.496 ± 148	3.535 ± 663
11,1-14 km/h	851 ± 188	803 ± 187
14,1-19 km/h	894 ± 251	865 ± 255
19,1-23 km/h	304 ± 118	301 ± 110
> 23 km/h	165 ± 95	172 ± 94
Total	5.709 ± 485	5.684 ± 663

QUADRO 5
CONCENTRAÇÕES SANGUÍNEAS E MUSCULARES DE VARIÁVEIS METABÓLICAS NO JOGO

	Primeira parte	Segunda parte	Final do jogo
Lactato sanguíneo (mM)	5	6	3,9
Glicogénio muscular (mmol/kg-1)	449		255
Amónia (µM)	203	217	
Glicerol (µM)	185	234	

FIGURA 6
VARIAÇÕES DA FC, MINUTO A MINUTO, AO LONGO DE UM JOGO



Baseado nas relações individuais entre a FC e o consumo de oxigénio, poderemos encontrar um valor médio de consumo durante o jogo à volta dos 75% do consumo máximo de oxigénio.

Produção anaeróbia de energia no jogo

O estudo de variáveis metabólicas em jogo torna-se muito difícil de concretizar por questões técnicas.

A colheita de sangue para posterior análise tem de ser feita em intervalos, mais ou menos regulares, o que implica que o atleta tenha de interromper o jogo para ser feita a colheita. Alguns estudos têm sido publicados utilizando recolhas de sangue no início e no final dos jogos. Esses resultados têm muito pouca validade porque espelham apenas o que os atletas realizarem nos momentos imediatamente anteriores às colheitas

e não o que se terá passado durante os 90 minutos. Para obviar a esse problema, alguns autores, utilizando jogos não oficiais, vão colhendo sangue e realizando biopsias em jogadores diferentes, com intervalos regulares de tempo de forma a encontrarem um perfil mais real das variáveis metabólicas em estudo, ao longo de toda a competição (Quadro 5; Krstrup et al., 2006). Esta é uma forma muito mais aproximada e a única possível de conhecermos as repercussões internas de um jogo.

A concentração de lactato é uma das variáveis mais utilizadas para inferir da participação do metabolismo anaeróbio em jogo. Os resultados dos estudos apontam para uma elevada oscilação durante os 90 minutos, tendo sido encontrados valores máximos de 10 a 15 mmol/l nas fases mais intensas, permitindo concluir da extrema exigência física dessa modalidade. Em termos médios, os valores referidos encontram-se entre as 4 e as 8 mmol/l, sugerindo uma ampla participação do metabolismo glicolítico. O dado mais interessante é, no entanto, a diminuição das concentrações de lactato da 1ª para a 2ª parte do jogo (Quadro 5). Essa diminuição tem sido relacionada com a diminuição das concentrações de glicogénio muscular no final dos jogos já há alguns anos descrita por investigadores nórdicos. Ou seja, como se regista uma diminuição nos stocks do substrato energético fundamental para a produção desse metabolito, as concentrações vão diminuindo à medida que o tempo de jogo vai decorrendo. Esse facto releva a importância do treino anaeróbio láctico, assim como a importância das estratégias nutricionais no aumento das concentrações de glicogénio antes do jogo e a sua conservação durante o maior tempo possível.

Outro dos aspectos interessantes relativos à caracterização bioenergética do jogo é a diferença nas concentrações médias de lactato em jogadores de divisões diferentes. O estudo apresentado na Figura 7 foi realizado na Suécia e mostra uma maior participação do metabolismo glicolítico nas divisões de elite comparadas com a 2ª e 3ª divisões. Esse facto sugere que, quanto mais elevado é o nível do jogo, maior é a intensidade e, portanto, mais altas as concentrações de lactato. Daqui se pode concluir da extrema importância da componente láctica na preparação integral do futebolista.

