

HENRIQUE BUENO AMÉRICO

**FUTEBOL COMO SISTEMA DINÂMICO: IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES
EMERGENTES DE INTERAÇÕES QUE CONDICIONAM O RESULTADO DAS
OPORTUNIDADES DE GOL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Educação Física, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL

2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A512f
2018

Américo, Henrique Bueno, 1992-

Futebol como sistema dinâmico : identificação de padrões emergentes de interações que condicionam o resultado das oportunidades de gol / Henrique Bueno Américo. – Viçosa, MG, 2018.

xiv, 79 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Israel Teoldo da Costa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Futebol. 2. Jogadores de futebol. 3. Times de futebol.
4. Sistemas dinâmicos diferenciais. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. II. Título.

CDD 22. ed. 796.334

HENRIQUE BUENO AMÉRICO

**FUTEBOL COMO SISTEMA DINÂMICO: IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES
EMERGENTES DE INTERAÇÕES QUE CONDICIONAM O RESULTADO
DAS OPORTUNIDADES DE GOL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Educação Física, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 20 de julho de 2018.



Próspero Brum Paoli



Alexandre Santos Brandão



Thales Nicolau Primola Gomes
(Presidente)

Dedico à minha família, pelo apoio e por me ensinarem os
valores e princípios da vida

A Isabela, minha companheira em todos os momentos
dessa trajetória

A meus amigos, por tornarem a caminhada mais tranquila,
proporcionando bons momentos durante o processo

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

(Marthin Luther King)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e condições necessária para conseguir alcançar meus objetivos.

A meus pais Jose Geraldo e Magy Gomes, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem no meu potencial. Agradeço todo o esforço que fazem para que nunca nos falte nada, nos deixando tranquilos e focados em fazer o nosso melhor.

Ao meu irmão Guilherme Bueno, por ser um exemplo e parceiro durante toda minha vida. Agradeço por ter facilitado minha caminhada em Viçosa, deixando a melhor das impressões. Ser irmão do Cabeça fez com que todos esperassem coisas boas de mim.

A minha sobrinha e afilhada Luísa, por ter chegado durante esse processo trazendo uma luz e espalhando alegria para todos os lados.

A Isabela Sant'anna, pelo amor, companheirismo e por dividir todos os momentos, estando sempre ao meu lado. Sua companhia foi fundamental, pois foi a pessoa que sempre me deu força quando parecia que algo não iria dar certo. Sem você, não teria chegado até aqui com a mesma qualidade.

A minha família, pelo amor e por entender os diversos momentos de ausência devido as obrigações institucionais e agora profissionais. Todos os momentos com vocês, me fortalecia para continuar seguindo em frente.

Ao meu orientador, Professor Israel Teoldo, por ter mostrado os caminhos e fazer com que a gente cresça não só profissionalmente, mas também como pessoa. A sua chegada em Viçosa no ano em que eu era calouro foi uma grata coincidência em que eu pude aprender e crescer muito desde o primeiro ano da faculdade.

Ao Rodrigo Santos, pela amizade e por ter me feito acreditar que esse era o melhor caminho, mesmo sabendo que seria o mais difícil. É uma das pessoas mais honestas que conheci e me fez pensar muito além da ciência. Onde quer que eu chegue, terá um pouco da sua contribuição no processo.

Ao professor Alexandre Brandão, que mesmo sendo de outro departamento, me disponibilizou uma das coisas que temos de mais valioso, o tempo. Sem a sua contribuição na atualização do software, seria impossível realizar esse trabalho.

Ao Professor Cosme Damião, pela atenção e disponibilidade em ajudar, mesmo sem esperar nada de contrapartida. É um exemplo para quem quer trabalhar com pesquisa.

Ao professor Luís Vilar, por dedicar parte do seu corrido tempo para contribuir na construção do trabalho, mesmo sem me conhecer.

Ao Lucas Mantovani, pela amizade e pela ajuda nas análises dos dados. Seu esforço e disponibilidade nos momentos mais difíceis foram essenciais para execução do trabalho.

Ao Bernardo Gomides, pela ajuda nas análises e por conseguir solucionar qualquer problema inesperado que aparecia. Sem sua ajuda não teria conseguido realizar tudo que foi feito.

Aos amigos Éder Gonçalves e Maickel Padilha, pela excelente recepção no período em que estive na Europa.

Ao Guilherme Machado, pela amizade e parceria desde o primeiro ano de faculdade. Apreendi muito dividindo diferentes ambientes com você ao longo desses anos.

