

COMPORTAMENTO COLETIVO ADAPTATIVO DOS JOGADORES DA SELEÇÃO NACIONAL PORTUGUESA NO CAMPEONATO DA EUROPA DE FUTEBOL 2016

Micael Couceiro^{1,2}
Gonçalo Dias³
José Pedro Silva¹
Duarte Araújo¹

RESUMO

Objetivo: Nos desportos coletivos com bola, um dos aspetos centrais do treino desportivo que, embora em franca evolução, ainda necessita de investigação que o torne operacional para treinadores, é a análise tática rigorosa do desempenho competitivo. Este estudo teve como objetivo testar as propriedades de rede “de-generativa” da Seleção Nacional de Futebol, ou seja, quais os padrões de interação dos jogadores portugueses nos jogos do Campeonato da Europa de Futebol - Euro 2016. **Metodologia:** Foi implementada uma metodologia baseada em redes “de-gerativas”, operacionalizadas por digrafos ou grafos orientados. **Resultados:** Os resultados obtidos permitem concluir que a metodologia das redes facultada aos treinadores as principais tendências de funcionamento tático da equipa, e sua adaptabilidade ao adversário. **Conclusão:** Entre as várias aplicações práticas, este estudo permite determinar quem são os jogadores que mais interagem com os seus pares e os mais preponderantes na circulação da bola pela equipa, e de que modo este fluxo de interações está associado ao sucesso.

Palavras-chave: Futebol. Seleção Nacional Portuguesa. Interação. Redes. Degenerância. Adaptabilidade.

ABSTRACT

Objective: In collective sports, one of the key aspects of the training that, albeit still evolving, requires a higher degree of research to operationalize it for coaches, is the tactical analysis of competitive performance. This study had the objective to test the properties of “de-generative” networks of the Portugal national football team, i.e., to identify patterns of players’ interactions during the 2016 UEFA European Championship, commonly referred to as - Euro 2016. **Methodology:** A methodology based in “de-generative” networks was implemented, operationalized through digraphs (oriented graphs). **Results:** The obtained results allow to conclude that the proposed methodology provides the coach with an identification of the key trends of tactical analysis of the team and its adaptability to the opposing team. **Conclusion:** Within the multiple practical applications, this study allows to identify the players which interact the most with their peers and the most preponderant to keep the ball moving throughout the team, and how such flow of interactions is related with success.

Key words: Football. Portugal national football team. Interaction. Networks. De-generation. Adaptability.

1-CIPER, Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa, Dafundo, Portugal.

2-Ingeniarius, Lda., Coimbra, Portugal.

3-Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

INTRODUÇÃO

Os desportos coletivos com bola podem ser concebidos como sistemas dinâmicos complexos, compostos por vários elementos em interação (Passos e colaboradores, 2017).

Nesta perspectiva, é possível compreender como surgem e desaparecem padrões de movimento coordenado entre jogadores. Esta capacidade para criar e desfazer padrões coletivos é cientificamente importante, pois permite compreender a tática coletiva, uma vez que se obtém informação que não está disponível em cada uma das partes (jogadores).

Por outro lado, quando se conhecem os padrões táticos coletivos, pode-se compreender qual foi a contribuição de cada jogador (Araújo e colaboradores, 2015).

Uma abordagem complexa e dinâmica do jogo tem a vantagem de reconhecer a “flexibilidade” do comportamento tático coletivo, como acontece no futebol.

Os princípios desta abordagem permitem explicar como os mesmos resultados podem surgir através de diferentes padrões comportamentais. Uma das formas de operacionalizar como a equipa organiza os seus graus de liberdade, dados os constrangimentos específicos de cada jogo, são as redes “de-gerativas” (ou degenerativas) (Araújo e Davids, 2016).

A de-geração refere-se à possibilidade de componentes estruturalmente diferentes (p. ex., jogadores) realizarem funções semelhantes na equipa (Seifert e colaboradores, 2016).

Portanto, apesar de alguns componentes poderem realizar independentemente uma dada função, outros componentes estão disponíveis para ajustamentos, permitindo alternância entre estes.