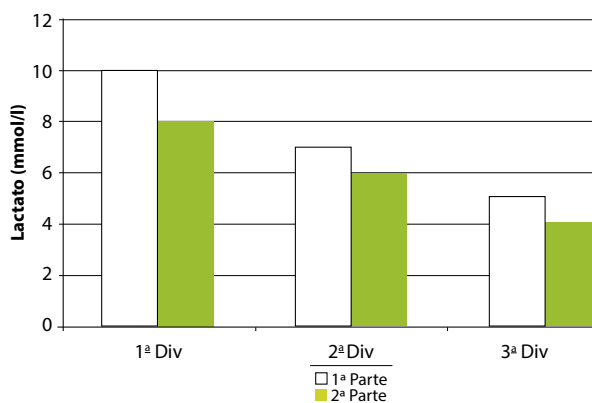
A diminuição das concentrações de lactato na 2ª parte dos jogos é também acompanhada pela menor produção de amónia. O aumento desse composto nas

fases iniciais do jogo indica claramente uma ampla mobilização dos fosfagénios de alta energia (trifosfato de adenosina – ATP e fosfato de creatina – CP) e a consequente degradação ao longo do jogo.

A avaliação da glicemia (concentração de glicose no sangue) durante o jogo mostra inequivocamente uma diminuição importante nas fases iniciais da 2ª parte, voltando a aumentar no final. Convém salientar que, em todos os estudos referidos, nunca foram detectados casos de hipoglicemia apesar de baixas consideráveis, em alguns momentos do jogo, de glicose no sangue. O facto de a glicemia baixar no início da 2ª parte deve ser tomado em consideração quando se trata de seleccionar o tipo de bebida a ingerir no intervalo.

Todos estes dados, em que é evidenciada uma menor participação láctica na 2ª parte por diminuição das reservas de glicogénio, são também confirmados pelo aumento das concentrações de glicerol (indicador indirecto da metabolização das gorduras) no final do jogo, revelando a menor participação anaeróbia e o aumento da importância do metabolismo oxidativo.

FIGURA 7
CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE LACTATO EM JOGADORES SUECOS DE DIVISÕES DIFERENTES (BANSGBO, 1994)



	1ª Parte	2ª Parte
1ª Div	10	8
2ª Div	7	6
3ª Div	5	4

Na prática: De forma a contrariar a diminuição da glicemia no início da segunda parte, a ingestão de bebidas glicosadas no intervalo parece ser um bom meio de normalizar a glicose. Todavia, quando se trata de escolher uma bebida para ser administrada nos momentos imediatamente antes do esforço, como é o caso do intervalo, deveremos ter em conta dois aspectos fundamentais: por um lado, a bebida tem de ter uma concentração de hidratos de carbono suficientemente alta para ter efeitos significativos na glicemia, por outro, ao aumentarmos a sua densidade pela concentração de glicose estamos a aumentar o tempo de permanência gástrica. Assim, quanto mais tempo a bebida residir no estômago menos interesse energético terá, dada a necessidade de, o mais rapidamente possível, a bebida ser absorvida a nível intestinal. Por outro lado, o aumento das concentrações de hidratos de carbono pode também desencadear uma situação habitualmente conhecida como “hipoglicemia reactiva”. Se ingerirmos uma concentração elevada de glicose, o aumento da glicemia estimula a libertação rápida e desregulada de insulina. Se a esse efeito adicionarmos o papel da contracção muscular, isto é, do começo do esforço, no transporte da glicose para o interior das células musculares, estamos perante uma forte possibilidade de, apesar da ingestão de glicose, o atleta sofrer uma situação de hipoglicemia por aumento rápido e intenso do transporte de glicose para as fibras musculares. Sugere-se assim que no intervalo do jogo sejam utilizadas bebidas glicosadas com uma concentração mais baixa que o habitualmente recomendado, ou seja, entre 2 e 3%, o que equivale a uma maior diluição do que a referida nas instruções das bebidas energéticas habitualmente utilizadas.

Em resumo, podemos concluir que, do ponto de vista fisiológico, o futebol apresenta um perfil bioenergético misto com uma participação importante do metabolismo aeróbio. A componente de alta intensidade do jogo pode ser inferida a partir das elevadas concentrações de lactato e de amónia, para além das variações da glicemia. A segunda parte dos jogos caracteriza-se por impor uma diminuição gradual dos stocks energéticos induzindo desvios metabólicos importantes e que, por isso, devem merecer uma atenção especial no plano geral de preparação do jogador para a competição.

