

ESTUDO DA SEQUÊNCIA DE PASSES ENTRE JOGADORES PROFISSIONAIS DE FUTEBOL DURANTE OS JOGOS EM CASA AO LONGO DE UMA ÉPOCA DESPORTIVA: APLICABILIDADE DAS MEDIDAS DE SOCIAL NETWORK ANALYSIS

Filipe M. Clemente^{1,2} e Fernando M. L. Martins^{2,3}

Instituto Politécnico de Viana do Castelo¹, Portugal, Instituto de Telecomunicações², Covilhã, Portugal e Instituto Politécnico de Coimbra³, Portugal

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi analisar a influência do momento da época desportiva, o resultado obtido e o tipo de posicionamento tático nas medidas gerais e de centralidade da rede de interação atacante. Observaram-se e codificaram-se 17 jogos em casa (como visitado) de uma equipa de futebol profissional da 1ª Liga Portuguesa de Futebol. Um total de 4535 passes efetuados em jogadas ofensivas foram processadas. As variáveis dependentes de centralidade e gerais da rede foram calculadas tendo como base as medidas de *social network analysis* utilizadas tendo como referência a teoria de dígrafos ponderados. Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas nas variáveis independentes de momento da época (*p-value* > .05) e resultado obtido (*p-value* > .05). Verificaram-se, no entanto, diferenças estatisticamente significativas nos valores de centralidade na variável independente de posicionamento tático (*p-value* = .001; $\eta^2 = .266$; *Efeito moderado*). Os resultados sugerem que o posicionamento tático poderá ser o fator preponderante para determinar o comportamento de interação atacante. No entanto, estudo futuros deverão realizar-se categorizando o processo atacante e adicionando técnicas complementares de análise do comportamento tático.

PALAVRAS CHAVE: Análise de redes sociais, Análise de jogo, Comportamento coletivo, Futebol.

STUDY OF SEQUENCES OF PASSES BETWEEN PROFESSIONAL SOCCER PLAYER IN HOME MATCHES DURING A SEASON: APPLICABILITY OF SOCIAL NETWORK ANALYSIS MEASURES

ABSTRACT: The aim of this study was to analyse the influence of moment of the season, final score and tactical position on the general and centrality values of attacking network. Seventeen official home matches of a professional football team from Portuguese premier league were observed and codified. A total of 4535 passes made during attacking plays were recorded and processed. The centrality and general variables were computed based on social network analysis and the weighted digraphs theory. No statistical differences were found in the factors of moment of the season (*p-value* > .05) and final score (*p-value* > .05). In the other hand, statistical differences on centralities were found between tactical positions (*p-value* = .001; $\eta^2 = 0.266$; *Moderate effect*). The results suggest that tactical position may be the most relevant factor to determine the relationship between teammates. Nevertheless, future studies must to categorize the attacking process and to add some observational techniques to measure the tactical behaviour.

KEYWORDS: Social network analysis; Match analysis; Collective behaviour; Football.

ESTUDIO DE LA SECUENCIA DE PASES ENTRE LOS JUGADORES PROFESIONALES DE FÚTBOL EN LOS PARTIDOS EN CASA DURANTE UNA TEMPORADA DEPORTIVA: APLICABILIDAD DE MEDIDAS DE ANÁLISIS DE REDES SOCIALES

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue analizar la influencia del momento de la temporada, el marcador final y la posición táctica en los valores generales y la centralidad de la red de ataque. Diecisiete partidos en casa oficial del equipo de fútbol profesional de primera división portuguesa se observaron y codificados. El total de 4535 pasadas realizadas durante jugadas de ataque se procesa. La centralidad y variables generales se calcularon sobre la base de análisis de redes sociales y la teoría dígrafos ponderados. Diferencias estadísticas no fueron encontrados en los factores del momento de la temporada (*p-value* > .05) y lo marcador final (*p-value* > .05). En el otro lado, se encontraron diferencias estadísticas en centralidades entre posiciones

Manuscrito recibido: 31/10/2015
Manuscrito aceptado: 07/06/2016

Dirección de contacto Filipe M. Clemente. Escola Superior de Desporto e Lazer, Complexo Desportivo e Lazer Comendador Rui Solheiro – Monte de Prado, 4960-320, Melgaço, Portugal.
Correo-e: Filipe.clemente5@gmail.com

tácticas (p -value = .001; $\eta^2 = 0.266$; *Efecto moderado*). Los resultados sugieren que la posición táctica puede ser el factor más importante para determinar la relación entre compañeros de equipo. Sin embargo, los estudios futuros deben categorizar el proceso de ataque y añadir algunas técnicas de observación para medir el comportamiento táctico.

PALABRAS CLAVE: Análisis de redes sociales, análisis del juego, comportamiento colectivo, fútbol.

A dinâmica dos jogos desportivos coletivos de invasão associa-se com um processo permanente de interação entre colegas de equipa e adversários, estabelecendo uma relação de cooperação-oposição (Gréhaigne, Bouthier, & David, 1997; McGarry, 2005). No caso específico da cooperação entre colegas, as relações poderão ser entendidas em diferentes contextos e avaliando diferentes variáveis desde sociométricas (Lusher, Robins, & Kremer, 2010) às de performance em jogo (Clemente, Martins, Kalamaras, Wong, & Mendes, 2015c; Duch, Waitzman, & Amaral, 2010; Passos et al., 2011). Um das relações mais evidentes e quantificáveis é a sequência de passes entre colegas no momento da construção do processo ofensivo (Malta & Travassos, 2014). Este caso concreto de interação poderá ser medido por via de sistemas observacionais que codificam a sequência de passes, recorrendo a técnicas no âmbito da análise de jogo (Lago-Peñas & Dellal, 2010).