Nesta perspectiva, a flexibilidade não é uma perda de estabilidade, mas antes uma expressão de adaptabilidade, de modo a facilitar mudanças nos padrões de coordenação e ao mesmo tempo manter o desempenho funcional (Seifert e colaboradores, 2016).

O desempenho coletivo no futebol assenta na conexão (interação) contínua entre jogadores (Araújo e colaboradores, 2015). Um elemento comum das redes degenerativas é

que cada dois nós (ou jogadores) podem tornar-se conectados. Alguns estudos com redes noutros contextos que não o desporto, revelaram que a distribuição das conexões por nó é invariante ao longo de diferentes escalas (Barabási e Albert, 1999), o que indica que a de-geração pode ser quantificada pelas diferentes métricas de uma rede, ou melhor de um grafo. Uma vez que os nós representam os jogadores, as ligações entre eles são ponderadas de acordo com o número de passes entre jogadores (Passos e colaboradores, 2011), permitindo que se identifique os jogadores com papéis mais importantes no jogo (centralidade).

Deste modo é também possível identificar padrões táticos individuais e coletivos das equipas (Gyarmati e colaboradores, 2014) e a quantificação da contribuição de cada jogador para a performance da equipa (Duch e colaboradores, 2010).

Este estudo teve como objetivo analisar o comportamento tático, teorizado como rede degenerativa operacionalizada por (di)grafos, e captado pela forma como os jogadores da seleção portuguesa interagiram nos jogos realizados no Campeonato da Europa de Futebol (Euro 2016).

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Foram analisados a totalidade de jogos (sete) do Euro 2016 em que, o vencedor do campeonato, a seleção portuguesa, participou. Os dados utilizados para a computação dos digrafos foram obtidos diretamente a partir da matriz de passes disponibilizada no site da União das Federações Europeias de Futebol¹ (UEFA), para cada jogo sob a designação “Team/Players passing distribution”.

Procedimentos

Foram utilizados dígrafos para interpretar o desempenho da seleção nacional. Para o efeito, desenvolveu-se um conjunto de rotinas em *MatLab* pela função *digraph* e com as métricas descritas em Couceiro e

¹ <http://www.uefa.com/uefaeuro/season=2016/matches/index.html#md/7>

colaboradores (2013) para calcular as variáveis deste estudo.

Um dígrafo consiste num grafo orientado, sendo que, contrariamente ao grafo tradicional não orientado, provém de uma matriz de adjacência M que pode não ser simétrica. O dígrafo é composto por dois elementos fundamentais: o nó e a aresta.

Neste estudo, um nó corresponde a um jogador, enquanto que a aresta corresponde à interação entre pares de jogadores. As interações entre jogadores foram quantificadas através de passes (incluindo lançamentos, cortes de cabeça, cantos e cruzamentos) (Passos e colaboradores, 2011).

As interações existentes num jogo de futebol são de natureza cumulativa. Assim, recorrem-se aos dígrafos com pesos, em que os elementos da matriz de adjacência M são representados pela quantidade de passes entre jogadores. Definimos assim a matriz de adjacência M^δ , em que $\delta = \{A, B\}$ identifica cada uma das duas equipas no campo, da seguinte forma:

$$M^\delta = \begin{bmatrix} m_{11}^\delta & \cdots & m_{1N^\delta}^\delta \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{N^\delta 1}^\delta & \cdots & m_{N^\delta N^\delta}^\delta \end{bmatrix}, \delta = \{A, B\} \quad (1)$$

em que N^δ corresponde ao número total de jogadores da equipa δ que acabam por entrar em campo durante o jogo (incluindo substituições). No presente caso, jogaram entre 13 e 14 jogadores de ambas as equipas por jogo.