Ao Felipe Dambroz pela amizade e companheirismo ao longo desses anos.

Ao Felipe Moniz, pelos conselhos e por tornar os dias mais prazerosos com sua alegria.

Ao Fábio Moraes, que apesar do pouco tempo juntos, foi um período muito intenso compartilhando ambientes de trabalho, lazer e do dia a dia na república, provando que amizade não precisa de muito tempo para ser construída.

Ao Marcos Paulo, por estar sempre disposto a ajudar no que for preciso e por ajudar a desenvolver os trabalhos do laboratório de análise de desempenho.

Ao Caíto Kunrath, pela amizade. Com você aprendi a preocupar mais com o lado humano das pessoas.

Aos demais amigos do Núcleo de Pesquisa e Estudos em Futebol – NUPEF, por tornar os dias de trabalho mais prazerosos e por estarem sempre prontos a ajudar.

A todos os outros professores que contribuíram de alguma forma na minha formação. Em especial ao João Bouzas e Prospero Paoli por sempre me incentivarem a buscar a aplicação do conhecimento.

Aos Funcionários do Departamento de Educação Física. Em especial o Dico, José Francisco, Baião, Ritinha, Luiz, Bernardo e Maísa, que sempre estavam dispostos a ajudar, sem esperar nada em troca.

Aos funcionários da cantina do PVB. Os momentos de descanso e descontração ali foram importantes para melhor rendimento no dia a dia.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de estudar na melhor Universidade Federal do país.

Ao Viçosa Esporte e Lazer - VEL, por proporcionar minha primeira experiência em trabalhar com futebol.

Ao EFIGADO FORTE, um verdadeiro time de amigos. A filosofia de vida desse time é algo para se levar nos diferentes ambientes que estaremos inseridos ao longo da vida.

Ao time de futebol da LUBE, por ser essa família que está sempre unida nos treinos, jogos e campeonatos. O dia a dia com vocês me fez crescer profissionalmente, além de realizar o sonho de jogar futebol. Liderar um grupo desse por anos foi uma experiência que levarei na minha profissão.

Aos meus amigos das Repúblicas Uzmaia, Sub-Solo e Atecubanos, pelo ótimo convívio dentro de casa, proporcionando diversos momentos de farras, brincadeiras e apoio, quando necessário.

A meus amigos de Timóteo, em especial João Paulo, Ramon, Luciano e Matheus, que apesar da distância a amizade segue a mesma.

Ao Marcelo Lima, por ter aberto as portas e acreditado no meu potencial para trabalhar em um grande clube, mesmo eu ainda estando no final do processo do mestrado na Universidade.

Ao Esporte Clube Bahia, por me proporcionar a oportunidade de trabalhar em um grande clube do Brasil, já no meu primeiro emprego.

A todos os funcionários do E. C. Bahia, pela excelente recepção, me deixando tranquilo para concluir o trabalho nessa reta final.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT.....	xiii
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	1
INTRODUÇÃO GERAL.....	2
1. Futebol como sistema dinâmico	2
2. Níveis de interações dos sistemas dinâmicos no futebol	4
3. Criação de oportunidade de gol.....	5
4. Justificativa e relevância do estudo	6
5. Objetivos do estudo	8
Estudo 1	9
Estudo 2	36
Estudo 3	53
DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	74

LISTA DE TABELAS**ESTUDO 1**

Tabela 1. Estudos exploratórios que realizaram análise das interações diádicas (1 vs. 1)....	18
Tabela 2: Estudos exploratório que realizaram análise das interações nos sub-grupos (vários vs. vários).....	19
Tabela 3: Estudos exploratório que realizaram análise das interações das equipes (11 vs. 11)	23

ESTUDO 2

Tabela 1. Média e desvio padrão das métricas diádicas (distância interpessoal do atacante para o defensor; distância do atacante para o centro da baliza; distância relativa do atacante e defensor mais próximo para o centro da baliza; ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza) nos quatro momentos (recepção do assistente (M1); assistência (M2); recepção do finalizador (M3); remate (M4)) dos diferentes resultados das oportunidades de gol (gol; defesa do goleiro/trave; interceptação de um defensor).....	44
--	----

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO 1

Figura 1: Fluxograma do processo de busca dos artigos.	16
Figura 2: Frequência de publicações por ano que analisaram o futebol como sistema dinâmico.	17