A observação de jogo tem vindo a focar-se, maioritariamente, na quantificação e notação dos eventos decorrentes do jogo utilizando processos de observação criteriosos (James, 2006). Apesar da utilidade dos sistemas de observação notacionais para a caracterização do jogo, o facto é que tais técnicas não possibilitam interpretações que possam identificar padrões de interação entre companheiros e extrair informações úteis que possam auxiliar o treinador na definição do seu modelo de jogo (Malta & Travassos, 2012).

Utilizando os conhecimentos adquiridos por áreas de estudo paralelas, novas técnicas têm vindo a ser propostas para a análise, de entre as quais, a análise social de redes (*Social Network Analysis* – SNA) que tem como vantagem utilizar os dados quantificáveis da análise notacional e recorrer a algoritmos que permitam identificar padrões de interação entre os membros da rede (Grund, 2012; Wasserman & Faust, 1994). Tal processo recorre, eminentemente, aos conceitos da teoria de grafos e digrafos para identificar padrões comportamentais de interação utilizando, para o efeito, métodos quantitativos (Burt, Kilduff, & Tasselli, 2013; Pavlopoulos et al., 2011). Estes métodos quantitativos permitem evidenciar tendências de interação entre pares, mensurar os níveis de proeminência de cada jogador e identificar a estrutura da rede de cooperação (*network*) (Cotta, Mora, Merelo, & Merelo-Molina, 2013; Peña & Touchette, 2012). Para o efeito, diversas medidas de *network* no âmbito da SNA têm vindo a ser propostas e aplicadas na análise de jogo, fundamentalmente, para descrever e caracterizar a realidade dinâmica do jogo (Clemente, Martins, Wong, Kalamaras, & Mendes, 2015b; Duch et al., 2010; Malta & Travassos, 2014).

Nos últimos anos tem sido possível assistir a uma crescente incidência da aplicação da SNA no jogo de futebol (Clemente et al., 2015b; Clemente et al., 2015c; Cotta et al., 2013; Duch et al.,

2010; Malta & Travassos, 2014; Peña & Touchette, 2012; Yamamoto e Yokoyama, 2011). Num estudo conduzido na competição europeia de seleções (UEFA Euro 2008) foi possível identificar que o jogador mais influente (Xavi, Espanha) avaliado por meio de técnicas de *network* durante jogadas ofensivas foi o eleito, simultaneamente, por espetadores e analistas como o mais influente da competição (Duch et al., 2010). Numa abordagem diferente, diferentes medidas de centralidade foram aplicadas no estudo das seleções que disputaram as semifinais e finais do FIFA World Cup 2010 (Peña & Touchette, 2012). A partir das medidas de centralidade *closeness*, *betweenness* e *pagerank*, verificou-se que equipas com maior circulação de bola tendem a recrutar com maior frequência os jogadores do meio-campo e que equipas com futebol mais direto tendem a recrutar mais os defensores e atacantes (Peña & Touchette, 2012). Ainda considerando as maiores competições de seleções, num estudo recente (FIFA World Cup 2014) foi possível verificar que os médios-centro são os jogadores mais proeminentes nos níveis de centralidade independentemente das disposições estratégicas das equipas (Clemente et al., 2015c). Numa análise mais incisiva sobre o processo ofensivo nos momentos de transição, verificou-se que o médio-defensivo é o jogador mais influente na rede de passes em equipas com tendência para o jogo indireto e, por outro lado, o ponta-de-lança destaca-se como jogador proeminente em equipas que tendem por atacar em jogo direto (Malta & Travassos, 2014).

Se no caso da análise de centralidade existe um número crescente, no caso da caracterização da estrutura da rede a literatura denota maior escassez de resultados (Clemente, Couceiro, Martins, & Mendes, 2015a; Clemente et al., 2015b; Grund, 2012). No estudo desenvolvido ao longo das épocas desportivas 2006/2007 e 2007/2008 na *Premier League* Inglesa verificou-se que níveis maiores de densidade da rede associam-se a uma maior performance desportiva traduzida, neste caso, pelo número de golos marcados (Grund, 2012). Por outro lado, maiores valores de centralização da rede associam-se com performances inferiores (Grund, 2012). Evidências similares foram encontradas na análise realizada a todos os jogos do FIFA World Cup 2014 (Clemente, et al., 2015b). Neste estudo, verificou-se que os golos marcados se associam estatisticamente com níveis elevados de densidade, conexões e agrupamento (Clemente et al., 2015b). Numa abordagem diferente, um estudo realizado ao longo de cinco jogos oficiais de uma equipa profissional de futebol revelou um ligeiro aumento de centralização e redução dos valores de densidade e conexão geral na segunda parte dos jogos (Clemente et al., 2015a).

Dos estudos evidenciados anteriormente foi possível verificar que o sucesso da equipa (por via dos golos marcados) e o

posicionamento em campo (de cada jogador) são as variáveis verificadas com maior regularidade (Clemente et al., 2015c; Grund, 2012). Apesar dos estudos analisados anteriormente, nenhum tem vindo a destacar a possibilidade de alterações do relacionamento entre jogadores nos processos de construção ofensiva durante uma época, visto a maioria dos estudos centrar-se em torneios desportivos de curta duração ou em jogos pontuais. Eventualmente, a adequabilidade do treino e a repetição de padrões comportamentais em contexto competitivo e não-competitivo poderão alterar a estrutura da rede por via da consolidação do modelo de jogo (Clemente, Martins, & Mendes, 2016). Para além da estrutura geral da rede de interações ofensivas, a própria proeminência dos jogadores poderá variar ao longo da época desportiva.

