

NOVAS ABORDAGENS DA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÁTICO NO FUTEBOL: ANÁLISE DO CENTROID E ÍNDICE DE DISPERSÃO

TOWARDS A NEW EVALUATION OF THE FOOTBALL' TACTICAL BEHAVIOUR: ANALYSIS OF THE CENTROID AND STRETCH INDEX

Filipe Manuel Clemente*

Micael Santos Couceiro**

Fernando Manuel Lourenço Martins***

Rui Manuel Mendes****

RESUMO

A tendência evolutiva do futebol determina as necessidades de produzir ferramentas inovadoras que aumentem substancialmente a eficiência da análise de jogo. Considerando os métodos tradicionais notacionais como limitados para a interpretação dos processos de jogo, a investigação carece de novos métodos nos quais prevaleça a análise do processo. Dessa forma, o presente trabalho propõe-se a analisar novas métricas quantitativas e automáticas de avaliação tática no futebol, nomeadamente o centroid de equipe e o índice de dispersão.

Palavras-chave: Análise de Jogo. Futebol. Treino.

INTRODUÇÃO

Nos jogos desportivos coletivos, a lógica, a tática e a prática constituem-se como três noções que envolvem duas ideias fundamentais (GRÉHAIGNE; RICHARD; GRIFFIN, 2005): *i)* a realidade referente ao jogo é inteligível; e *ii)* a intervenção em relação à realidade poderá constituir-se como objeto de inquérito, com objetivo racional. Efetivamente, alguns autores referem que a essência da forma de jogo é fundamentalmente propriedade dos jogadores (DELEPLACE, 1995; WADE, 1970). De fato, tal consideração enfatiza que os jogadores possuem maior influência na evolução da forma de jogo, devido à aplicação dever-se, primordialmente, aos mesmos (GRÉHAIGNE; RICHARD; GRIFFIN, 2005). Dessa forma,

os treinadores, os árbitros e as regras de jogo apenas se constituem como fatores que influenciam o jogo.

Durante a constituição dos jogos desportivos coletivos, a dinâmica da forma de jogo e as regras subjacentes revelaram-se como constrangimentos fundamentais para o incremento das potencialidades dos jogadores, enquadrando-os com as normas designadas (ALMOND, 1986). Os parâmetros de análise de jogo devem, portanto, considerar os fatores que determinam a essência dos jogos coletivos, destacando-se o rácio de forças entre oponentes e a cooperação (network) entre colegas de equipe (GRÉHAIGNE; RICHARD; GRIFFIN, 2005). Efetivamente, é a dinâmica complexa subjacente ao processo de jogo

* Doutorando, RoboCorp, Instituto Superior de Engenharia, Instituto Politécnico de Coimbra, ESEC, DE, Portugal.

** Doutor, Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, Portugal e Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal.

*** Doutorando, RoboCorp, Instituto Superior de Engenharia, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal.

**** Doutor, Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal.

que constitui um dos fatores preponderantes para a qualidade interventiva. No entanto, sem métodos que permitam analisar todos os indicadores essenciais da performance individual e coletiva, tornar-se-ia mais difícil caracterizar determinada equipe. Dessa forma, a análise de jogo revela-se como um processo indispensável ao desenvolvimento das equipes (CLEMENTE; COUCEIRO; MARTINS; DIAS; MENDES, 2012). A referida análise de jogo objetiva gravar e examinar eventos que decorrem durante a competição (CARLING; WILLIAMS; REILLY, 2005) sendo o seu principal objetivo providenciar ao treinador e equipe técnica informações pertinentes sobre a performance da sua equipe e das equipes adversárias (FRANKS; MCGARRY, 1996), de forma a melhorar a qualidade da futura intervenção durante o processo de treino (HUGHES; FRANKS, 2004).

Diversificados métodos de análise de jogo têm sido desenvolvidos no sentido de exponenciar a compreensão sistêmica sobre a qualidade de jogo de equipes adversárias, bem como da própria equipe, objetivando o incremento qualitativo da ação no momento de oposição (o jogo). Fundamentalmente, a análise de jogo tem sido agrupada em três níveis de análise: *i*) análise técnica; *ii*) análise tática; e *iii*) análise cinemática. No entanto, no que respeita aos níveis técnico e tático, a metodologia adotada encontra-se proeminentemente relacionada com processos notacionais e estatísticos, revelando-se importantes, mas não geradores da qualidade interpretativa sobre a equipe analisada (CLEMENTE; COUCEIRO; MARTINS; MENDES, 2012). De fato, por meio dos métodos notacionais regularmente utilizados, será dificultado o processo de interpretação causal dos resultados obtidos (LEES, 2002). No fundo, a análise notacional determina o produto

e não propriamente o processo e a sua gênese. Dessa forma, a análise notacional, *per se*, não possibilita a compreensão dos processos que originam o nível de performance apresentado por determinada equipe.

Efetivamente, os conhecimentos da relação entre oponentes e suas formas de jogo consubstanciam-se como informações indispensáveis e determinantes à consecução proficiente da análise de jogo (CLEMENTE; COUCEIRO; MARTINS; MENDES, 2012). Dessa forma, o presente trabalho propõe-se a analisar métodos alternativos e inovadores de análise do desempenho tático em equipes de futebol, procurando providenciar novos meios de interpretar a realidade desportiva, de modo a auxiliar analistas de futebol e outros desportos coletivos a interpretarem quantitativamente o desempenho coletivo tático e estratégico desenvolvido pelas equipes.

A Natureza Sistêmica do Futebol

Analisando comportamentos animais de elefantes, bisontes ou golfinhos, é possível constatar a adoção de estruturas defensivas, geralmente circulares, de forma a dissuadirem a investida de predadores, sendo que tais ações complexas são geradas coletivamente, objetivando o bem comum da comunidade (DENEUBOURG; GOSS, 1989). Igualmente, em insetos, diversas ações coletivas são observadas, resultando em padrões espaço-temporais (BONABEAU; THERAULAZ; DENEUBOURG; ARON; CAMAZINE, 1997). Assim, na natureza, indivíduos tendem a organizar-se espontaneamente de forma a se coordenarem no sentido de potencializarem as suas ações e, conseqüentemente, os resultados finais (COUZIN; KRAUSE; FRANKS; LEVIN, 2005). Essas interações espontâneas, nas quais os indivíduos se regulam coletivamente

no sentido de se beneficiarem das mesmas, poderão designar-se como auto-organizações geradas espontaneamente e suportadas por regras contextuais de interação (HALLOY; SEMPO; CAPRARI; RIVault; ASADPOUR; TÂCHE; SAID, 2007), originando sistemas dinâmicos de ação.