RESISTÊNCIA PARA JOGAR

Da análise dos dados até agora referidos, é fácil concluir da extrema importância da resistência na preparação global de um futebolista. Nesse sentido, para treinarmos de forma eficaz essa capacidade temos de conhecer as suas bases fisiológicas, as suas implicações funcionais e a sua forma de manifestação.

Adaptações agudas ao treino de resistência

O treino, de uma forma geral, tem como objectivo aumentar a capacidade de obter energia e utilizar essa energia produzida de forma o mais eficiente possível. Os efeitos do treino manifestam-se a diferentes níveis que vão desde as adaptações dos vários sistemas e aparelhos, passando pelos órgãos, tecidos e, por último, pelas próprias células. Todas essas alterações fisiológicas visam dotar o organismo de uma maior capacidade funcional. Isto é, aumentar a capacidade de produzir trabalho.

Do ponto de vista fisiológico, a resistência pode ser dividida em capacidade e potência. A *capacidade aeróbia* refere-se à aptidão de manter uma elevada produção de energia durante um tempo prolongado, utilizando como via preferencial a via oxidativa. Essa capacidade aeróbia é habitualmente avaliada através de testes submáximos de que são exemplo os limiares anaeróbios ventilatório e metabólico e, dentro deste último, a velocidade a 4 mmol/l de lactato. A *potência aeróbia* é habitualmente avaliada através de testes de esforço máximo com uma duração suficientemente prolongada de forma a garantir a participação plena de todas as fontes de energia. A determinação do consumo máximo de oxigénio (VO_2 máx.) é a forma mais tradicional de avaliar a potência aeróbia.

De uma forma simplista, num exercício máximo e de curta duração, a energia é conseguida de forma imediata através do ATP (trifosfato de adenosina) acumulado na célula muscular. No entanto, as quantidades de energia armazenadas dessa forma asseguram apenas os primeiros milissegundos de exercício, sendo necessário recorrer a outros mecanismos celulares. Quando nos primeiros momentos do exercício se começa a deplecionar o ATP acumulado, é necessário recorrer à fosfocreatina (CP) para assegurar a continuidade do trabalho físico. Este composto tem como missão fundamental contribuir para a regeneração do ATP utilizado nas fases iniciais e intensas do esforço.

Na prática: Dado o papel determinante da CP na recuperação dos conteúdos em ATP, entretanto fortemente deplecionado nas fases intensas, muitos atletas passaram a utilizar creatina endógena como forma de aumentar os seus stocks desse composto e, assim, aumentar a sua capacidade para desenvolver esforços explosivos mais repetidos e prolongados no tempo. De resto, se atentarmos na utilização da creatina no desporto, constatamos que foram os velocistas os primeiros a consumirem esse meio ergogénico, tendo-se depois vulgarizado a sua utilização em esforços curtos e intensos e, fundamentalmente, em modalidades intermitentes como é o caso do futebol. A sua administração a futebolistas baseia-se na ideia, ainda não completamente demonstrada do ponto de vista científico, de que ao aumentarmos as reservas de CP poderemos resintetizar mais eficazmente o ATP e, assim, prolongar os esforços de intensidade máxima, como é o caso dos *sprints*, remates, saltos, etc.

Esse sistema, vulgarmente designado por ATP-CP ou por anaeróbio aláctico (não produz acumulações significativas de lactato), embora de curta duração, é o que apresenta uma potência mais elevada permitindo debitar enormes quantidades de energia por unidade de tempo. É o sistema de energia primordial em corridas de 100 m, lançamentos e saltos. Todavia, no futebol as acções de máxima intensidade não ocorrem isoladamente. Para além de serem intercaladas por fases menos intensas, repetem-se ao longo de 90 minutos.

Como forma de garantir que todas essas acções se mantenham ao longo do jogo, é necessário repor, da forma mais rápida e eficiente possível, as reservas de fosfagénios que vão sendo utilizadas ao longo do jogo.

Na prática: A capacidade de realizar esforços repetidos de alta intensidade, como os específicos do futebol, requer uma resíntese rápida do ATP e da CP.