ESTUDO 2

Figura 1 Ilustração das diferentes métricas diádicas analisadas no estudo. Figura 1A – Distância interpessoal (a) entre o atacante (At) e o defensor mais próximo (Def). Figura 1B – Distância (b) do atacante (At) para o centro da baliza. Figura 1C – Distância relativa para o gol identificada pela diferença entre a distância do atacante (At) para o centro da baliza (d) e a distância do defensor mais próximo (Def) para o centro da baliza (c). Figura 1D – ângulo (e) formado do defensor mais próximo (Def) para o atacante (At) e o centro da baliza.	42
Figura 2. Comparação das métricas diádicas (distância interpessoal do atacante para o defensor; distância do atacante para o centro da baliza; distância relativa do atacante e defensor para o centro da baliza; ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza) entre os momentos em que o assistente recebe a bola e realiza a assistência; e entre os diferentes resultados das oportunidades de gol (gol; defesa do goleiro/trave; interceptação de um defensor).	45
Figura 3. Comparação das métricas diádicas (distância interpessoal do atacante para o defensor; distância do atacante para o centro da baliza; distância relativa do atacante e defensor para o centro da baliza; ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza) entre os momentos em que o jogador que realizou o remate recebe a bola e o momento do remate; e entre os diferentes resultados das oportunidades de gol (gol; defesa do goleiro/trave; interceptação de um defensor).	47

ESTUDO 3

Figura 1 Exemplo do espaço de jogo efetivo (Reproduzido de Gréhaigne, Mahut, Fernandez, 2001).	56
Figura 2. Exemplo do campo de futebol com os 20 jogadores de linhas dentro das subáreas do espaço de jogo efetivo (Reproduzido de Vilar, Araujo, Davids e Bar-Yam, 2013).	59
Figura 3. Comparação da média da frequência de jogadores das equipes que estavam atacando e defendendo em cada subárea do espaço de jogo efetivo entre cada um dos quatro momentos selecionados nas sequências ofensivas terminadas em gol.	61
Figura 4. Comparação da média da frequência de jogadores das equipes que estavam atacando e defendendo em cada subárea do espaço de jogo efetivo entre cada um dos quatro momentos selecionados nas sequências ofensivas terminadas em defesa do goleiro/trave.	62
Figura 5. Comparação da média da frequência de jogadores das equipes que estavam atacando e defendendo em cada subárea do espaço de jogo efetivo entre cada um dos quatro momentos selecionados nas sequências ofensivas terminadas em remate interceptado por um defensor.	63

Figura 6. Incerteza da relação numérica das equipes nas sequências ofensivas terminadas em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor nas diferentes subáreas do espaço de jogo efetivo. O eixo x apresenta a oposição das subáreas das equipes que estavam atacando e as que estavam defendendo, respectivamente: Defensiva direita (DD) x ofensiva esquerda (OE); Defensiva central (DC) x ofensiva central (OC); Defensiva esquerda (DE) x ofensiva direita (OD); Meio central (MC) x meio central (MC); Ofensiva direita (OD) x defensiva esquerda (DE); Ofensiva central (OC) x defensiva central; Ofensiva esquerda (OE) x defensiva direita (DD).....	64
Figura 7. Exemplo da relação numérica e da localização das diferentes subáreas do espaço de jogo efetivo.	64

RESUMO

AMÉRICO, Henrique Bueno, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Futebol como sistema dinâmico: identificação de padrões emergentes de interações que condicionam o resultado das oportunidades de gol.** Orientador: Israel Teoldo da Costa.