Os índices de cada elemento da matriz M^δ , aqui representados genericamente por m_{ij}^δ correspondem, respetivamente, aos passes realizados pelo jogador i para o jogador j , sendo que, para $i = j$ (i.e., diagonal da matriz), este valor é zero (0). A matriz de adjacência M^δ representada na equação (1) foi preenchida pelos dados de cada relatório de jogo "Team/Players passing distribution" da UEFA com duas tabelas/matrices, permitindo que se computassem dois dígrafos de cada jogo (um por equipa).

A título de exemplo, a Figura 1 ilustra um dígrafo formado por 3 jogadores. Uma informação visual importante dos dígrafos incide na largura (peso) das arestas que interligam os diversos nós, sendo esta

diretamente proporcional ao número de passes realizados entre pares de jogadores.

Assim, na Figura 1, constata-se que, apesar do jogador 1 efetuar passes para mais jogadores, o jogador 3 acaba por efetuar uma maior quantidade de passes para o jogador 1, indicando diferentes níveis de cooperação inter-jogadores.

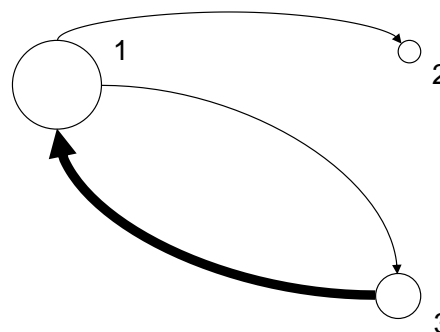


Figura 1 - Exemplo ilustrativo de um dígrafo formado por 3 jogadores.

Nível de cooperação inter-jogadores

O nível de cooperação pode ser quantificado pelo número de jogadores com quem um dado jogador interage ao longo de um jogo, sendo designado por grau de saída ou outdegree. O outdegree num dígrafo corresponde ao número de arestas que saem de um nó para outros nós da mesma rede.

A Figura 1 ilustra também como o nível de cooperação entre três jogadores pode ser visualmente aferido. O nó que representa o jogador 1 é duas vezes maior do que o nó que representa o jogador 3 dado que efetua passes para ambos os colegas de equipa, enquanto que o jogador 3 apenas efetua passes para um dos jogadores.

Exatidão dos passes

O relatório "Team/Players passing distribution" da UEFA apresenta a exatidão dos passes realizados por cada jogador. Este valor percentual reflete o sucesso dos passes realizados por determinado jogador, sendo que, por exemplo, um jogador com uma exatidão de 50% significa que conseguiu concretizar metade dos passes realizados com sucesso.

Neste sentido, foi concebido uma rotina que modifica a cor de cada nó (jogador), seguindo a norma de cores quentes para

cores frias. A Figura 2 ilustra que apesar do jogador 1 acabar por interagir com ambos os colegas o seu sucesso na concretização dos passes é inferior ao do jogador 3. Por outro lado, o jogador 2, não realizando nenhum passe, foi identificado por um nó com a tonalidade mais clara.

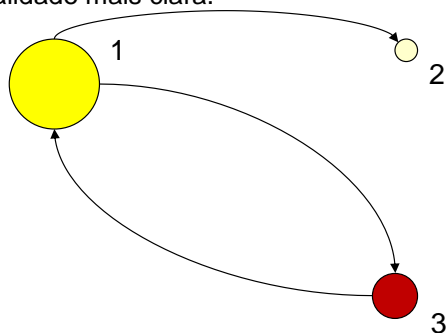


Figura 2 - Exemplo ilustrativo do nível de cooperação entre jogadores.

Conectividade inter-jogadores

A conectividade (ou grau) de determinado jogador foi avaliada quanto aos passes recebidos e efetuados (Horvath, 2011). Considerando que as ações de receber e efetuar passes são igualmente importantes, optou-se por realizar a soma da triangular inferior e superior da matriz de adjacência M^δ , obtendo, para as interações entre o jogador i e j da equipa δ , um peso r_{ij}^δ que agrega ambas as componentes, i.e., $r_{ij}^\delta = m_{ij}^\delta + m_{ji}^\delta$. Perante isto, calculou-se a conectividade de determinado jogador i na sua equipa através da seguinte equação:

$$k_i^\delta = \sum_{j \neq i} r_{ij}^\delta \quad (2)$$

de tal forma que $k^\delta = [k_i^\delta] \in \mathbb{R}^{1 \times N^\delta}$ é o vetor de conectividade da equipa δ . Por outro lado, é possível definir a conectividade relativa de determinado jogador i da equipa δ , conhecida como conectividade dimensionada s_i^δ , dividindo k_i^δ pelo maior elemento do vetor k^δ :

$$s_i^\delta = \frac{k_i^\delta}{\max_i k_i^\delta} \quad (3)$$

sendo que $s^\delta = [s_i^\delta] \in \mathbb{R}^{1 \times N^\delta}$ é o vetor de conectividade dimensionada da equipa δ . No

contexto do futebol, esta conectividade dimensionada representa o nível de interação entre jogadores, sendo que quando s_i^δ tende para 1 indica que o jogador i interage mais com os restantes colegas de equipa.

No entanto, um jogador pode apresentar um alto nível de conectividade e, ainda assim, essa conectividade não ser partilhada pelos seus colegas de equipa. Por outras palavras, apesar de um jogador poder passar e receber um número elevado de passes, os jogadores a quem passa a bola ou que a passam a este jogador podem não interagir entre si. Para quantificar este fenómeno, recorre-se ao coeficiente de agrupamento, que mede o grau de interconectividade entre os jogadores da equipa δ que interagem diretamente com o jogador i :

$$c_i^\delta = \frac{\sum_{j \neq i} \sum_{l \neq i, j} r_{ij}^\delta r_{il}^\delta r_{kj}^\delta}{(\sum_{j \neq i} r_{ij}^\delta)^2 - \sum_{j \neq i} (r_{ij}^\delta)^2} \quad (4)$$

sendo $c^\delta = [c_i^\delta] \in \mathbb{R}^{1 \times N^\delta}$ o vetor de coeficientes de agrupamento da equipa δ .

Essa métrica expressa uma quantidade de densidade local, sendo que, quanto mais elevada, mais os elementos da equipa com os quais o jogador i colabora, colaboram entre si.

Com vista a abranger tanto o nível de colaboração direto (conectividade dimensionada) como o nível de colaboração indireto (coeficiente de agrupamento), calculou-se uma medida de ponderação que define a conectividade global do jogador i da equipa δ :

$$g_i^\delta = \rho_s s_i^\delta + \rho_c c_i^\delta \quad (5)$$

em que $\rho_s = \rho_c = 0.5$, de tal modo que $g^\delta = [g_i^\delta] \in \mathbb{R}^{1 \times N^\delta}$ é o vetor de avaliação global da equipa δ . O jogador de determinada equipa δ que apresentar a conectividade mais elevada é denominado de centroide

Nível de cooperação da equipa

Ao nível das medidas da equipa como um todo, medimos a densidade da rede D^δ , ou seja, o nível de cooperação global da equipa δ , tal como indicado na equação 6:

$$D^\delta = \sqrt{\frac{\sum k_i^\delta}{N^\delta(N^\delta - 1)^2}} \quad (6)$$

Quanto mais a densidade tender para um, mais os jogadores da equipa colaboram uns com os outros.

Outra medida de conectividade da equipa é a heterogeneidade H^δ , refletindo a variação entre a conectividade dos jogadores, sendo definida como:

$$H^\delta = \sqrt{\frac{N^\delta \sum (k_i^\delta)^2 - (\sum k_i^\delta)^2}{(\sum k_i^\delta)^2}} \quad (7)$$

Uma heterogeneidade elevada implica que a equipa exibe um elevado nível de agrupamentos, com uma menor ligação entre agrupamentos.