A resíntese faz-se de forma bifásica. Uma primeira parte, muito rápida, que dura entre 20 e 30 segundos, seguida de uma forma mais lenta, que pode durar até 20 minutos. Todavia, em termos práticos, poderemos dizer que em 30 segundos regeneramos já uma elevada quantidade de CP, ainda que só por volta dos 3 minutos se tenha atingido a recuperação quase completa da CP muscular. Por esse facto se entende a necessidade de respeitar intervalos longos (cf. capítulo

sobre treino da velocidade) no treino da potência muscular, de forma a garantir a resíntese dos fosfagénios evitando, assim, um aumento da participação de outro sistema de energia menos potente.

Na prática: Podemos concluir da extrema importância do treino intermitente de máxima intensidade no futebol como forma de estimularmos a produção anaeróbia de energia e, assim, a realização de movimentos rápidos, intensos e repetidos no tempo.

É muito habitual, por exemplo, os atletas serem submetidos a treinos que são idealizados como sendo adaptados à melhoria da potência dos jogadores e, pelo facto de não respeitarem os tempos de regeneração das reservas dos fosfagénios, transformam-se, não em treinos de potência, mas em treinos de resistência. É este o erro mais comum que está na origem da incapacidade dos atletas em se tornarem mais rápidos e mais potentes ao longo da época desportiva.

Continuando ainda de forma esquemática a descrever a sequência metabólica, a seguir ao sistema ATP-CP, entramos gradualmente de forma mais evidente na glicólise. Este passo produz ATP a partir da degradação de moléculas de glicose.

Nota importante: De salientar que a grande função de todos os sistemas de energia é formar ATP para a contracção muscular. O músculo esquelético é incapaz de produzir energia directamente a partir dos grandes compostos orgânicos como sejam a glicose, os ácidos gordos ou os aminoácidos. Esta aparente limitação muscular para produzir energia prende-se com o facto de só existir um tipo de enzima – ATPase – responsável pela hidrólise de ATP nas proteínas contrácteis do músculo. Por essa razão, todos os outros compostos terão de ser convertidos em ATP para poderem ser utilizados a nível muscular.

A concentração da glicose a nível sanguíneo (glicémia) provém da digestão dos hidratos de carbono, ou da degradação do glicogénio armazenado no fígado e/ou no tecido muscular.

De uma forma geral, o glicogénio começa por ser metabolizado em glicose-1-fosfato através da enzima fosforilase que depois é degradado em glicose-6-fos-

QUADRO 6
COMPARAÇÃO DOS TRÊS SISTEMAS ENERGÉTICOS (BROOKS ET AL., 2000)

	Potência (kcal/min)	Capacidade (kcal disponíveis)	Limitação
ATP-CP	36	11	Rápido esgotamento das reservas
Glicólise	16	15	Acidose pelo ácido láctico
Oxidação	10	167280	Transporte e utilização de O ₂

fato. Quando a glicólise se inicia com a degradação de glicogénio armazenado, formam-se três moléculas de ATP. Todavia se a degradação ocorrer com base na glicose, serão formadas apenas duas moléculas de ATP, dado uma ter sido utilizada para a conversão de glicose em glicose-6-fosfato. Se essa reacção ocorrer com níveis insuficientes de oxigénio, o ácido pirúvico produzido é convertido em ácido láctico. A acumulação de ácido láctico nos músculos tem como consequência directa a formação de H⁺ e, desse modo, a diminuição do pH, tornando-se o meio mais ácido. Como já vimos atrás, a acidose metabólica, para além de estar associada às dores musculares durante o exercício (não as ocorridas horas e dias depois do esforço), implica uma necessária diminuição da capacidade funcional, provocada pela disfunção de algumas enzimas e da própria contracção muscular. Isso significa que num meio demasiado ácido, o músculo fica incapaz de trabalhar eficientemente, diminuindo a sua capacidade de gerar força assim como a sua velocidade de contracção. Isso reflecte-se na *performance* do jogador através de uma menor velocidade de deslocamento, menor potência de salto, remate, etc. Ou seja, o atleta começa a entrar em fadiga com consequente deterioração das suas capacidades técnicas e táticas.