Estruturalmente, no contexto desportivo, os elementos do sistema são representados pelas duas equipes em oposição, sendo que a cooperação entre as duas é baseada nas normas do jogo (GRÉHAIGNE; BOUTHIER; DAVID, 1997). Embora em oposição, jogadores de equipes adversárias agem em interação sincronizada no espaço e no tempo, ou seja, constrangidos pelo mesmo contexto (RICHARDSON; MARSH; SCHMIDT, 2005; SCHMIDT; O'BRIEN, 1997; SCHMIDT; TURVEY, 1994). Assim, os sistemas são dependentes da informação disponível no contexto, particularmente pela informação gerada pelas ações estratégicas e táticas proporcionadas pelos membros das equipes durante o jogo (PASSOS; MILHO; FONSECA; BORGES; ARAÚJO; DAVIDS 2008). Consequentemente, os jogadores agem de forma a perceberem os comportamentos dos seus companheiros ou dos adversários (PASSOS; DAVIDS; ARAÚJO; PAZ; MINGUÉNS; MENDES, 2011). Dessa forma, as interações entre jogadores são geradas em adaptação cooperativa na qual os jogadores ajustam o próprio comportamento em função da sua percepção contextual dos comportamentos dos membros da equipe restante, objetivando alcançar os objetivos definidos previamente (FAJEN; RILEY; TURVEY, 2009). No fundo, essa adaptação cooperativa poderá ser designada como atuação em unidade, produzindo comportamentos coletivos complexos que exponenciam o desempenho individual, criando resultados novos que individualmente

não seriam possíveis de concretizar, ou seja, gerando novas funcionalidades (PARRISH; EDELSTEIN-KESHET, 1999). Esses comportamentos coletivos que objetivam potenciar o desempenho individual são regidos por indicações estruturais prévias e pela consecução das mesmas, justificando, assim, as concepções teóricas de estratégia e tática.

Desde a gênese dos conflitos humanos, a estratégia e a tática afiguram-se como elementos indispensáveis ao sucesso da intervenção coletiva (CLEMENTE, 2012). Ambas com funções indispensáveis ao comportamento coletivo, pontualmente são interpretadas com significados iguais. No entanto, ambas se diferenciam entre si na sua dimensão espaço-temporal (CLEMENTE, 2012). A estratégia, etimologicamente, refere-se à previsão e abordagem de uma intervenção por meio de planos ou guias (BOUTHIER, 1988), *i.e.*, é uma ação de planeamento que envolve uma simulação. Efetivamente, sem simulação não será possível desenvolver uma abordagem estratégica; sem estratégia não será possível controlar o adversário (SUN, 2007). Essa previsão de acontecimentos depende de uma abordagem de antecipação e, portanto, tendencialmente cognitiva (GRÉHAIGNE; GODBOUT; BOUTHIER, 1999), procurando organizar funcionalmente a equipe para desafiar o oponente, não dependendo preponderantemente da dimensão espaço-temporal. Assim, a estrutura da equipe depende da estratégia, sendo que esta é determinada pela sequenciação de eventos e profundidade de conhecimento sobre os mesmos (SUN, 2007). Especificamente, a abordagem estratégica de uma equipe em determinado jogo será adotada em função do nível de conhecimento sobre o comportamento da equipe adversária, bem como da própria equipe.

Quanto à concepção etimológica de tática, poderá caracterizar-se como majoritariamente dependente da dimensão espaço-temporal (CLEMENTE, 2012). De fato, é essa a substancial diferença, comparativamente à estratégia. A tática relaciona-se pela orientação operacional concretizada durante o jogo, adaptando-se funcionalmente aos constrangimentos decorrentes do contexto do jogo e do opositor (GRÉHAIGNE, 1994). Assim, a dimensão tática é primordialmente de cariz aplicativo espontâneo, *i.e.*, envolve configurações de jogo e comportamentos coletivos adaptativos em função das necessidades decorrentes do jogo (GRÉHAIGNE; GODBOUT, 1995). Consequentemente, poder-se-á sugerir que a estratégia prevalece na fase pré-jogo, sendo que, no decorrer do mesmo, é a tática que prevalece (GRÉHAIGNE; GODBOUT; BOUTHIER, 1999).

Face ao exposto, estratégia e tática consubstanciam-se como determinantes para o sucesso da intervenção coletiva. No entanto, para que suceda qualidade na implementação de ações estratégicas e táticas, existem pressupostos teóricos que deverão orientar o processo interventivo. Assim, afigura-se pertinente atender aos princípios subjacentes à estratégia e à tática (GRÉHAIGNE; RICHARD; GRIFFIN, 2005), que deverão ser considerados quando da abordagem do jogo. Considerando tais princípios de jogo (COSTA; GARGANTA; GRECO; MESQUITA, 2009), será possível analisá-lo e compreendê-lo na sua dinâmica estrutural. Igualmente, será possível detectar os resultados providenciados por novos mecanismos de detecção e avaliação tática.

Métricas de Avaliação Tática no Futebol

Mediante a identificação dos princípios de jogo fundamentais do futebol (COSTA;

GARGANTA; GRECO; MESQUITA, 2009), é mais fácil identificar os fatores essenciais para analisar as equipes. No entanto, a análise tradicional notacional não permite isoladamente identificar os processos específicos das equipes ao longo do jogo (LEES, 2002), possibilitando apenas uma identificação de indicadores técnicos e pouco contextualizados com a dinâmica coletiva da equipe. Assim, recentemente, alguns autores propõem novas métricas de avaliação tática das equipes (GRÉHAIGNE, 1992; BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010; FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011; GRÉHAIGNE; GODBOUT; ZERAI, 2011; FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011; MOURA; MARTINS; ANIDO; BARROS; CUNHA 2012), por meio de métodos de detecção automática do posicionamento dos jogadores no campo de jogo ao longo do tempo e, na sua maioria, em tempo real (BARTLETT; BUTTON; ROBINS; DUTT-MAZUMDER; KENNEDY, 2012). Embora numa fase embrionária, será interessante explorar duas delas que têm vindo a ser adotadas com maior frequência recentemente para analisar o centro de jogo da equipe (*centroid*) e o índice de dispersão da equipe em relação ao seu centro de jogo (*stretchindex*).