Uma nota final, para enfatizar que as funções matemáticas que acabámos de descrever estão subjacentes às figuras presentes na secção de resultados². Devido ao limite de caracteres deste artigo e para evitar redundância com as figuras, os valores são apresentados apenas quando estritamente necessários. Uma vez que este estudo incide num campeonato particular (EURO 2016), as figuras são analisadas por inspeção visual, suportada pelas métricas apresentadas, sendo esta uma das aplicações mais relevantes do presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados refletem a evolução do Euro 2016, iniciando-se pela fase de grupos, seguida dos jogos a eliminar (Finais). A terminar esta secção, faremos uma análise global do desempenho da seleção nacional, enquanto rede degenerativa.

Fase de grupos

Ao longo dos três jogos da fase de grupos (Figura 3), puderam-se constatar as variações aos fluxos de passes a equipa portuguesa (a vermelho).

A Figura 3 mostra o grande volume de interações entre os jogadores, principalmente entre os elementos da defesa e os médios-centro, e um maior outdegree (maior dimensão dos nós portugueses).

Em contraste, as redes dos adversários apresentam menos ligações, nós mais pequenos, e menor exatidão de passes. Portugal efetuou maior número de passes, incluindo para os jogadores mais avançados. As redes mostram também particularidades na forma como os jogadores interagiram. Por exemplo, nas redes da Islândia e Áustria, há ligações muito fortes diretamente entre os elementos da defesa e os avançados, contrastando com a de Portugal, onde os jogadores do meio-campo apresentam robustas ligações para os colegas.

Finais

As redes portuguesas nos quatro jogos a eliminar (Figura 4) expressaram características divergentes das encontradas na fase de grupos, como por exemplo um menor número de ligações entre os jogadores.

Na Figura 4, as redes dos adversários de Portugal, e em contraste com os adversários da fase de grupos, apresentam maior densidade, maior número de ligações, maior outdegree e a cor dos nós tende a ser mais avermelhada (maior colaboração entre jogadores). Quanto à forma flexível da rede, Portugal jogou, sobretudo, pelo lado esquerdo com fortes ligações a partirem de e para a defesa esquerda (Raphael Guerreiro ou Eliseu).

Todavia, na Figura 4b, a forma da rede é distinta dos restantes jogos, verificando-se a ausência de ligações entre as defesas Pepe, José Fonte e Cédric, e a existência de uma ligação entre Rui Patrício e Cristiano Ronaldo. As redes adversárias também diferem das encontradas nas fases de grupo, apresentando as ligações mais fortes entre os elementos da defesa e o meio-campo, no entanto, houve poucas ligações com os elementos mais avançados. Estas formas de rede podem indicar a possibilidade de os adversários passarem a bola entre os jogadores mais recuados, encontrando dificuldades em passar para os avançados (p. ex., Figura 4d).

² As figuras relativas aos sete jogos da equipa portuguesa no Euro 2016 já foram exibidas à data desse campeonato, a título descritivo, ao longo de sete edições do jornal diário português "Público".