Face ao exposto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a rede de interações ofensivas de uma equipa profissional de futebol da 1ª Liga Portuguesa ao longo de uma época desportiva considerando, apenas os jogos em casa, de forma a assegurar condições semelhantes. Para tal, a época desportiva foi agrupada em três momentos e definida como variável independente no presente estudo. O sucesso desportivo medido por via do resultado final por cada jogo (ao invés dos golos marcados como no caso de Grund, 2012) foi igualmente considerado como variável independente de forma a averiguar se a estrutura da rede de interações variava em função do resultado final. Por último, e à semelhança de estudos anteriores, o posicionamento em campo de cada jogador foi igualmente considerado como variável independente no sentido de analisar se a centralidade e proeminência de cada jogador poderão ser determinadas pelo seu posicionamento. A análise da variância das medidas de centralidade e gerais da rede entre os momentos da época, o resultado final e os posicionamentos em campo foi, assim, o objetivo do presente estudo.

MÉTODO

Amostra

Um total de 17 jogos em casa (como visitado) de uma equipa de futebol profissional da 1ª Liga Portuguesa de Futebol foram observados e codificados. Resultante dos jogos analisados, um total de 4535 passes efetuados em jogadas ofensivas foram registadas e processadas. Um total de 17 matrizes de adjacência ponderadas foram geradas e utilizadas para computar as medidas gerais e de centralidade da rede.

Recolha de dados e Processamento

Os jogadores da equipa observada foram analisados considerando o seu posicionamento em campo, tendo como referência a disposição estratégica da equipa que alinhou em todos os jogos com um 1-4-3-3. Para atestar esta disposição estratégica, três treinadores de futebol com mais de cinco anos de experiência profissional avaliaram períodos decorrentes dos 17 jogos por dois momentos, espaçados no tempo em 30 dias de forma a verificar a confiabilidade das respostas (Robinson & O'Donoghue, 2007). O teste Kappa de Cohen demonstrou um valor de 0,89 após teste de todos os dados assegurando, assim, um valor recomendado para este tipo de procedimentos (Robinson & O'Donoghue, 2007). A classificação das posições táticas seguiram o proposto em estudos anteriores (Clemente et al., 2015c; Di Salvo et al., 2007) e podem ser visualizadas na seguinte figura 1. Os posicionamentos táticos considerados foram: i) guarda-redes (GR); ii) defensor lateral (DL); iii) defensor central (DC); iv) médio-centro (MC); v) Médio-ala (MA); e vi) Avançado (AV).

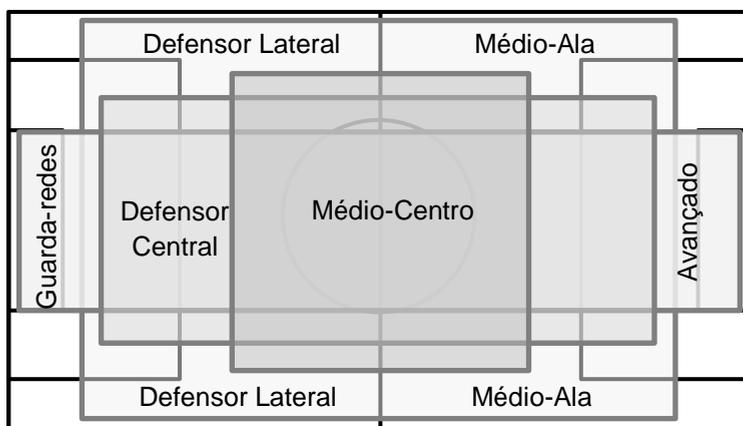


Figura 1. Codificação do posicionamento tático no sistema de jogo 1-4-3-3

De forma a estudar as ligações entre jogadores classificados pelos seus posicionamentos em campo, considerou-se como elemento de conexão o passes realizado com sucesso, como utilizado em estudos anteriores (Clemente et al., 2015b; Malta & Travassos, 2014). Todas as unidades de ataque (sequência de

passes sem interrupções com mais de três passes realizados com êxito) foram registadas e materializadas em matrizes de adjacência ponderadas. Uma unidade de ataque poderá ser definida como uma sequência de passes sem interrupção (intercepção de bola por parte do adversário), iniciando na

recuperação da posse de bola e terminando no último passes bem sucedido que antecede a perda da posse de bola (por remate para fora ou golo, por interceptação/recuperação do adversário, por bola fora do campo) (Clemente et al., 2015c; Passos et al., 2011). Como exposto anteriormente, gerou-se uma matriz de adjacência ponderada por cada unidade de ataque analisando-se, desta forma, digrafos ponderados (grafos bidirecionais ponderados). Entenda-se neste caso por digrafos, a consideração do sentido da interação (passar de A para B não é igual a passar de B para A) (Clemente et al., 2016).

A matriz de adjacência ponderada representa o sentido da interação, bem como, a ponderação da mesma interação tendo como referencia o número de passes efetuados ao longo da mesma unidade de ataque. Cada jogador/posicionamento em campo foi codificado de P1 a P11 de forma a facilitar o processo de registo. De forma a explicitar o processo de recolha de dados, a seguinte figura 2 apresenta as etapas de codificação efetuadas.