A glicólise é o principal sistema de energia para esforços de alta intensidade com uma duração entre 1 e 3 minutos. É um sistema determinante para o futebolista porque é ele que assegura a produção de energia nos *sprints* repetidos, com recuperação incompleta. O facto de os futebolistas manterem durante o jogo concentrações de lactato relativamente elevadas, que podem atingir as 10 mmol/l, reflecte a importância dessa forma de produção de energia.

Nessa cascata metabólica de produção de energia, surge agora o metabolismo aeróbio, ou oxidativo, que é considerado o sistema de energia base da resistência.

A produção aeróbia de energia é realizada no interior das mitocôndrias de todas as células. No caso do tecido muscular esquelético, as mitocôndrias distribuem-se ao longo de toda a célula ainda que estejam preferencialmente dispostas na sua zona central, junto às miofibrilas, e que por isso se designam mitocôndrias intermiofibrilares. Existe também um conjunto importante, mas significativamente menor, de mitocôndrias junto à membrana da célula (sarcolema) e que são designadas por mitocôndrias subsarcolemais.

Uma das limitações desse sistema de energia é de não ter a potência necessária para produzir ATP em quantidade suficiente no tempo para assegurar a realização de exercícios de elevada intensidade. Todavia, dado o enorme armazenamento de gordura e de hidratos de carbono no nosso organismo, o sistema oxidativo consegue assegurar a produção energética para esforços prolongados, ainda que de baixa intensidade.

De forma a termos uma ideia da capacidade do sistema oxidativo, se compararmos com a produção de moléculas de ATP atrás referidas para a glicólise (duas ou três), na presença de oxigénio a metabolização de uma molécula de glicose pode fornecer 39 ATP.

A parte mais significativa de gordura no nosso organismo está acumulada no tecido adiposo, embora existam depósitos de lípidos no interior da própria célula muscular ainda que pouco importantes em situações normais. A degradação da gordura – lipólise – resulta na degradação de triglicérides numa molécula de glicerol e em três de ácidos gordos livres. Os ácidos gordos são transportados na corrente sanguínea para

serem metabolizados a nível muscular. Quando entram na mitocôndria, sofrem um processo de degradação denominado por oxidação. Esse processo leva à formação de acetil coenzima A (Acetil-CoA). O grupo acetil entra no Ciclo de Krebs e é oxidado de forma semelhante à metabolização oxidativa da glicose. Por exemplo, a degradação de uma molécula de ácido palmítico (ácido gordo) fornece 129 moléculas de ATP. Isso significa que esse sistema de energia compensa a sua reduzidíssima potência energética com a sua elevada capacidade.

No Quadro 6 é apresentada uma comparação bioenergética dos três sistemas de energia, com referência aos factores limitativos de cada um deles.

Na prática: Numa visão mais global de todos os sistemas, podemos sintetizar, com exemplos baseados no treino de corrida, a participação dos três sistemas de energia, da seguinte forma:

- *sprint de 100 m* – 80% do ATP produzido vem da degradação da CP, 15% da glicólise e 5% da oxidação;
- *corrida de 800 m* – cerca de 50% pela glicólise e 50% pela oxidação;
- *corrida de 1.500 m* – cerca de 70% da oxidação e 30% pela glicólise.

RESISTÊNCIA PARA RECUPERAR

Como vem sendo afirmado até aqui, a resistência no futebolista tem como objectivo não só prolongar o esforço a alta intensidade mas, acima de tudo, permitir adaptações que aumentem a capacidade de recuperar entre esforços de forma rápida e eficaz. De facto, alguns trabalhos científicos têm demonstrado uma relação muito forte entre a aptidão aeróbia e a recuperação entre exercícios repetidos realizados a alta intensidade. Ou seja, *quanto melhor a capacidade aeróbia, mais eficaz será a recuperação entre esforços intensos.*

Dada a sua importância, no caso específico do futebol, passaremos a uma explicação mais detalhada das bases fisiológicas da resistência na capacidade de recuperação.