O objetivo do presente trabalho foi verificar se, e como, o(s) padrão(ões) de comportamento das equipes condicionam o resultado das oportunidades de gol no futebol, a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos. O documento está estruturado em três artigos científicos. O primeiro artigo teve como objetivo analisar e organizar de forma sistemática os artigos exploratórios que analisaram o futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos, nas diferentes escalas de análise (díades, sub-grupos e equipes). Foi realizada uma revisão sistemática seguindo as diretrizes do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), utilizando a seguinte combinação de palavras-chave, com operadores lógicos booleanos correspondentes: (soccer OR football) AND ("Dynamic system" OR "Dynamic systems" OR "dynamical system" OR "dynamical systems" OR "ecological dynamics"). A busca foi realizada em três bases de dados (*Web of Knowledge*, SCOPUS e EBSCO). Os resultados foram organizados de acordo com a escala de interação (díade, sub-grupo ou equipe) utilizada para análise. Análise das relações diádicas foram as menos exploradas e apontam informações a nível micro que podem alterar a organização no macro. As análises dos sub-grupos foram as mais frequentes e todas foram realizadas em experimentos controlados da relação grupal dos jogadores. O jogo formal (11 vs. 11) apresentou maior diversidade de variáveis analisadas e apresentaram informações do contexto real do jogo de futebol. O segundo e terceiro artigo, tratam de estudos empíricos que buscaram identificar padrões de comportamentos nas escalas micro e macro no futebol. Em ambos, a amostra foi composta por 506 sequências ofensivas finalizadas em gol (92), defesa do goleiro/trave (249) e interceptação do defensor (165) na Copa do Mundo FIFA[®] 2014. As análises foram realizadas em quatro momentos específicos de cada sequência ofensiva: (M1) momento em que o jogador que realizou a assistência recebeu a bola; (M2) momento em que esse jogador realizou a assistência; (M3) momento em que o jogador que rematou recebeu a bola; (M4) momento em que o jogador realizou o remate. O objetivo

do segundo foi identificar o padrão das relações diádicas do atacante com o defensor mais próximo em sequências ofensivas terminadas em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor. Para isso, em cada um dos quatro momentos, calculou-se a distância interpessoal do atacante e o defensor mais próximo; distância do atacante para o centro da baliza; distância relativa do atacante e do defensor para o centro do gol; e ângulo do defensor para o atacante e o centro da baliza para cada um dos três resultados de oportunidade de gol (gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor). As métricas foram comparadas através de análise de efeitos principais simples (2 momentos x 3 resultados). As métricas da relação do assistente com o defensor mais próximo não influenciaram o resultado das oportunidades de gol. Em relação ao jogador que realizou o remate, as quatro métricas apresentaram características diferentes em relação às oportunidades que resultaram em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor. O terceiro estudo teve como objetivo identificar o padrão das relações numéricas das equipes nas subáreas do espaço de jogo efetivo nos diferentes resultados das oportunidades de gol. A diferença da média da frequência de jogadores entre as equipes, em cada subárea do espaço de jogo efetivo foi calculada através do ANOVA *one way*, com *post-hoc* de *Tukey*. A incerteza das relações numéricas nas subáreas foi calculada através da entropia de *Shannon*, *H*. As equipes não variaram a frequência de jogadores nas subáreas do espaço de jogo efetivo ao longo do tempo, nas situações de gol. Já nas situações em que não marcaram o gol, as equipes que estavam atacando passaram a ter mais jogadores nas subáreas mais defensivas dentro do espaço de jogo efetivo, enquanto as equipes que estavam defendendo passaram a ter menos jogadores na subárea central ao longo do tempo. As equipes geram maior incerteza da relação numérica na subárea mais próxima ao gol adversário ao criar oportunidade de gol, sendo essa incerteza ainda maior quando o gol é marcado. Portanto, no futebol, as equipes apresentam diferentes padrões de comportamento nas escalas diádicas e coletivas nos diferentes resultados das oportunidades de gol criadas.

ABSTRACT

AMÉRICO, Henrique Bueno, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Soccer as a dynamical system: identifying emergent interaction patterns that affect the result of scoring opportunities.** Advisor: Israel Teoldo da Costa

The aim of the present study was to verify whether, and who, teams' behaviour patterns affect the result of scoring opportunities in soccer, through the perspective of dynamical systems theory. The manuscript is organized in three scientific papers. The first paper aimed to systematically analyse and organize the exploratory papers that analysed soccer through the perspective of dynamical systems theory, in different scales of analysis (dyads, sub-groups and teams). We conducted a systematic review, following the PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) guidelines, by means of the following combination of keywords: soccer OR football AND "Dynamic system" OR "Dynamic systems" OR "dynamical system" OR "dynamical systems" OR "ecological dynamics". The search was conducted in three databases (Web of Knowledge, Scopus and EBSCO). The results were organized according to the interaction scale (dyads, sub-groups or teams) employed in each study. Analyses of dyadic relations were the least explored and indicate information at microscopic level that may modify the macroscopic organization. The analyses of sub-groups were the most frequent and were all conducted in controlled experiments regarding the group relation of players. The formal scale (11 vs. 11) displayed higher diversity of variables analysed and presented information regarding the real context of the game. The second and third papers are empirical studies that aimed to identify behaviour patterns in soccer at the micro- and macroscopic levels. For both studies the sample was comprised of 506 offensive sequences concluded with goal (92), goalkeeper save/ball kicked at the goalposts (249) and shot interception by a defender (165) in the 2014 FIFA World Cup. The analyses were conducted in four specific moments in each offensive sequence: (M1) the moment when the player who made the assist received the ball; (M2) the moment when this same player made the assist; (M3) the moment when the attacker who made the shot received the ball; (M4) the moment when this same attacker made the shot. The purpose of the second paper was to identify dyadic patterns between the attacker and the closest defender in offensive sequences concluded with goal, goalkeeper save/ball kicked at the goalposts and shot interception