Centroid

De acordo com a literatura analisada, a primeira aplicação do método centroid foi apresentada pelos autores Frencken e Lemmink (2008) no congresso mundial de futebol. Esse método de análise foi então abordado numa forma de jogo de 4 v 4, tendo sido gravadas e analisadas apenas 9 situações em que uma equipe originou ocasiões para finalizar (excluindo os remates de longa distância).

O método consistia no cálculo da média de posicionamento dos quatro jogadores. Resultante do cálculo do centroid, três medidas eram aferidas: distância longitudinal (eixo do), distância lateral (eixo do) e a distância radial compreendendo a distância longitudinal e lateral.. Exemplificando, no caso do futebol de onze, seguindo as indicações de Frencken e Lemmink (2008), o posicionamento do centroid deveria localizar-se, segundo a Figura 1.

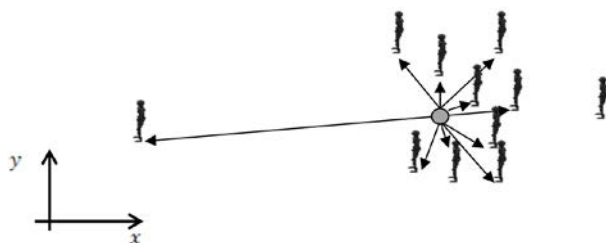


Figura 1 - Exemplo do centroid no caso do cálculo.

Fonte: Frencken e Lemmink (2008)

Os resultados principais observados relacionaram-se com a constatação de um ciclo de fase (*em-fase*) no qual os centroids das equipes se deslocavam tendencialmente em simultâneo, influenciando-se mutuamente. Os autores (FRENCKEN; LEMMINK, 2008) destacam ainda que, em 7 das 9 ocasiões de finalização, o centroid da equipe com posse de bola se encontrava entre a baliza adversária e o centroid da equipe defensora. Face ao exposto, tais resultados necessitam desde pronto ser devidamente discutidos. Efetivamente, a situação evidenciada resulta da observação de apenas eventos que resultaram em situações de finalização. Como analisado previamente, as situações de finalização surgem majoritariamente fruto de desequilíbrios posicionais, devido ao não cumprimento dos princípios de concentração e unidade defensiva. Assim, se a equipe se encontra desequilibrada na sua fase defensiva poderá justificar a oportunidade de o adversário

finalizar. Dessa forma, será expectável que, durante uma análise prolongada do jogo, a ordem de posicionamento de centroids seja a equipe defensora mais próxima da sua baliza, impedindo a exploração em profundidade da equipe adversária.

Ainda no mesmo ano, Yue, Broich, Seifriz e Mester (2008) desenvolveram o conceito de centro geométrico, aluindo ao analisado centroid. A sua fórmula de cálculo baseava-se no seguinte:

$$X_{AC}(t) = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} X_{Ai}(t) \quad Y_{AC}(t) = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} Y_{Ai}(t) \quad (1)$$

Recorrendo à análise de jogo na sua configuração convencionada (11 v 11), os autores (YUE; BROICH; SEIFRIZ; MESTER 2008) aplicaram a fórmula de cálculo em 92 séries temporais. Os resultados experimentais do estudo comprovaram, então, a sua pertinência para o âmbito da investigação, no que se refere à análise de jogo.

No estudo de Lames, Ertmer e Walter (2010), é analisado, pela primeira vez, um jogo de futebol de onze, especificamente, a final da *FIFA World Cup* 2006 que opunha as seleções nacionais de Itália e França. Os autores (LAMES; ERTMER; WALTER, 2010) calcularam o centroid por meio da diferença entre a distância máxima e a distância mínima, excluindo do cálculo o guarda-redes, *i.e.*, $C = D_{max} - D_{min}$. No fundo, esse cálculo é substancialmente distinto do adotado por Frencken e Lemmink (2008). Efetivamente, Lames, Ertmer e Walter (2010) atribuem um posicionamento médio referente a apenas dois jogadores, excluindo do cálculo os restantes (Figura 2).

Tabela 1 - Análise bibliográfica dos estudos desenvolvidos com a métrica de centroid.

Estudo	Cálculo do Centroid (C)	Participantes	Forma de Jogo	Amostra	Principais Resultados
Freunden e Lemmink (2008)	$C = (x_n, y_n)$	10 jovens (16-18 anos) futebolistas	4v4	9 ações ofensivas que resultaram em finalização	Os centroids das equipes apresentam-se <i>in-phase</i> . Em 7 das 9 situações, o centroid atacante encontra-se entre a baliza adversária e o centroid oponente.
Yue, Broich, Seifriz e Mester (2008)	$x_{Ac}(t) = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} x_{Ai}(t)$ $y_{Ac}(t) = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} y_{Ai}(t)$	22 futebolistas	11 v 11	92 séries temporais	Os resultados comprovam a eficácia do método para a interpretação do jogo.
Lames, Ertmer e Walter (2010)	$C = (x_{max} - y_{max})$ $- (x_{min} - y_{min})$	22 futebolistas profissionais (Final do FIFA WC 2006)	11 v 11	25 gravações (não especificadas)	Os centroids das equipes apresentam-se tendencialmente <i>in-phase</i> . Apenas existem quebras em eventos pontuais, como perdas de bola ou transições de jogo.
Bourbousson, Sève e McGarry (2010)	$C = (x_n, y_n)$	10 jogadores profissionais de basquetebol	5 v 5	6 sequências de jogo com intermitência de posse de bola	Tendencialmente as equipes mantêm os seus centroids <i>in-phase</i> . No eixo longitudinal, a equipe defensora demora um pouco menos de tempo para inverter o seu posicionamento.
Freunden, Lemmink, Delleman e Visscher (2011)	$C = (x_n, y_n)$	10 jovens (16-18 anos) futebolistas	5 v 5	19 ações ofensivas que resultaram em gol	Através do teste de correlação entre centroids, foi possível verificar valores próximos de 1 no eixo longitudinal. Igualmente entre centroids no eixo lateral, foi possível verificar valores elevados.
Duarte, Araújo, Freire, Folgado, Fernandes e Davids (2012)	$C = (x_n, y_n)$	14 jovens (11, 8 anos de idade) futebolistas	3 v 3	20 ações ofensivas, sem alteração do estado de posse de bola, que resultaram em remate	Elevados valores de correlação positiva entre os centroids das duas equipes, confirmando o estado predominante de <i>in-phase</i> .
Bartlett, Button, Robins, Dutt-Mazumder e Kennedy (2012)	$C = (x_n, y_n)$	Futebolistas profissionais	11 v 11	305 jogadas corridas de 10 jogos de campeonatos europeus	Elevados valores de correlação entre centroids, destacando-se o valor mais acentuado no eixo longitudinal.