No futebol, quando, por exemplo, um defesa lateral tem de conduzir a bola para o ataque através do seu corredor e, depois de um *sprint* máximo de 40 ou 50 metros, tem de cruzar para o interior da área, ele terá que estar dotado de uma elevada potência anaeróbia para realizar esse esforço. No entanto, se o cruzamento for mal executado, ele vai ter de recuperar rapidamente

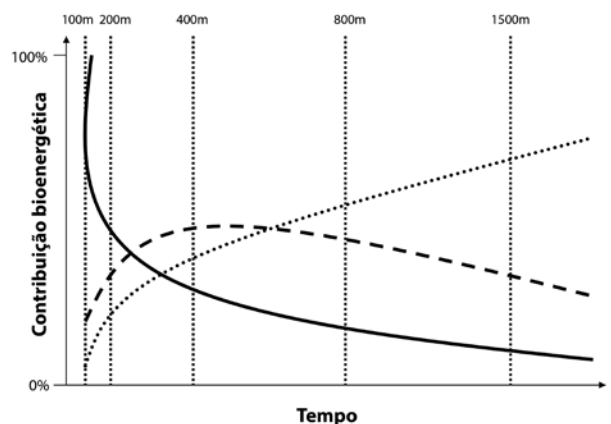
a sua posição e, tanto mais rápido quanto possível, deverá estar preparado fisicamente para efectuar outro ataque. Esse tipo de acções prolonga-se no tempo e repete-se de forma aleatória, variando os tempos de recuperação e de esforço em função de inúmeros factores. É todavia consensual que o jogador terá tanto mais hipóteses de ser ofensivo quanto mais apto estiver para realizar esforços sucessivos, encurtando os seus tempos de recuperação.

Do ponto de vista fisiológico, a recuperação depois do esforço intenso é acompanhada por um declínio rápido do consumo de oxigénio e da FC. Nesse período de repouso dá-se a reposição das reservas de oxigénio, entretanto consumidas, e procede-se à repleção do ATP e da CP.

Para demonstrar a importância do metabolismo oxidativo na ressíntese de CP, a oclusão de um membro, isto é, a interrupção do fluxo sanguíneo, impede que a CP seja reposta. Isso vale por dizer que a reposição dos níveis de CP depende da disponibilidade de oxigénio transportado na corrente sanguínea e, desse modo, da resistência aeróbia.

Para além do atrás referido, uma reposição deficitária dos fosfagénios, por reduzida aptidão aeróbia, tem também como consequência o recurso ao metabolismo glicolítico que, para além de ser menos potente (ver Quadro 6), está associado à produção de lactato e, assim, à criação de um meio celular mais ácido. Não

FIGURA 8
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA PARTICIPAÇÃO DOS TRÊS SISTEMAS DE ENERGIA NUM ESFORÇO CONTÍNUO DE MÁXIMA INTENSIDADE



QUADRO 7
VO₂ MÁXIMO E LIMIAR ANAERÓBIO NO GRUPO DE TREINO
E NO GRUPO CONTROLO (HELGERUD ET AL., 2001)

Parâmetros	Grupo treinado		Grupo controlo	
	Antes	Depois	Antes	Depois
VO ₂ (l/min)	4,25	4,59	4,06	4,11
VO ₂ /ml/kg/min)	58,1	64,3	58,4	59,5
Lan (% VO ₂ máx.)	82,4	86,3	86,2	84,2

QUADRO 8
PARÂMETROS DE TIME-MOTION NOS DOIS GRUPOS EM ESTUDO (HELGERUD ET AL., 2001)

Parâmetros	Grupo treinado		Grupo controlo	
	Antes	Depois	Antes	Depois
Nº sprints	6,2	12,4	6,4	7,5
Nº posses bola	47,4	58,8	50,1	52,4
Nº passes				
C/ sucesso	19,4	23,5	16,6	18,7
S/ sucesso	9,1	7,2	8,2	8,2
Distância total (m)	8.619	10.335	9.076	9.137

QUADRO 9
TEMPO DE JOGO (MIN) EM FUNÇÃO DE INTERVALOS DA FC (HELGERUD ET AL., 2001)