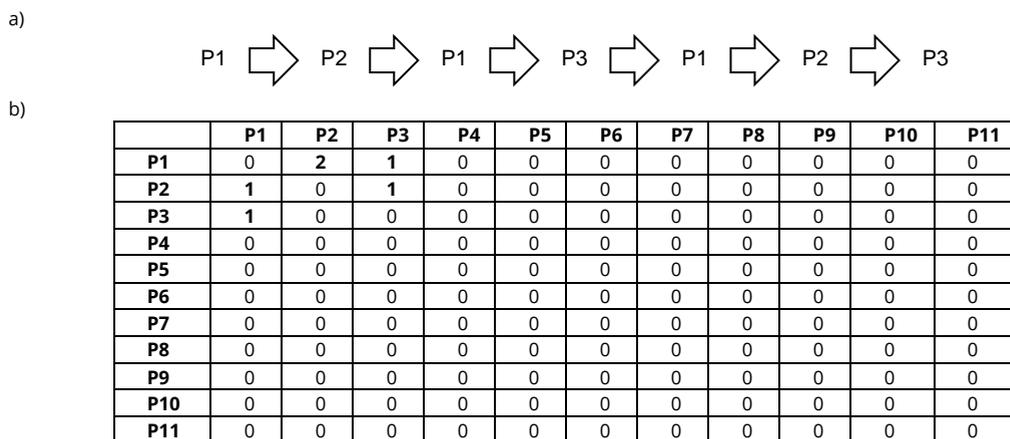


Figura 2. a) Etapas de codificação e registo; b) criação da matriz de adjacência ponderada respetiva.

No final de cada jogo, procedeu-se à soma de todas as matrizes de adjacência ponderadas geradas. Por cada matriz de adjacência ponderada final, computaram-se as medidas de network que serão descritas na próxima secção. Importa enfatizar que a matriz de adjacência final de cada jogo foi processada individualmente no cálculo das medidas de centralidade e estrutura geral. Assim, e em caso de exemplo, a primeira fase da época (primeiros cinco jogos) agrupa os cinco resultados de densidade obtidos por cada jogo, não realizando uma média dos valores. A observação e codificação da sequência de passes foi realizada pelo mesmo observador com mais de cinco anos de experiência em análise de jogo de forma a minimizar o erro inter-observador. Para o registo das unidades de ataque e subsequente criação das matrizes de adjacência utilizou-se o software de análise *Performance Analysis Tool* (PATO), que foi criado e validado especificamente para o registo da interação social em modalidades coletivas (Clemente, Silva, Martins, Kalamaras, & Mendes, 2015d). De forma a testar a confiabilidade do observador, procedeu-se ao teste-reteste com 25 dias de espaçamento temporal, como realizado em estudos anteriores (Clemente et al., 2015b). O teste realizado para 10% do total da amostra revelou um valor de 0,79, significando um valor adequado para este tipo de procedimentos (Robinson & O'Donoghue, 2007).

Medidas de Centralidade

Uma vez criadas as matrizes de adjacência ponderadas finais, procedeu-se à sua importação para o software *Social Network Visualizer*, versão 1.9 (Kalamaras, 2014) que permite a

visualização e análise de redes sociais. No caso específico do estudo dos valores de centralidade em jogadores de futebol aplicaram-se, neste estudo, três medidas para digrafos ponderados: i) grau de prestígio (*degree prestige* - DP); ii) grau de centralidade (*degree centrality* - DC); e iii) grau de intermediação (*betweenness centrality* - BC).

No caso do DP, procedeu-se ao cálculo da sua medida relativa considerando n_i como o vértice de um digrafo ponderado G com n vértices. A medida relativa do DP, $DP_{(D-in)}^{w}(n_i)$, é a proporção da ponderação dos vértices que são adjacentes a n_i , e é calculado como (Opsahl, Agneessens, & Skvoretz, 2010):

$$DP_{(D-in)}^{w}(n_i) = \frac{k_i^{w-in}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n a_{ij}}, \tag{1}$$

onde k_i^{w-in} é o índice do DP do vértice n_i e a_{ij} são os elementos da matriz de adjacência ponderada G . Esta medida permite identificar que valores mais elevados encontram-se associados aos jogadores que mais passes recebem dos seus companheiros de equipa (Clemente et al., 2016).

No caso do DC, procedeu-se ao cálculo da sua medida relativa considerando n_i como o vértice do digrafo ponderado G com n vértices. O grau relativo da centralidade, $DC_{(D-out)}^{w}(n_i)$, é a proporção de vértices ponderados que são adjacentes a n_i , e é calculado como (Opsahl et al., 2010):

$$DC_{(D-out)}^{rw}(n_i) = \frac{k_i^{w-out}}{\sum_{l=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n a_{ij}} \quad (2)$$

onde k_i^{w-out} é o índice do grau de centralidade do vértice n_i e a_{ij} são os elementos da matriz de adjacência ponderada de G . Sumariamente, quanto maior o valor obtido, maior será a participação do jogador em estabelecer ligações (passes efetuados) para os companheiros de equipa (Clemente et al., 2016).

No caso do BC, procedeu-se ao cálculo para digrafos ponderados, a partir da fórmula para grafos não ponderados $G = (V, E)$, com $n_i, n_j, n_k \in V, i, j, k = 1, \dots, n$. A medida relativa do índice BC pode ser calculada da seguinte forma (Rubinov & Sporns, 2010):

$$CB'_b(n_k) = \frac{1}{(n-1)(n-2)} \sum_{\substack{n_i, n_j \in V \\ i \neq n_j \neq k}} \frac{g_{ij}(n_k)}{g_{ij}} \quad (3)$$

onde $g_{ij}(n_k)$ é o número de caminhos mais curtos entre n_i e n_j que passa por n_k e g_{ij} é o número de caminhos mais curtos entre n_i e n_j . Os resultados obtidos pela medida de intermediação, permite analisar que valores mais elevados associam-se aos jogadores que mais conseguem conectar os seus "vizinhos" servindo de mediador ou de "ponte" (Clemente et al., 2016).

Medidas de Gerais

Recorrendo às mesmas matrizes de adjacência ponderadas finais e ao mesmo software de análise (previamente descritos nas medidas de centralidade), procedeu-se ao cálculo de medidas gerais de network. As medidas de número de arcos (*total arcs* - TA), densidade da rede (*network density* - ND) e coeficiente de agrupamento (*clustering coefficient* - CC) foram utilizadas para avaliar as propriedades da rede de interações.