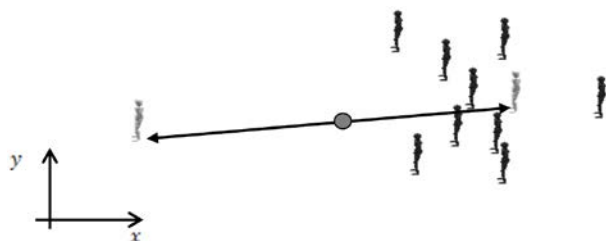


Figura 2 - Exemplo do centroid no caso do cálculo.

Fonte: Lames, Ertmer e Walter (2010).

Exemplificando, poderia existir o caso de 9 jogadores se encontrarem no ponto máximo e apenas 1 no ponto mínimo. No fundo, esse cálculo é suscetível a falhas interpretativas do centro de jogo da equipe, que é o pretendido com esta análise. Recorrendo a 25 gravações não especificadas, os autores apresentam resultados que corroboram a tendência de *em-fase* dos centroids durante a análise, à semelhança da análise de Frencken e Lemmink (2008) em jogos reduzidos. Os momentos em que essa relação sincronizada (*em-fase*) não foi observada relacionavam-se com transições de jogo resultantes, *e.g.*, pela perda da posse de bola ou recuperação da mesma.

Ainda no mesmo ano, a análise do centroid é aplicada ao basquetebol, sob a forma de jogo 5 v 5, por meio do estudo de Bourbousson, Sève e McGarry (2010). Os referidos autores adotaram a fórmula de cálculo semelhante à de Frencken e Lemmink (2008), em que todos os jogadores da equipe são considerados para o cálculo do centroid, ao contrário de Lames, Ertmer e Walter (2010), os quais, como exposto anteriormente, apenas consideraram dois jogadores para o cálculo do centroid da equipe, independentemente da tendência de posicionamento dos 8 jogadores restantes. Para o estudo de Bourbousson, Sève e McGarry (2010), foram consideradas 6 sequências de jogo com intermitência de posse de bola, recolhidas durante um jogo entre duas equipes francesas de basquetebol profissional.

Os resultados corroboram estudos anteriores (*e.g.*, FRENCKEN; LEMMINK, 2008; LAMES; ERTMER; WALTER, 2010) em que existe a tendência de os centroids se manterem *em-fase* durante o jogo, excetuando momentos de transição de posse de bola ou eventos acíclicos. No eixo longitudinal, Bourbousson, Sève e McGarry (2010) evidenciam que a equipe defensora demora um pouco menos de tempo para inverter o seu posicionamento. Resultados semelhantes foram observados no eixo lateral. No entanto, os autores sugerem que poderão existir maiores evidências de *antifase* no eixo lateral, devido à contração de uma equipe e expansão de outra. Tal fato, todavia, poderá ser discutido, na medida em que o ponto médio dos jogadores poderá se manter. Exemplificando se o posicionamento dos jogadores se encontra nas coordenadas do eixo lateral em -10, 10, -5 e 5 e se expandem para -12, 12, -7 e 7 ou retraem para -8, 8, -4 e 4, os pontos médios em ambas serão de 0. Apenas poder-se-á compreender a afirmação dos autores face à possibilidade de, no momento de ajustamento, existir uma *antifase* natural dos centroids, regressando após a estabilização ao estado de *em-fase*.

Em um estudo realizado em 2011, situações de jogo 5 v 5 em futebol voltaram a ser analisadas (FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011). Recorrendo à fórmula de cálculo do seu estudo anterior (FRENCKEN; LEMMINK, 2008), os autores (FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011) analisaram o comportamento dos centroids em 19 ações ofensivas de jogo que resultaram em gol. Utilizando o teste de correlação de Pearson, os autores (FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011) apresentaram valores elevados e positivos entre centroids nos eixos longitudinal e lateral, sugerindo que os centroids tendem

a movimentar-se na mesma direção durante o jogo, *i.e.*, mantendo-se proeminentemente *em-fase*. De forma semelhante ao estudo de Bourbousson, Sève e McGarry (2010), que analisaram situações de jogo não explícitas quanto à pontuação, é no eixo longitudinal que surge a correlação mais forte entre centroids, evidenciando-se a sua predominância e maior associação com as ações ofensivas que resultaram em golo, analisados por Frencken, Lemmink, Delleman e Visscher (2011).

Calculando o centroid de forma semelhante a Frencken e Lemmink (2008), analisando equipes na sub-fase de jogo 3 v 3, Duarte, Araújo, Freire, Folgado, Fernandes e Davids (2012) confirmaram o estado predominante de *em-fase*. À semelhança de estudos anteriores (BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010; FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011), é no eixo longitudinal que prevalece a maior correlação entre centroids. Um resultado particular desse estudo (DUARTE; ARAÚJO; FREIRE; FOLGADO; FERNANDES; DAVIDS 2012) evidencia valores estatísticos significativamente superiores da média do centroid no momento em que o jogador passador progride com bola do que em momentos em que existe a assistência para o golo ou em que a bola atravessa a linha defensiva.