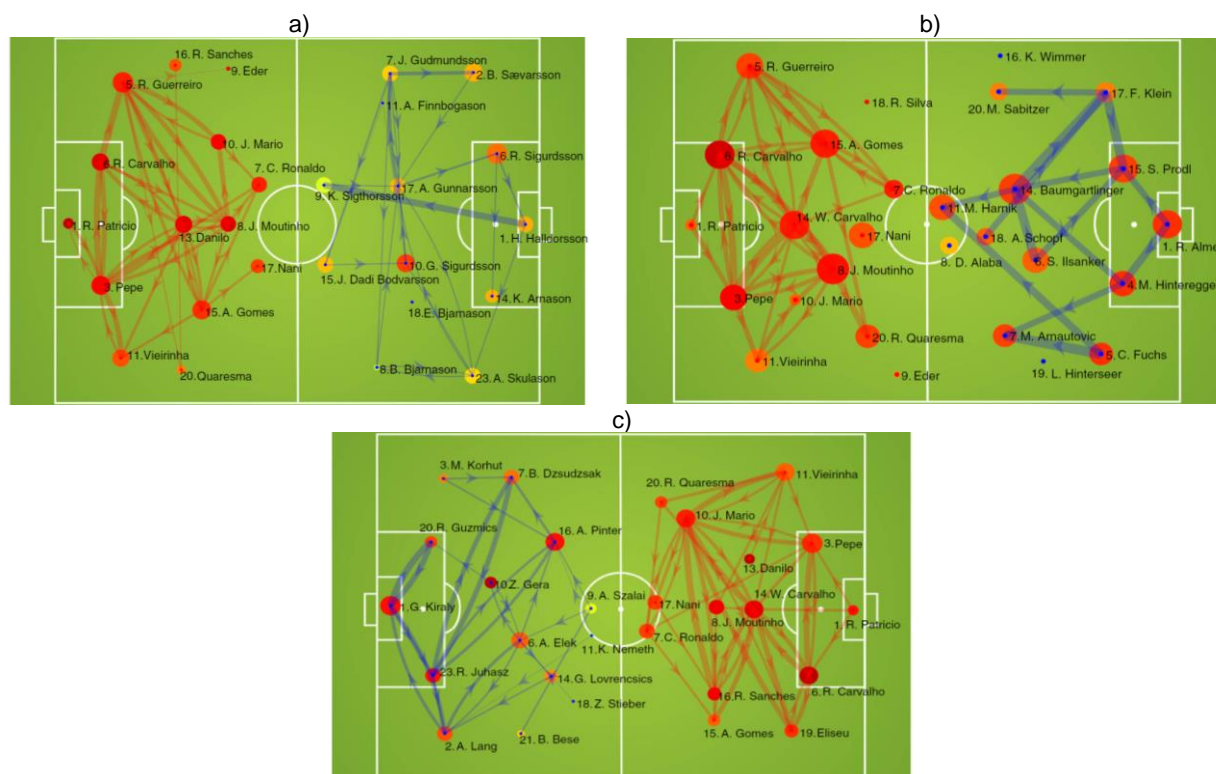


Figura 3 - Fase de grupos. a) Portugal vs. Islândia [1-1]; b) Portugal vs. Áustria [0-0]; c) Hungria vs. Portugal [3-3].