Considerando um digrafo ponderado G com n vértices, o TA, L_D^w , de G pode ser calculado como (Rubinov & Sporns, 2010):

$$L_D^w = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n a_{ij} \quad (4)$$

onde a_{ij} são os elementos da matriz de adjacência ponderada G . O número de arcos determina a capacidade de a equipa gerar um maior número de interações, assim valores maiores significam um maior número de sentidos de interação entre companheiros de equipa (Clemente et al., 2016).

No caso da medida de densidade, considerou-se um digrafo ponderado G com n vértices onde ND, Δ_D^w , de G é calculado como (Wasserman e Faust, 1994):

$$\Delta_D^w = \frac{L_D^w}{n(n-1)} \quad (5)$$

onde L_D^w é o total de ligações de G . Esta medida permite avaliar a afetação geral entre companheiros de equipa, sendo que valores maiores significam uma menor centralização nas interações, logo uma maior cooperação entre todos os companheiros (Clemente et al., 2016).

Para a medida de agrupamento, considerou-se um digrafo ponderado G com n vértices onde CC, $CC_D^w(n_i)$, do vértice n_i pode ser calculado como (Fagiolo, 2007; Rubinov e Sporns, 2010):

$$CC_D^w(n_i) = \frac{\sum_{j,h} \left(a_{ij}^{\frac{1}{3}} + a_{ji}^{\frac{1}{3}} \right) \left(a_{ih}^{\frac{1}{3}} + a_{hi}^{\frac{1}{3}} \right) \left(a_{jh}^{\frac{1}{3}} + a_{hj}^{\frac{1}{3}} \right)}{2 \left[(k_i^{out} + k_i^{in})(k_i^{out} + k_i^{in} - 1) - 2 \sum_{j \neq i} a_{ij} a_{ji} \right]} \quad (6)$$

$$= \frac{\left[A_{ii}^{\frac{1}{3}} + (A^T)_{ii}^{\frac{1}{3}} \right]^3}{2 \left[(k_i^{out} + k_i^{in})(k_i^{out} + k_i^{in} - 1) - 2 \sum_{j \neq i} a_{ij} a_{ji} \right]}$$

onde a_{ij} são os elementos da matriz de adjacência ponderada G , k_i^{out} é o índice outdegree do vértice n_i , k_i^{in} é o índice indegree do vértice n_i e $A_{ii}^{\frac{1}{3}} = \left[a_{ij}^{\frac{1}{3}} \right]$. Para o cálculo de CC como medida geral, procedeu-se à media dos valores encontrados para cada vértice. Esta medida permite determinar o nível de agrupamento dos jogadores e a sua capacidade de interagir entre si (Clemente et al., 2016).

Procedimentos Estatísticos

A estatística descritiva (média \pm desvio-padrão) foi calculada para cada variável. O pressuposto da distribuição normal das variáveis dependentes nos diferentes grupos definidos foi avaliado pelo teste Shapiro-Wilk (para os valores gerais do digrafo ponderado) e Kolmogorov-Smirnov (para os valores de centralidade). O pressuposto de homogeneidade de variância foi validado com o teste de Levene, revelando dados paramétricos. Para avaliar se o momento da época (jogo 1 ao jogo 5 - início da época; jogo 6 ao jogo 12 - meio da época; jogo 13 ao jogo 17 - final da época), resultado do jogo (derrota; empate; vitória) e posicionamento tático (GR; DL; DC; MC; MA; AV) afetavam significativamente os valores de centralidade do digrafo ponderado (%DP; %DC; %BC) e características do digrafo ponderado (TA; ND; CC) executou-se o teste estatístico MANOVA multivariada. Como o referido teste não identificou interação entre os fatores, procedeu-se à execução do teste ANOVA one-way seguido do post-hoc de Tukey HSD para cada fator. O *partial eta-squared* (ES) foi utilizado como medida de dimensão do efeito e os valores foram interpretados como nenhum efeito ($ES < .04$), efeito mínimo ($.04 < ES < .25$), efeito moderado ($.25 < ES < .64$) e efeito forte ($ES < .64$) (Ferguson, 2009). Toda a análise estatística foi realizada utilizando o software IBM SPSS Statistics (versão 23) para um nível de significância de $p < .05$.

RESULTADOS

Os efeitos do momento da época desportiva, resultado final e posicionamento tático nas medidas de centralidade e gerais da rede são apresentados nas tabelas 1, 2 e 3, respetivamente.

A MANOVA multivariada efetuada para as variáveis dependentes TA, ND e CC revelou a não existências de diferenças estatisticamente significativas nas variáveis independentes de momento da época ($p = .335$; $ES = .269$; *Efeito moderado*) e resultado final ($p = .884$; $ES = .102$; *Efeito mínimo*). Verificou-se ainda a não existência de interação entre fatores momento da época*resultado final (*Traço de Pillai* = .304; $p = 0.329$; $ES = .304$; *Efeito moderado*). De forma semelhante, a MANOVA multivariada realizada para as variáveis dependentes

% DP, % DC e % BC revelou a não existência de diferenças estatisticamente significativas nas variáveis independentes de momento da época ($p = .961$; $ES = .005$; *Efeito mínimo*), resultado final ($p = .996$; $ES = .002$; *Nenhum efeito*). Por outro lado, verificaram-se diferenças estatisticamente significativas na variável independente de posicionamento tático ($p = .001$; $ES = .266$; *Efeito moderado*). Não se verificaram interações

estatisticamente significativas entre as variáveis momento da época*resultado final (*Traço de Pillai* = .001; $p = 1.000$; $ES = .001$; *Nenhum efeito*), momento da época*posicionamento tático (*Traço de Pillai* = .191; $p = .382$; $ES = .064$; *Efeito mínimo*) e resultado final*posicionamento tático (*Traço de Pillai* = .182; $p = .459$; $ES = .061$; *Efeito mínimo*).