No estudo desenvolvido por Bartlett, Button, Robins, Dutt-Mazumder e Kennedy (2012), 5 jogos de futebol de onze campeonatos europeus foram analisados. A amostra apenas consistiu em jogadas corridas, *i.e.*, excluindo lances de bola parada ou interrupções de jogo, resultando em um conjunto de 305 jogadas, alvos de análise. Por meio da amostra, constituíram-se 4 grupos de jogadas corridas: *i)* aqueles que conduzem ao objetivo; *ii)* os que originam um remate; *iii)* aqueles que

resultam em perda da posse de bola através da intervenção ativa do adversário; e *iv)* os que originam a perda de posse de bola pela incorreta ação da própria equipe. Recorrendo ao cálculo da média de posições dos jogadores (não especificando se considerado o guarda-redes), os autores apresentam valores elevados de correlação entre centroids nos eixos longitudinal ($r = 0,931$) e lateral ($r = 0,756$). Os autores (BARTLETT; BUTTON; ROBINS; DUTT-MAZUMDER; KENNEDY, 2012) evidenciam ainda que, na comparação entre grupos de jogadas, a correlação entre centroids é superior nas que originaram golo ou remate do que nas que originaram perda de bola, não correspondendo ao expectável pelos autores. No entanto, discutindo tal resultado, poder-se-á especular que jogadas desenvolvidas com menor instabilidade e menor eficácia revelam menor correlação pelo desequilíbrio existente, resultando na ineficácia da ação atacante.

Sumariamente, os estudos analisados (FRENCKEN; LEMMINK, 2008; YUE; BROICH; SEIFRIZ; MESTER, 2008; LAMES; ERTMER; WALTER, 2010; BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010; FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011; DUARTE; ARAÚJO; FREIRE; FOLGADO; FERNANDES; DAVIDS, 2012; BARTLETT; BUTTON; ROBINS; DUTT-MAZUMDER; KENNEDY, 2012) apresentam um resultado generalizado em que os centroids das equipes se apresentam *em-fase* proeminentemente ao longo dos momentos analisados. Regularmente os estudos analisam os eixos longitudinal e lateral, sendo que os maiores valores de correlação positiva entre centroids surgem no eixo longitudinal. De forma geral, os estudos analisados indicam que existe uma quebra da fase (não sincronização entre as equipes) quando existem situações particulares, como perdas

de posse de bola ou transições defesa-ataque ou ataque-defesa (FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011). No entanto, os estudos, em sua maioria, apenas fundamentam a análise do centroid num ponto de vista sistêmico, *i.e.*, comprovando a realidade sincronizada das equipes. Efetivamente, a análise sistêmica é um fundamento que não deverá ser dispensado, contudo o método de centroid poderá e deverá ser devidamente potencializado, nomeadamente, para análise de jogo *online*.

Para o efeito, algumas alterações poderão ser concretizadas. Dos estudos analisados, apenas três (YUE; BROICH; SEIFRIZ; MESTER, 2008; LAMES; ERTMER; WALTER, 2010; BARTLETT; BUTTON; ROBINS; DUTTMAZUMDER; KENNEDY, 2012) calcularam o centroid na situação de jogo 11 v 11, sendo que a fórmula de cálculo de Lames, Ertmer e Walter (2010) não satisfaz as necessidades de observação, como discutido anteriormente. Igualmente a fórmula com maior adesão (FRENCKEN; LEMMINK; DELLEMAN; VISSCHER, 2011) exclui o cálculo do guarda-redes, bem como do posicionamento da bola e da influência dos jogadores com maior proximidade. Efetivamente, a peculiaridade do guarda-redes deverá ser alvo de consideração no cálculo, sem, no entanto, esse fator implicar a sua total exclusão. O guarda-redes, pelo seu posicionamento e cobertura defensiva, deve ser considerado desde que com ponderação inferior, não deturpando os valores do centroid. Assim, a atribuição de ponderação sobre o posicionamento dos jogadores em relação à localização da bola deverá ser considerada no momento de atualização da fórmula do centroid (Figura 3).

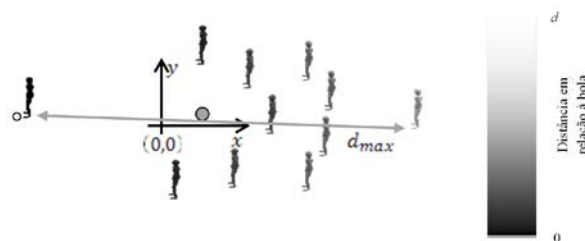


Figura 3 - Sugestão de correção do centroid em função do posicionamento dos jogadores em relação à localização da bola.

A ponderação (w) poderá ser atribuída, considerando como ponto máximo a distância entre os jogadores mais distantes (D_{max}). O jogador que se encontrar mais próximo dessa distância em relação à bola obterá a menor ponderação, sendo que, iterativamente, até o jogador mais próximo da bola, a ponderação incrementaria.

$$w_i = 1 - \frac{\sqrt{(x_i - x_b)^2 + (y_i - y_b)^2}}{d_{max}}, \quad (2)$$

Dessa forma, o cálculo do centroid, considerando o posicionamento da bola, reveste-se como o maior incremento à fórmula, bem como a incorporação de todos os jogadores presentes no jogo. De fato, se a bola se encontrar próxima do guarda-redes, a sua influência será substancialmente superior à do avançado, que se encontrará supostamente mais distante. Assim, apresentar-se-ão exemplos gráficos (*cf.* Figura 4) que analisam comparativamente as três formas de cálculo aplicadas ao centroid.

Considerando a sequência de figuras exemplares, importa salientar o caráter estanque do centroid de Lames, Ertmer e Walter (2010) onde apenas dois jogadores determinam o centroid da equipe. Tal fato exclui a possibilidade de utilizar essa métrica na sua integral potencialidade, de forma a compreender o dinamismo total dos jogadores da equipe. Igualmente a métrica com maior adesão científica (FRENCKEN; LEMMINK, 2008) não integra o posicionamento da bola.

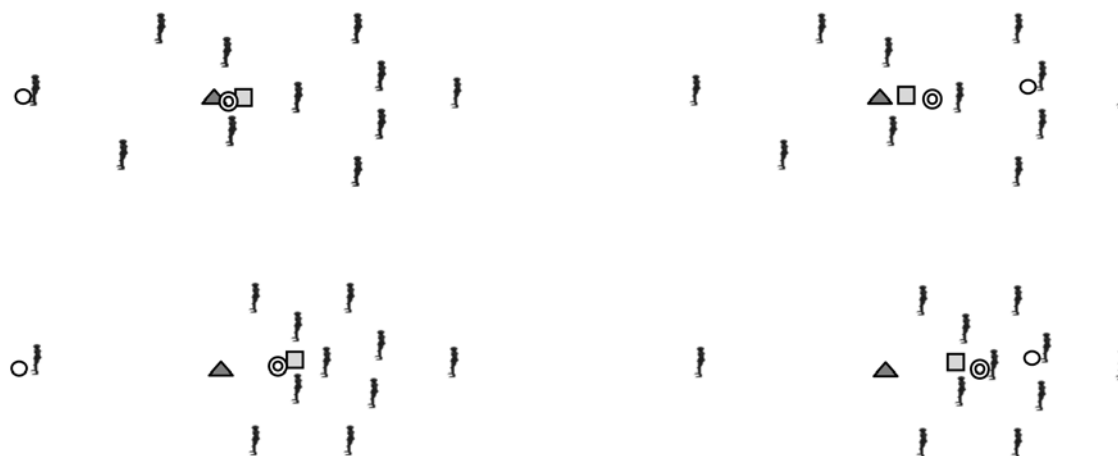


Figura 4 - Exemplo do posicionamento do centroid, segundo três formas de cálculo.