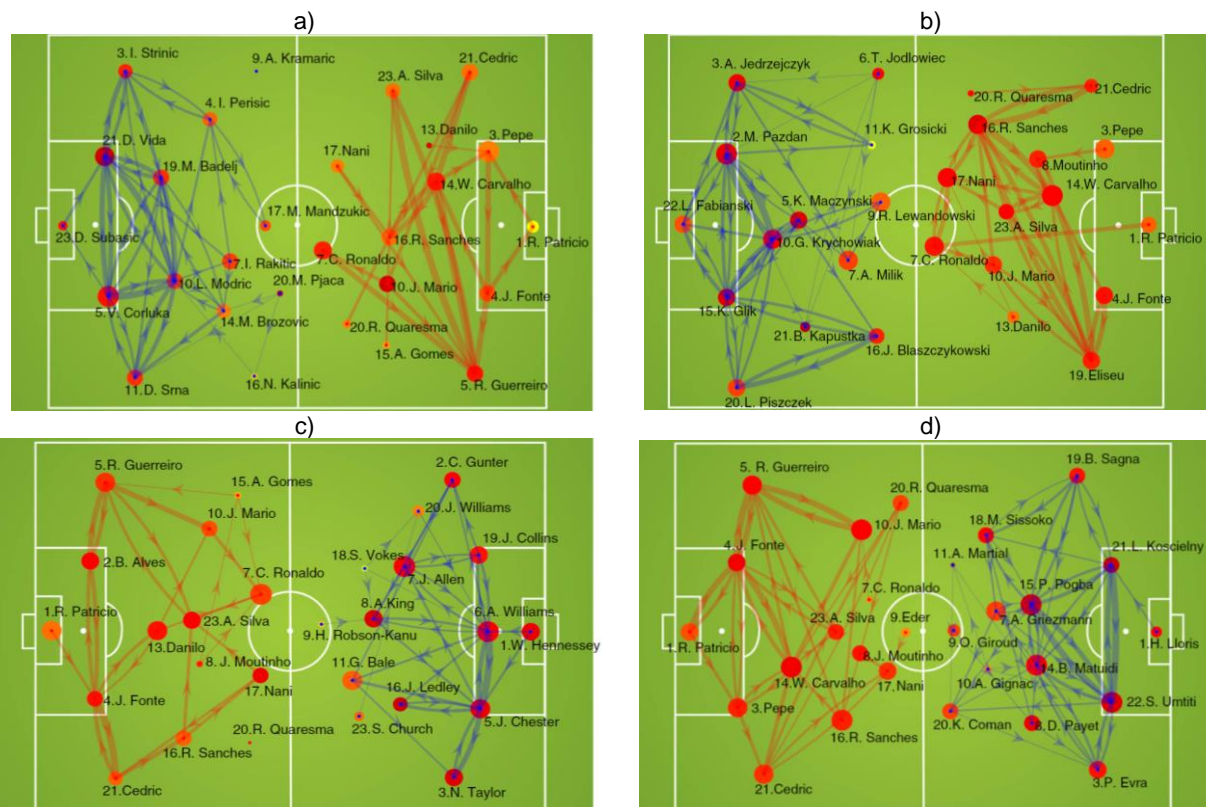


Figura 4 - Fases finais. a) Croácia vs. Portugal [0-1] (oitavas-de-final); b) Polónia vs. Portugal [1-1] (quartas-de-final); c) Portugal vs. País de Gales [2-0] (meias-finais); d) Portugal vs. França [1-0] (final).

A equipa portuguesa enquanto rede degenerativa

Com base nos dígrafos anteriores, a Tabela 1 apresenta as medidas de densidade, heterogeneidade e o jogador centroide em todos os jogos da seleção nacional no Euro 2016.

Na Tabela 1 verifica-se que os jogadores centroides da seleção nacional, à exceção do R. Sanches, foram variando ao longo dos diversos jogos. E foram sobretudo jogadores do meio-campo, exceção a Raphael Guerreiro. Nas equipas adversárias, por outro lado, os jogadores centroides foram predominantemente defesas centrais (com 3 exceções). Os jogadores centroides portugueses apresentaram um elevado nível de cooperação e conectividade com os seus pares, tendo um papel importante na

orquestração da dinâmica coletiva em cada um desses jogos. Sendo estes jogadores diferentes de jogo para jogo, a rede portuguesa faz supor uma flexibilidade característica das redes degenerativas. A reforçar esta ideia surge a diminuição da heterogeneidade da fase de grupos para as fases finais, mantendo-se Portugal mais homogéneo que os adversários.

A densidade da equipa portuguesa tende a ser superior à dos adversários na fase de grupos (MPtGrupos = 0.1158, MAdvGrupos = 0.0796), mas inferior à dos adversários nas fases finais (MPtFinais = 0.1131, MAdvFinais = 0.1290). Este resultado permite inferir que mais que o volume de passes, é a sua fluidez entre todos os jogadores que parece estar associada a um desempenho bem-sucedido da equipa portuguesa.

Tabela 1 - Densidade, heterogeneidade e jogador centroide da seleção portuguesa no Euro 2016.