Tabela 1

Média ± desvio-padrão, p-value e dimensão do efeito (ES) nas variáveis TA, ND, CC, % DP, % DC e % BC na variável independente de momento da época desportiva (início, meio e final)

	Início	Meio	Final	p	ES	Classificação
TA	84.20 ± 5.45	81.57 ± 5.65	83.60 ± 5.03	.681	0.053	Efeito mínimo
ND	0.77 ± 0.05	0.74 ± 0.05	0.76 ± 0.05	.699	0.050	Efeito mínimo
CC	0.83 ± 0.07	0.81 ± 0.03	0.81 ± 0.02	.715	0.047	Efeito mínimo
%DP	9.09 ± 2.71	9.08 ± 3.06	9.09 ± 3.21	1.000	0.001	Nenhum efeito
%DC	9.09 ± 3.37	9.09 ± 3.75	9.09 ± 3.67	1.000	0.001	Nenhum efeito
%BC	2.71 ± 2.09	2.94 ± 1.85	2.71 ± 1.49	.684	0.004	Nenhum efeito

Nota: Significativamente diferente comparativamente com Início^a; Meio^b; e Final^c para um $p < .05$

Confirmadas a não existência de interações entre variáveis independentes, procedeu-se ao teste estatístico ANOVA one-way seguido de testes de post-hoc para cada variável

independente tendo como grupos de variáveis dependentes as medidas gerais e as medidas de centralidade.

Tabela 2

Média ± desvio-padrão, p-value e dimensão do efeito (ES) nas variáveis TA, ND, CC, % DP, % DC e % BC na variável independente de resultado final (derrota, empate e vitória)

	Derrota	Empate	Vitória	p	ES	Classificação
TA	82.25 ± 5.56	83.25 ± 5.54	82.00 ± 0.00	.938	0.009	Nenhum efeito
ND	0.75 ± 0.05	0.76 ± 0.05	0.75 ± 0.00	.943	0.008	Nenhum efeito
CC	0.80 ± 0.02	0.82 ± 0.05	0.81 ± 0.00	.808	0.030	Nenhum efeito
%DP	9.09 ± 3.03	9.09 ± 3.00	9.09 ± 3.06	1.000	0.001	Nenhum efeito
%DC	9.09 ± 3.41	9.09 ± 3.61	9.09 ± 4.56	1.000	0.001	Nenhum efeito
%BC	2.85 ± 1.67	2.78 ± 1.90	2.93 ± 1.57	.945	0.001	Nenhum efeito

Nota: Significativamente diferente comparativamente com Derrota^a; Empate^b; e Vitória^c para um $p < .05$

Apenas no caso da análise da variância efetuada à variável independente de posicionamento tático foi possível verificar diferenças estatisticamente significativas com efeito moderado nas variáveis dependentes % DP, % DC e % BC. Especificamente, identificou-se que o guarda-redes assume estatisticamente os valores inferiores médios nas três medidas

de centralidade (3.74% DP; 5.44% DC; 0.68% BC) e os defensores centrais destacam-se pelos valores estatisticamente mais elevados (10.94% DP; 12.84% DC; 4.30% BC), destacando-se estatisticamente ($p < .05$) dos restantes posicionamentos.

Tabela 3

Média ± desvio-padrão, p e dimensão do efeito (ES) nas variáveis % DP, % DC e % BC na variável independente de posicionamento tático (GR, DL, DC, MC, MA, AV)

	GR	DL	DC	MC	MA	AV	p	ES	Classificação
%DP	3.74 ± 1.53 ^{b,c,d,e,f}	8.67 ± 2.10 ^{ac}	10.94 ± 2.62 ^{a,b,d}	9.32 ± 2.42 ^{bc}	9.73 ± 2.62 ^a	9.57 ± 2.58 ^a	.001	0.378	Efeito moderado
%DC	5.44 ± 0.72 ^{b,c,d}	12.13 ± 2.11 ^{a,d,e,f}	12.84 ± 3.00 ^{a,d,e,f}	8.81 ± 2.20 ^{b,c,e,f}	5.94 ± 2.25 ^{b,c,d}	6.31 ± 1.93 ^{b,c,d}	.001	0.618	Efeito moderado
%BC	0.68 ± 0.47 ^{b,c,d,f}	2.57 ± 1.51 ^{ac}	4.30 ± 2.00 ^{a,b,e,f}	3.43 ± 1.75 ^{a,e}	1.87 ± 0.79 ^{c,d}	2.41 ± 1.27 ^{a,c}	.001	0.336	Efeito moderado

Nota: Significativamente diferente comparativamente com GR^a; DL^b; DC^c; MC^d; MA^e; e AV^f para um $p < .05$

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo determinar as possíveis variações que decorrem ao longo da época desportiva no perfil de atividade de interação em jogadas ofensivas por parte de uma equipa profissional de futebol. Os resultados encontrados revelaram que apenas a variável independente de posicionamento tático teve efeitos estatisticamente significativos nas medidas de centralidade resultantes do estudo das redes de interação entre jogadores. Nas restantes variáveis independentes de momento da época desportiva e

resultado final, não se verificaram efeitos estatisticamente significativos nas medidas gerais e de centralidade das redes.