Fonte: □ Frencken e Lemmink (2008) ▲ Lames, Ertmer e Walter (2010)
 ◎ Clemente, Couceiro, Martins e Mendes (2012).

Assim, tal métrica considera que o jogador mais afastado é tão determinante quanto o mais próximo da bola, comprometendo a compreensão sobre a influência inequívoca do jogador próximo da bola e do centro de jogo (COSTA; GARGANTA; GRECO; MESQUITA, 2009). Consequentemente, a métrica proposta neste trabalho por Clemente, Couceiro e Martins revela-se como amplamente integradora, considerando todos os jogadores da equipe, como também o posicionamento da bola, integrando todos os dados como determinantes para o posicionamento e a interpretação do centroid.

No que respeita às potencialidades do centroid para a análise de jogo, poder-se-á comentar, em primeira instância, a capacidade de detectar desequilíbrios defensivos. No momento em que o centroid do adversário com posse de bola se encontrar mais próximo da baliza, significará uma ruptura no equilíbrio, significando maior oportunidade de finalização (FRENCKEN; LEMMINK, 2008). Assim, se esse evento surgir com recorrência, deverão ser consideradas a análise e correção do

posicionamento individual dos jogadores, bem como a sua dispersão, de forma a percebermos de que forma o centroid poderá ser corrigido posicionalmente, assegurando a integridade do estado de *in-phase* e, conseqüentemente, proteção da própria baliza. No entanto, o centroid, *per se*, não garante a detecção dos valores de dispersão dos jogadores, pelo que se afigura pertinente garantir métodos automáticos que indiquem a variabilidade dos jogadores em função do centro de jogo. Para o efeito, o índice de dispersão (BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010) revela-se como um método determinante no auxílio à interpretação sobre a dispersão dos jogadores em torno do seu centroid.

Índice de Dispersão

Originalmente designado *stretchindex* (BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010), o índice de dispersão possibilita uma interpretação sobre a dispersão dos jogadores da equipe em relação ao seu centroid. Assim, o cálculo do índice de dispersão (*SI*)

depende diretamente do centroid (x_c) e do posicionamento de todos os jogadores da

$$\text{equipe } (x_i), \text{ i.e., } SI = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n |x_i - x_c|$$

No fundo, o índice de dispersão mensura a expansão e a contração do espaço ocupado pelos jogadores nos eixos longitudinal e lateral (BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010), podendo ainda existir o cálculo somatório, que possibilita quantificar, na generalidade, a dispersão da equipe em relação ao seu centroid, ou ainda o cálculo radial (BARTLETT; BUTTON; ROBINS; DUTT-MAZUMDER; KENNEDY 2012).

O estudo pioneiro com a métrica do índice de dispersão (*cf.* BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010) foi desenvolvido no âmbito da análise sistêmica de 2 equipes profissionais de basquetebol do campeonato francês, na forma de jogo 5 v 5. Observando um jogo, a amostra do estudo baseou-se em 6 sequências de jogo com intermitência da posse de bola. Através do cálculo do índice de dispersão relativo, *i.e.*, diferença entre os índices de dispersão das equipes A e B, foi possível verificar alterações intermitentes entre valores positivos e negativos nos eixos longitudinal e lateral. Assim, os autores sugerem que se observam comutações intermitentes evidenciadas pela biestabilidade nas duas direções, resultantes das quantidades de expansão e contração entre duas equipes. Essa distribuição de biestabilidade nas duas direções poderá ser explicada pela referência às marcações homem-a-homem utilizadas pelas duas equipes (BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010). No entanto, tal argumentação poderá ser discutível no âmbito do futebol, onde o espaço de jogo é maior e as movimentações diferenciadas. Efetivamente, considerando os princípios fundamentais de

concentração no momento defensivo e o espaço no momento ofensivo (COSTA; GARGANTA; GRECO; MESQUITA, 2009), será expectável que exista uma relação inversa entre os índices de dispersão das equipes, correspondendo ao cumprimento dos princípios de jogo fundamentais.

Bartlett, Button, Robins, Dutt-Mazumder e Kennedy (2012), em um estudo realizado em equipes profissionais de futebol, analisaram 5 jogos, resultando em uma amostra de 305 jogadas. Através da amostra, os autores constituíram 4 grupos de jogadas: *i)* aqueles que conduzem ao objetivo; *ii)* os que originam um remate; *iii)* aqueles que resultam em perda da posse de bola mediante a intervenção ativa do adversário; e *iv)* os que originam a perda de posse de bola pela incorreta ação da própria equipe. Os autores aplicaram um conjunto de métricas de avaliação, sendo que, para o efeito, apenas abordar-se-ão os resultados provenientes do índice de dispersão dos 10 jogadores de campo, *i.e.*, excluindo o guarda-redes. Por meio dos resultados, foi possível observar que todos os coeficientes de correlação médios para as medidas de dispersão foram positivos, *i.e.*, expandindo ou contraindo de forma simultânea e não inversa (BARTLETT; BUTTON; ROBINS; DUTT-MAZUMDER; KENNEDY, 2012). Tais resultados contrastam com as observações de Moura, Martins, Anido, Barros e Cunha (2012), bem como com os princípios fundamentais de jogo, nomeadamente, a concentração defensiva e o espaço ofensivo. No entanto, no seu estudo, Bartlett, Button, Robins, Dutt-Mazumder e Kennedy (2012) apresentam exemplos em que, no eixo longitudinal, os índices de dispersão das equipes são inversamente relacionadas, pelo que será necessário considerar novas análises que possibilitem a compreensão dessa relação entre a dispersão das equipes.