	Grupo treinado	Grupo controlo
<70%	8	14
70-85%	18	32
85-90%	35	40
90-95%	8	18
>95%	3	8

só o atleta fica menos potente do ponto de vista energético, como fica mais dificultada a sua recuperação para os esforços subsequentes, dado que a recuperação da glicólise anaeróbia requer muito mais tempo que a recuperação no metabolismo dos fosfatos de alta energia. No entanto, sabemos que num jogo de futebol, dada a necessidade de repetir esforços de alta intensidade com recuperações incompletas, a degradação de glicogénio e a consequente formação de lactato são inevitáveis. Também sobre este ponto de vista a aptidão aeróbia assume um papel de elevado relevo. Essa capacidade de se recuperar rapidamente de um esforço anaeróbio láctico depende da capacidade de: a) tolerar, b) tamponar (compensação da acidose) e/ou c) rapidamente remover os iões de hidrogénio formados nos músculos em exercício. Depois de entrar no sangue, o lactato é tamponado através do bicarbonato*. Cerca de 65% do lactato é transformado em piruvato pela enzima lactato desidrogenase (LDH), entrando depois no Ciclo de Krebs para ser degradado. Os restantes 35% são transformados em glicose e/ou glicogénio. Uma fracção mínima do lactato é eliminada no suor e urina. Uma grande parte do lactato formado é oxidada nas fibras musculares oxidativas, ou tipo I. Sabendo que o meio ácido condiciona não só a ressíntese de CP e ATP, como também a fosforilação oxidativa, o objectivo principal das fases menos intensas do jogo, do ponto de vista fisiológico, é recuperar um meio celular favorável à execução de múltiplos e sucessivos exercícios intensos, tais como sprints, remates, saltos, etc.

Uma outra adaptação produzida pelo treino de resistência aeróbia é o aumento das concentrações intracelulares de ATP e CP. O aumento dos fosfagénios associado ao incremento da actividade de enzimas, tais como mioquinase e creatina quinase (enzimas-chave na degradação dos fosfatos de alta energia), leva ao aumento da capacidade do músculo treinado em utilizar energia pela via anaeróbia aláctica (ATP e CP) e pela via oxidativa, com consequente menor produção de lactato e menor acidose metabólica.

Uma das enzimas determinantes no metabolismo anaeróbio láctico é, como já vimos, a LDH. Essa enzima é constituída por duas fracções: uma fracção cardíaca (LDH-H) e uma muscular (LDH-M). A primeira é responsável pela transformação de lactato em piruvato. O treino de resistência induz uma sobre-expressão da LDH-H, que tem como consequência directa um maior favorecimento da transformação de

lactato em piruvato. Essa adaptação permite disponibilizar mais energia, sob a forma de piruvato, para o metabolismo aeróbio, resultando numa normalização do pH celular.

Na prática: Os futebolistas, ao treinarem a sua resistência aeróbia, têm duas vantagens evidentes: por um lado, nas fases menos intensas, poupam glicogénio pela maior utilização de lípidos e, por outro lado, ficam fisiologicamente mais aptos para se recuperarem mais rapidamente entre as fases mais intensas do jogo.

Num trabalho extremamente interessante publicado na revista *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Helgerud et al., 2001), são testados experimentalmente os efeitos de um trabalho de resistência de alta intensidade na *performance* física, não só em testes específicos de futebol como também durante o próprio jogo.

De uma forma geral, os autores estudaram uma equipa que foi dividida em dois grupos: um controlo, que realizava o seu treino normal, e um grupo experimental (treinado), que foi submetido a um treino suplementar de resistência que consistia em quatro séries de 4 minutos a 90-95% da FC máxima, com intervalos de corrida lenta de 3 minutos, duas vezes por semana durante oito semanas. Os jogadores foram posteriormente analisados, por vídeo (*time-motion analysis*), e analisada a sua *performance* física no jogo.

Os resultados em testes de laboratório são apresentados no Quadro 7.

Como podemos ver, os resultados obtidos em provas realizadas em laboratório evidenciam uma melhoria significativa da aptidão aeróbia dos atletas submetidos a um treino suplementar. Todavia, a questão habitualmente colocada é: será que essa melhoria observada em laboratório tem repercussões na condição física específica dos atletas em jogo? No sentido de avaliar esse efeito, passamos agora a apresentar os resultados obtidos com o estudo de *time-motion*.

Os resultados demonstram claramente que o grupo treinado melhorou a sua participação no jogo, neste caso expressa, não só pela componente física, como também pelas variáveis tácticas e técnicas como

* Daqui se infere a apetência de muitos atletas em utilizarem o bicarbonato como forma de atenuarem os efeitos da acidose metabólica provocada pelos exercícios intensos.

sejam a realização de passes, com e sem sucesso.