No caso específico da influência do posicionamento tático nas medidas de centralidade, verificou-se que os defensores centrais obtiveram valores médios significativamente superiores de grau de prestígio do que os guarda-redes, defensores laterais e médios-centro. Tais resultados sugerem que estes jogadores foram os mais recrutados pelos companheiros de equipa para passar e dar seguimento à posse de bola. Tais valores não se encontram de acordo com estudos

prévios realizados em competições de seleções (Clemente et al., 2015c; Duch et al., 2010; Peña & Touchette, 2012). Apenas no caso do sistema tático 1-3-5-2 analisado na competição FIFA World Cup 2014, foi possível identificar a tendência para os defensores centrais receberem um maior volume de passes dos companheiros de equipa (Clemente et al., 2015c). Eventualmente, o facto de a equipa optar pela circulação de bola sem progressão poderá justificar tais valores, no entanto, não existem dados associados que comprovem esta suposição.

Por outro lado, verificou-se que os defensores centrais e laterais se diferenciaram significativamente dos restantes companheiros no valores de grau de centralidade. No caso, os valores obtidos sugerem que estes jogadores foram os que mais passes concretizaram para os seus companheiros, realçando a sua preponderância no processo de construção dos momentos de posse de bola. Se no caso dos defensores laterais os valores encontram-se em linha com estudos anteriores (Clemente et al., 2015c; Peña & Touchette, 2012), no caso dos defensores centrais tal evidência não se aplica. Na primeira fase de construção, devido aos princípios ofensivos de espaço ofensivo, a recorrência aos defensores laterais justifica-se pela necessidade de descentralizar a bola do centro do campo (Costa, Garganta, Greco, Mesquita, & Seabra, 2010). No entanto, face à impossibilidade de progredir em jogo apoiado (indireto) será expectável assumir que os defensores centrais irão assumir um papel de preponderância de forma a redireccionar a orientação da bola.

Quanto aos valores de centralidade de intermediação verificou-se, uma vez mais, que os defensores centrais foram os jogadores que assumiram valores significativamente mais elevados. No entanto, neste caso, os médios centro seguem-se na hierarquia considerando que estes não se diferenciaram dos defensores centrais. Tal facto indicia que estes jogadores são os que conseguem criar “pontes” entre companheiros de equipa através de passes de ligação que conectam elementos que, frequentemente, não se ligam diretamente. Os valores encontrados encontram-se parcialmente em linha com os encontrados durante a competição FIFA World Cup 2010 (Peña & Touchette, 2012) apesar de, no caso reportado, não se ter executado a análise de variância entre posicionamentos táticos. Considerando a literatura, importa ainda referir que o médio-centro é, tradicionalmente designado, de *playmaker* sendo, portanto, a figura de ligação da equipa (Clemente et al., 2015c; Duch et al., 2010). No entanto, será expectável que em equipas que tendem a não progredir com a bola em progressão sustentada, que os defensores centrais assumam uma preponderância maior relacionando os guarda-redes, defensores laterais e médios-centro.

A análise da variância executado aos distintos momentos da época e aos diferentes resultados obtidos pela equipa não evidenciaram diferenças estatisticamente significativas, para além do facto de a maioria dos valores de dimensão do efeito revelarem nenhum efeito ou efeito mínimo. Tal facto poderá indicar que a estrutura de organização coletiva poderá não sofrer alterações substanciais ao longo do processo de consolidação coletiva. Por outro lado, a abordagem realizada poderá não permitir evidenciar diferentes comportamentos que poderão ocorrer em específicos tipos de construção atacante como as transições ofensivas ou os contra-ataques

(Malta & Travassos, 2014). Adicionalmente, o cálculo das medidas relativas poderá condicionar os resultados, considerando que os valores encontram-se limitados a uma pequena amplitude. Neste sentido, será relevante em estudos futuros analisar de forma diferenciada as diferentes formas de construção ofensiva.

Para além da limitação da abordagem experimental realizada ao estudo do processo de interação atacante, será muito importante associar distintas técnicas de análise do comportamento coletivo recorrendo a métricas computacionais (Clemente, Couceiro, Martins, Mendes, & Figueiredo, 2014) ou metodologias observacionais dos comportamentos táticos (Barreira, Garganta, Guimarães, Machado, & Anguera, 2014; Costa, Garganta, Greco, Mesquita, & Maia, 2011). A associação destas técnicas aos resultados providenciados pela SNA poderá aumentar o potencial de interpretação do fenómeno comportamental e organizacional de equipas desportiva.

CONCLUSÃO

No presente estudo verificou-se que o momento da época desportiva e os resultados obtidos não influenciam a estrutura da rede de interações no processo atacante. Apenas o posicionamento tático influencia os valores de centralidade dos jogadores verificando-se que, no caso da equipa analisada, os defensores centrais assumem a proeminência na construção da rede atacante e que, por outro lado, os guarda-redes, médios-ala e avançado obtêm os valores inferiores de proeminência na rede. Estudos futuros deverão associar diferentes técnicas de análise procurando justificar os valores obtidos pela SNA e identificar o perfil comportamental que se encontra associado a cada tipo de processo atacante realizado.

REFERÊNCIAS

- Barreira, D., Garganta, J., Guimarães, P., Machado, J., e Anguera, M. T. (2014). Ball recovery patterns as a performance indicator in elite soccer. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 228(1), 61-72. doi:10.1177/1754337113493083
- Burt, R. S., Kilduff, M., e Tasselli, S. (2013). Social network analysis: foundations and frontiers on advantage. *Annual Review of Psychology*, 64, 527-547. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143828
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, F. M. L., e Mendes, R. S. (2015a). Using Network Metrics in Soccer: A Macro-Analysis. *Journal of Human Kinetics*, 45, 123-134. doi:10.1515/hukin-2015-0013
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, F. M. L., Mendes, R. S., e Figueiredo, A. J. (2014). Practical Implementation of Computational Tactical Metrics for the Football Game: Towards an Augmenting Perception of Coaches and Sport Analysts. In Murgante, Misra, Rocha, Torre, Falcão, Taniar, ... Gervasi (Eds.), *Computational Science and Its Applications* (pp. 712-727). London, UK: Springer. doi:10.1007/978-3-319-09144-0_49
- Clemente, F. M., Martins, F. M. L., Kalamaras, D., Wong, D. P., e Mendes, R. S. (2015b). General network analysis of national soccer teams in FIFA World Cup 2014. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 80-96.