Sumariamente, poder-se-á comentar que o índice de dispersão se revela como uma métrica válida para a identificação de valores de dispersão da equipe ao longo do jogo (BARTLETT; BUTTON; ROBINS; DUTT-MAZUMDER; KENNEDY, 2012). No entanto, importa salientar que os trabalhos analisados (BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010; BARTLETT; BUTTON; ROBINS; DUTT-MAZUMDER; KENNEDY, 2012) apenas aplicaram as métricas após o jogo, não testando as potencialidades das mesmas para atuar em tempo real, no sentido de potenciar a intervenção da equipe. No fundo, à semelhança do centroid, o índice de dispersão é analisado proeminentemente de um ponto de vista sistêmico, e não quanto à sua qualidade e potencialidade para incrementar qualitativamente a análise de jogo e consequente intervenção prática, auxiliando, dessa forma, os técnicos desportivos.

Em futuros trabalhos, será importante analisar a aplicabilidade dessa métrica no decorrer de jogos, atestando-a como um sistema de análise válido para o treinador. Igualmente será importante analisar no futuro a relação inversa que supostamente deverá ser observada entre os índices de dispersão das equipes, considerando a necessidade de se contraírem no momento defensivo e de se expandirem no momento ofensivo.

Conclusão

Novas metodologias têm sido desenvolvidas, tendo como base o referencial de posicionamento automático disponibilizado por mecanismos de detecção automático dos jogadores ao longo do tempo. Considerando o posicionamento instantâneo, novos métodos de cálculo e quantificação, como o centroid ou o índice de dispersão, possibilitam uma nova

compreensão da dinâmica intrínseca da equipe. Atendendo à análise efetuada, o presente trabalho detectou possibilidades de otimização do método do centroid, considerando o posicionamento de todos os jogadores e atribuindo ponderações sobre o seu contributo para o centroid em função do posicionamento da bola. Igualmente, evidenciou-se a pertinência do índice de dispersão da equipe, por meio do qual, de forma automática e instantânea, é possível analisar a dispersão dos jogadores em torno do centroid, bem como o nível de cumprimento dos princípios táticos de concentração defensiva e espaço ofensivo.

De forma sumária, é possível identificar alguns benefícios das métricas apresentadas, como o fato de possibilitar, de forma automática, uma análise do relacionamento entre jogadores, auxiliando os treinadores a compreender a dinâmica da sua equipe. Adicionalmente, as métricas apresentadas possibilitaram um novo entendimento sobre a forma como os jogadores interagem durante o jogo, contribuindo para novos métodos para o estudo da tomada de decisão dinâmica em futebolistas. Será, dessa forma, importante no futuro estabelecer uma parceria entre os métodos quantitativos tradicionais (análise notacional) com essas novas métricas de avaliação de relações espaço-temporais, possibilitando um acréscimo à compreensão científica sobre o fenómeno da performance coletiva no futebol.

Agradecimentos

Este trabalho foi suportado pela bolsa de investigação com referência PEst-OE/EEI/LA0008/2011 no âmbito do projeto “Towards a technological approach of the match analysis: Using tactical metrics to evaluate football teams” do Instituto de Telecomunicações (IT), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).

ABSTRACT

The evolutionary tendency of the football game determines the conception of the new tools that increase the efficiency of the match analysis. The traditional notational analysis, actually, are limited to understand the true dynamic of the football match, thus the investigation lacks by new methods to understand the process and not just the product. Therefore, this work aims analyze new automatically tactical metrics, specifically the centroid and the stretch index method.

Keywords: Match Analysis. Football. Training.

REFERÊNCIAS

- ALMOND, L. Primary and secondary rules in games. In: THORPE, R.; BUNKER, D.; ALMOND, L. (Eds.), **Rethinking games teaching**. Loughborough, England: Loughborough University of Technology, 1986. p. 73-74
- BARTLETT, R.; BUTTON, C.; ROBINS, M.; DUTTMAZUMDER, A.; KENNEDY, G. Analysing team coordination patterns from player movement trajectories in soccer: methodological considerations. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, [S.l.], v. 12, no. 2, p. 398-424, 2012.
- BONABEAU, E.; THERAULAZ, G.; DENEUBOURG, J. L.; ARON, S.; CAMAZINE, S. Self-organization in social insects. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 12, no. 5, p. 188-193, 1997.
- BOURBOUSSON, J.; SÈVE, C.; MCGARRY, T. Space-time coordination dynamics in basketball: Part 2. The interaction between the two teams. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 28, no. 3, p. 349-358, 2010.
- BOUTHIER, D. **Les conditions cognitive de la formation d'actionssportives collectives**. Nouvelle these: Université Paris V. EPHE, 1988.
- CARLING, C.; WILLIAMS, A. M.; REILLY, T. **Handbook of soccer match analysis: A systematic approach to improving performance**. Abingdon, UK: Routledge, 2005.
- CLEMENTE, F. M. Princípios pedagógicos dos teaching games for understanding e da pedagogia não-linear no ensino da educação física. **Movimento**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 315-335, 2012.
- CLEMENTE, F.; COUCEIRO, M.; MARTINS, F.; DIAS, G.; MENDES, R. The influence of task constraints on attacker trajectories during 1v1 sub-phase in soccer practice. **SportLogia**, Banja Luka, v. 8, no. 1, p. 13-20, 2012a.
- CLEMENTE, F.; COUCEIRO, M.; MARTINS, F.; MENDES, R. Team's performance on FIFA U17 World Cup 2011: study based on notational analysis. **Journal of Physical Education and Sport**, São Paulo, v. 12, no. 1, p. 13-17, 2012b.
- COSTA, I. T.; GARGANTA, J. M.; GRECO, P. J.; MESQUITA, I. Princípios táticos do jogo de futebol: conceitos e aplicação. **Motriz**, Rio Claro, v. 16, n. 3, p. 657-668, 2009.
- COUZIN, I.; KRAUSE, J.; FRANKS, N.; LEVIN, S. Effective leadership and decision-making in animal groups on the move. **Nature**, London, v. 433, p. 513-516, 2005.
- DELEPLACE, R. **Logique du jeu ET conséquences sur l'entraînement à la tactique**. Communication orale "Colloque sport collectif". Paris: INSEP, 1995.
- DENEUBOURG, J. L.; GOSS, S. Collective patterns and decision-making. **Ethology Ecology & Evolution**, Firenze, v. 1, p. 295-311, 1989.
- DUARTE, R.; ARAÚJO, D.; FREIRE, L.; FOLGADO, H.; FERNANDES, O.; DAVIDS, K. Intra- and inter-group coordination patterns reveal collective behaviors of football players near the scoring zone. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 31, no. 6, p. 1639-1651, 2012. DOI: 10.1016/j.humov.2012.03.001, 2012.
- FAJEN, B. R.; RILEY, M. R.; TURVEY, M. T. Information, affordances, and control in sport. **International Journal of Sports Psychology**, [S.l.], v. 40, p. 79-107, 2009.
- FRANKS, I. M.; MCGARRY, T. The science of match analysis. In: REILLY, T. (Ed.). **Science and soccer**. Oxon: Spon Press Taylor & Francis Group, 1996. p. 363-375.
- FRENCKEN, W.; LEMMINK, K. Team kinematics of small-sided soccer games: a systematic approach. In: REILLY, T.; KORKUSUZ, F. (Eds.). **Science and football VI**. Oxon: Routledge Taylor & Francis Group, 2008. p. 161-166.
- FRENCKEN, W.; LEMMINK, K.; DELLEMAN, N.; VISSCHER, C. Oscillations of centroid position and surface area of soccer teams in small-sided games. **European Journal of Sport Science**, Abingdon, v. 11, no. 4, p. 215-223, 2011.
- GRÉHAIGNE, J. F. **L'organisation du jeu en football**. Joinville-le-Pont, Paris: Éditions Actio, 1992.
- GRÉHAIGNE, J. F. **Soccer: the players' action zone in a team**. Second World Congress of Notational Analysis. Cardiff, England, 1994.
- GRÉHAIGNE, J. F.; BOUTHIER, D.; DAVID, B. Dynamic-system analysis of opponent relationship in collective actions in soccer. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 15, no. 2, p. 137-149, 1997.
- GRÉHAIGNE, J. F.; GODBOUT, P. Tactical knowledge in team sports from a constructivist and cognitivist perspective. **Quest**, Champaign, v. 47, no. 4, p. 490-505, 1995.
- GRÉHAIGNE, J. F.; GODBOUT, P.; BOUTHIER, D. The foundations of tactics and strategy in team sports. **Journal of Teaching in Physical Education**, Champaign, v. 18, no. 2, p. 159-174, 1999.