Outro dos parâmetros analisados refere-se ao tempo de jogo gasto em ações de diferentes intensidades.

A principal diferença entre o grupo treinado e o grupo controle é a de que os atletas submetidos a treino suplementar de resistência aeróbia tiveram uma participação mais intensa no jogo, nesse caso revelado pelo aumento despendido nas fases de jogo que correspondiam a percentagens da FC acima dos 85% da FC máxima.

Este artigo sugere claramente que o treino aeróbio

de alta intensidade efectuado desta forma pode ser, ainda que inespecífico e, portanto, menos “rico” do ponto de vista do futebol, extremamente útil na preparação integral de um futebolista.

Na prática: Em resumo, o treino aeróbio induz aumentos importantes na *performance* global do futebolista através do aumento da distância total percorrida, da intensidade do trabalho, do número de *sprints* e das fases de envolvimento com a bola.

BIBLIOGRAFIA

- BANGSBO, J. “The Physiology of Soccer: with Special Reference to Intense Intermittent Exercise”, in *Acta Physiologica Scandinavica*, 15 (suppl. 619), 1993, pp. 1-156.
- _____. *Fitness Training in Football – a Scientific Approach*. Bagsvaerd, HO+Storm, 1994.
- BRADLEY, P.; SHELDON, W.; WOOSTER, B.; BOANAS, P.; KRUSTRUP, P. “High-intensity Running in English FA Premier League Soccer”, in *Journal of Sports Sciences* 27(2), 2009, pp. 159-68.
- BROOKS, G. A.; FAHEY, T. D.; WHITE, T. P.; BALDWIN, K. M. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*. New York, MacMillan Publ. Comp., 2000.
- DI SALVO, V.; BARON, R.; GONZALEZ-HARO, C.; GORMASZ, C.; PIGOZZI, F. “Sprinting Analysis of Elite Soccer Players during European Champions League and UEA Cup Matches”, in *Journal of Sports Sciences* 28(14), 2010, pp. 1.489-94.
- DI SALVO, V.; BARON, R.; TSCHAN, H.; MONTERO, M.; BACHL, N.; PIGOZZI, F. “Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer”, in *International Journal of Sports Medicine* 28(3), 2007, pp. 222-7.
- GREGSON, W.; DRUST, B.; ATKINSON, G.; DI SALVO, V. “Match-to-match Variability of High-speed Activities in Premier League Soccer”, in *International Journal of Sports Medicine* 31(4), 2010, pp. 237-42.
- HELGERUD, J.; KEMI, O. J.; HOFF, J. “Pre-season Concurrent Strength and Endurance Development in Elite Soccer Players”, in J. Hoff; J. Helgerud (eds.). *Football (Soccer): New Developments in Physical Training Research*. Trondheim, NTNU, 2002, pp. 55-66.
- KRUSTRUP, P.; MOHR, M.; STEENBERG, A.; BENCKE, J.; KJAER, M.; BANGSBO, J. “Muscle and Blood Metabolites During a Soccer Game: Implications for Sprint Performance”, in *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38(6), 2006, pp. 1.165-74.
- KRUSTRUP, P.; MOHR, M.; AMSTRUP, T.; RYSGAARD, T.; JOHANSEN, J.; STEENBERG, A.; PEDERSEN, P.; BANGSBO, B. “The yo-yo Intermittent Recovery Test: Physiological Response, Reliability, and Validity”, in *Med. Sci. Sports Exerc.* 35, 2003, pp. 697-705.
- MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; ANDERSSON, H.; KIRKENDAL, D.; BANGSBO, J. “Match Activities of Elite Women Soccer Players at Different Performance Levels”, in *Journal of Strength and Conditioning Research* 22(2), 2008, pp. 341-9.
- MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. “Match Performance of High-standard Soccer Players with Special Reference to Development of Fatigue”, in *Journal of Sports Sciences* 21(7), 2003, pp. 519-28.
- VERHEIJEN; R. *Conditioning for Soccer*. Leeuwarden, Reedswain Vídeos and Books, 1998.