- Clemente, F. M., Martins, F. M. L., e Mendes, R. S. (2016). *Social Network Analysis Applied to Team Sports Analysis*. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-319-25855-3
- Clemente, F. M., Martins, F. M. L., Wong, D. P., Kalamaras, D., e Mendes, R. S. (2015c). Midfielder as the prominent participant in the building attack: A network analysis of national teams in FIFA World Cup 2014. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 704-722.
- Clemente, F. M., Silva, F., Martins, F. M. L., Kalamaras, D., e Mendes, R. S. (ahead-of-print). Performance Analysis Tool for network analysis on team sports: A case study of FIFA Soccer World Cup 2014. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*. doi:10.1177/1754337115597335
- Costa, I. T., Garganta, J., Greco, P. J., Mesquita, I., e Maia, J. (2011). Sistema de avaliação tática no Futebol (FUT-SAT): Desenvolvimento e validação preliminar. *Motricidade*, 7(1), 69-84. doi:10.6063/motricidade.7(1).121
- Costa, I. T., Garganta, J., Greco, P. J., Mesquita, I., e Seabra, A. (2010). Influence of Relative Age Effects and Quality of Tactical Behaviour in the Performance of Youth Football Players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(2), 82-97.
- Cotta, C., Mora, A. M., Merelo, J. J., e Merelo-Molina, C. (2013). A network analysis of the 2010 FIFA world cup champion team play. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 21-42. doi:10.1007/s11424-013-2291-2
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., e Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 222-227. doi:10.1055/s-2006-924294
- Duch, J., Waitzman, J. S., e Amaral, L. A. (2010). Quantifying the performance of individual players in a team activity. *PLoS One*, 5(6), e10937. doi:10.1371/journal.pone.0010937
- Fagiolo, G. (2007). Clustering in complex directed networks. *Physical Review E*, 76(2), 026107. doi:10.1103/PhysRevE.76.026107
- Ferguson, C. J. (2009). An effect size primer: A guide for clinicians and researchers. *Professional Psychology: Research and Practice*, 40(5), 532-538. doi:10.1037/a0015808
- Gréhaigne, J. F., Bouthier, D., e David, B. (1997). Dynamic-system analysis of opponent relationship in collective actions in football. *Journal of Sports Sciences*, 15(2), 137-149. doi:10.1080/026404197367416
- Grund, T. U. (2012). Network structure and team performance: The case of English Premier League soccer teams. *Social Networks*, 34(4), 682-690. doi:10.1016/j.socnet.2012.08.004
- James, N. (2006). Notational analysis in soccer: past, present and future. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(2), 67-81.
- Kalamaras, D. (2014). Social Networks Visualizer (SocNetV): Social network analysis and visualization software. *Social Networks Visualizer*. Homepage: <http://socnetv.sourceforge.net>.
- Lago-Peñas, C., & Dellal, A. (2010). Ball possession strategies in elite soccer according to the evolution of the match-score: the influence of situational variables. *Journal of Human Kinetics*, 25, 93-100. doi:10.2478/v10078-010-0036-z
- Lusher, D., Robins, G., e Kremer, P. (2010). The application of social network analysis to team sports. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 14(4), 211-224. doi:10.1080/1091367X.2010.495559
- Malta, P., e Travassos, B. (2014). Characterization of the defense-attack transition of a soccer team. *Motricidade*, 10(1), 27-37. doi:10.6063/motricidade.10(1).1544
- McGarry, T. (2005). Soccer as a Dynamical System: Some Theoretical Considerations. In T. Reilly, J. Cabri, e D. Araújo (Eds.), *Science and Football V* (pp. 570-579). London and New York: Routledge, Taylor & Francis.
- Opsahl, T., Agneessens, F., e Skvoretz, J. (2010). Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social Networks*, 32(3), 245-251. doi:10.1016/j.socnet.2010.03.006
- Passos, P., Davids, K., Araújo, D., Paz, N., Minguéns, J., e Mendes, J. (2011). Networks as a novel tool for studying team ball sports as complex social systems. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(2), 170-176. doi:10.1016/j.jsams.2010.10.459
- Pavlopoulos, G. A., Secrier, M., Moschopoulos, C. N., Soldatos, T. G., Kossida, S., Aerts, J., ... Bagos, P. G. (2011). Using graph theory to analyze biological networks. *BioData Mining*, 4(1), 10. doi:10.1186/1756-0381-4-10
- Peña, J. L., e Touchette, H. (2012). A network theory analysis of football strategies. In *arXiv preprint arXiv* (p. 1206.6904).
- Robinson, G., e O'Donoghue, P. (2007). A weighted kappa statistic for reliability testing in performance analysis of sport. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 12-19.
- Rubinov, M., e Sporns, O. (2010). Complex network measures of brain connectivity: uses and interpretations. *NeuroImage*, 52(3), 1059-1069. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.10.003
- Wasserman, S., e Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. New York: Cambridge University Press.
- Yamamoto, Y., e Yokoyama, K. (2011). Common and unique network dynamics in football games. *PLoS One*, 6(12), e29638. doi:10.1371/journal.pone.0029638.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelo projeto FCT Pest OE/EEI/LA0008/2013