- GRÉHAIGNE, J. F.; GODBOUT, P.; ZERAI, Z. How the “rapport de forces” evolves in a soccer match: the dynamics of collective decisions in a complex system. **Revista de Psicología del Deporte**, Palma de Mallorca, v. 20, no. 2, p. 747-765, 2011.
- GRÉHAIGNE, J. F.; RICHARD, J. F.; GRIFFIN, L. **Teaching and learning team sports and games**. New York: Routledge Falmar, 2005.
- HALLOY, J.; SEMPO, G.; CAPRARI, G.; RIVault, C.; ASADPOUR, M.; TÂCHE, F.; SAÏD, I. et al. Social integration of robots into groups of cockroaches to control self-organized choices. **Science**, Washington, DC., v. 318, no. 16, p. 1155-1158, 2007.
- HUGHES, M.; FRANKS, I. M. Notational analysis – a review of the literature. In: HUGHES, M.; FRANKS, I. M. (Eds.). **Notational analysis of sport: systems for better coaching and performance in sport**. New York: Routledge, 2004. p. 59-106.
- LAMES, M.; ERDMANN, J.; WALTER, F. Oscillations in football: order and disorder in spatial interactions between the two teams. **International Journal of Sport Psychology**, Rome, v. 41, p. 85-86, 2010.
- LEES, A. Technique analysis in sports: a critical review. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 20, no. 10, p. 813-828, 2002.
- MOURA, F. A.; MARTINS, L. E.; ANIDO, R. O.; BARROS, R. M.; CUNHA, S. A. Quantitative analysis of Brazilian football players’ organization on the pitch. **Sports Biomechanics**, Abingdon, v. 11, no. 1, p. 85-96, 2012.
- PARRISH, J.; EDELSTEIN-KESHET, L. Complexity, pattern, and evolutionary trade-offs in animal aggregation. **Science**, Washington, DC., v. 284, no. 2, p. 99-101, 1999.
- PASSOS, P.; DAVIDS, K.; ARAÚJO, D.; PAZ, N.; MINGUÉNS, J.; MENDES, J. Networks as a novel tool for studying team ball sports as complex social systems. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 14, p. 170-176, 2011.
- PASSOS, P.; MILHO, J.; FONSECA, S.; BORGES, J.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K. Interpersonal distance regulates functional grouping tendencies of agents in team sports. **Journal of Motor Behavior**, Washington, DC., v. 43, no. 2, p. 155-163, 2008.
- RICHARDSON, M. J.; MARSH, K. L.; SCHMIDT, R. C. Effects of visual and verbal interaction on unintentional interpersonal coordination. **Journal of experimental psychology: human perception and performance**, Washington, DC., v. 31, no. 1, p. 62-79, 2005.
- SCHMIDT, R. C.; O’BRIEN, B. Evaluating the dynamics of unintended interpersonal coordination. **Ecological Psychology**, Mahwah, v. 9, no. 3, p. 189-206, 1997.
- SCHMIDT, R. C.; TURVEY, M. T. Phase-entrainment dynamics of visually coupled rhythmic movements. **Biological Cybernetics**, New York, v. 70, p. 369-376, 1994.
- SUN, T. **Arte da guerra**. São Paulo: Pensamento-Cultrix, 2007.
- WADE, A. **The football association guide to training and coaching**. London: EP Publishing LTD, 1970.
- YUE, Z.; BROICH, H.; SEIFRIZ, F.; MESTER, J. Mathematical analysis of a soccer game. part i: individual and collective behaviors. **Studies in Applied Mathematics**, Cambridge, v. 121, p. 223-243, 2008.

Recebido em: 01/11/2012

Revisado em: 11/07/2013

Aceito em: 30/08/2013

Endereço para correspondência: Filipe Manuel Clemente. Estádio Universitário de Coimbra, Pavilhão 3, 3040-156 Coimbra, Portugal, Telefone + 351 239 802770, Fax+ 351 239 802779 - Portugal - filipe.clemente5@gmail.com