	Portugal	Adversário
Portugal vs. Islândia	$D^A = 0.12433$	$D^B = 0.071955$
Fase de grupos	$H^A = 0.60895$	$H^B = 0.72024$
Resultado: 1-1	Centroide: 13. Danilo	Centroide: 17. A. Gunnarsson
Portugal vs. Áustria	$D^A = 0.11153$	$D^B = 0.085827$
Fase de grupos	$H^A = 0.68062$	$H^B = 0.53952$
Resultado: 0-0	Centroide: 14. W. Carvalho	Centroide: 14. Baumgartlinger
Hungria vs. Portugal	$D^A = 0.11153$	$D^B = 0.081125$
Fase de grupos	$H^A = 0.52367$	$H^B = 0.5597$
Resultado: 3-3	Centroide: 16. R. Sanches	Centroide: 23. R. Juhasz
Croácia vs. Portugal	$D^A = 0.10338$	$D^B = 0.13548$
Oitavos-de-final	$H^A = 0.46573$	$H^B = 0.79354$
Resultado: 0-1	Centroide: 10. J. Mário	Centroide: 10. L. Modric
Polónia vs. Portugal	$D^A = 0.11733$	$D^B = 0.14476$
Quartos-de-final	$H^A = 0.55743$	$H^B = 0.64125$
Resultado: 1(3)-1(5)	Centroide: 16. R. Sanches	Centroide: 10. G. Krychowiak
Portugal vs. País de Gales	$D^A = 0.09485$	$D^B = 0.11525$
Meias-finais	$H^A = 0.59323$	$H^B = 0.74784$
Resultado: 2-0	Centroide: 23. A. Silva	Centroide: 6. A. Williams
Portugal vs. França	$D^A = 0.11656$	$D^B = 0.14094$
Final	$H^A = 0.52583$	$H^B = 0.7732$
Resultado: 1-0	Centroide: 5. R. Guerreiro	Centroide: 22. S. Umtiti

CONCLUSÃO

As redes de interação entre jogadores permitem identificar, por inspeção visual, as propriedades de rede degenerativa de uma determinada equipa e mapear os padrões de interação dos jogadores.

A metodologia e variáveis apresentadas permitem que investigadores e

treinadores diagnostiquem o funcionamento tático da equipa, monitorizando a sua evolução ao longo do processo de treino e competição. Permitem também testar os atuais princípios do treino tático individual e coletivo no Futebol, através de mensurações replicáveis.

Este estudo revela a possibilidade de um treinador poder quantificar as principais tendências de funcionamento tático da sua

equipa e das equipas adversárias. Ainda outra das aplicações práticas deste estudo é a de determinar quem são os jogadores que mais interagem com os seus pares e os mais preponderantes no fluxo de passes da equipa e sua associação com o resultado do jogo.

Este tipo de informação permite ter critérios para a concepção e monitorização de exercícios de treino, especificamente orientados para melhoria do funcionamento tático.

REFERÊNCIAS

1-Araújo, D.; Davids, K. Team synergies in sport: Theory and measures. *Frontiers in Psychology*. Vol. 7. p. 1449. 2016.

2-Araújo, D.; Silva, P.; Davids, K. Capturing group tactical behaviors in expert team players. In *Routledge Handbook of Sport Expertise*. Eds. J. Baker; D. Farrow. (London: Routledge). p. 209-220. 2015.

3-Barabási, A.L.; Albert, R. Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*. Vol. 286. Num. 5439. p. 509-512. 1999.

4-Couceiro, M.; Clemente, F.; Martins, F. Toward the Evaluation of Research Groups based on Scientific Co-authorship Networks: the Robocorp Case Study. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*. Vol. 31. Num. 1. p. 36-52. 2013.

5-Duch, J.; Waitzman, J.S.; Amaral, L.A.N. Quantifying the performance of individual players in a team activity. *PLoS ONE*. 2010. Vol. 5. Num. 6. e10937.

6-Gyarmati, L.; Kwak, H.; Rodriguez, P. Searching for a Unique Style in Soccer. In *Proc. 2014 KDD Workshop on Large-Scale Sports Analytics*. arXiv: 1409.0308. 2014.

7-Horvath, S. *Weighted network analysis: applications in genomics and systems biology*. Springer: London, UK. 2011.

8-Passos, P.; Araújo, D.; Volossovitch, A. *Performance Analysis in Team Sports*. London. Routledge. 2017.

9-Passos, P.; Davids, K.; Araújo, D.; Paz, N.; Minguéns, J.; Mendes, J. Network as a novel

tool for studying team ball sports as complex social system. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 14. Num. 2. p. 170-176. 2011.

10-Seifert, L.; Komar, J.; Araújo, D.; Davids, K. Neurobiological degeneracy: A key property for functional adaptations of perception and action to constraints. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. Vol. 69. p.159-165. 2016.

Recebido para publicação em 15/12/2017

Aceito em 21/01/2018