by a defender. To achieve this goal, in each of the four moments we calculated the interpersonal distance between the attacker and the closest defender; the distance between the attacker and centre of the goal; the relative distance between the attacker, the defender and the centre of the goal; and the angle between the defender, the attacker and the centre of the goal, for each of the three possible results from the scoring opportunities. The metrics were compared through the analysis of simple main effects (2 moments vs. 3 results). The metrics of the relation between the assistant and the closest defender did not influence the results of the scoring opportunities. With respect to the attacker who made the shot, all four metrics displayed different characteristics regarding the opportunities that resulted in goal, goalkeeper save and defender's interception. The third paper aimed to identify the pattern of numerical relations between teams in the subareas of the effective play-space according to the results of scoring opportunities. The mean difference of the frequency of players between teams, in each subarea of the effective play-space was calculated through One-Way ANOVA, with Tukey's post hoc. The uncertainty of numerical relations in the subareas was calculated through Shannon's Entropy, H . The teams did not vary the frequency of players in the subareas of the effective play-space over time, in goal-scoring situations. On the other hand, in situation in which a goal was not scored, the attacking teams had more players in the defensive subareas, whereas the defending teams had less players in the central subarea over time. The teams generate more numerical uncertainty in the subarea closest to the opponent's goal, and this uncertainty is even higher when a goal is scored. Thus, in soccer, teams display different behaviour patterns at dyadic and collective scales according to the different results of scoring opportunities.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está organizada de acordo com o modelo proposto pelas normas da Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizada a estrutura de modelo escandinavo, a qual permite a produção e apresentação dos trabalhos desenvolvidos durante o processo, no formato de artigos científicos sobre o tema abordado.

A estrutura da presente dissertação é composta por um capítulo de introdução geral, o qual é composto pela definição dos conceitos básicos, justificativa e relevância do tema abordado e objetivos gerais e específicos do estudo. Após esse capítulo introdutório, a dissertação foi dividida em um artigo de revisão e outros dois empíricos:

O artigo de revisão intitulado “O Futebol Como Sistema Dinâmico: Uma Revisão Sistemática” teve como objetivo analisar e organizar de forma sistemática os estudos exploratórios que identificaram padrões de comportamentos no futebol, nas diferentes escalas de análise (díades, sub-grupos e equipes), a partir de conceitos da teoria dos sistemas dinâmicos.

O primeiro artigo empírico intitulado “Como a Relação do Atacante com o Defensor Condiciona a Criação de Oportunidades de Gol no Futebol?” teve como objetivo identificar o padrão das relações diádicas do atacante com o defensor mais próximo em sequências ofensivas terminadas em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor.

O segundo artigo empírico intitulado “Como as Relações Numéricas Relativas Entre as Equipes Condicionam a Criação de Oportunidades de Gol no Futebol?” teve como objetivo identificar o padrão das relações numéricas das equipes nas subáreas do espaço de jogo efetivo em sequências ofensivas finalizadas em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor.

Após a apresentação dos artigos, segue a discussão geral e conclusões finais da dissertação.

INTRODUÇÃO GERAL

1. Futebol como sistema dinâmico

A análise de jogo vem sendo utilizada para buscar compreender os padrões de comportamento e dar subsídio às comissões técnicas para o planejamento dos treinamentos, com o objetivo de elevar o nível competitivo individual e coletivo das equipes (HUGHES; FRANKS, 2008). Análise de jogo refere-se à gravação e análise dos eventos comportamentais que ocorrem durante a competição, as quais podem ser realizadas analisando as ações de um jogador ou englobando as ações e movimentos de mais jogadores (CARLING; WILLIAMS; REILLY, 2005). Nas modalidades coletivas, as análises são mais complexas, pelo fato do desempenho não poder ser avaliado por métricas simples como o tempo gasto, posição final ou distância percorrida (CARLING; WILLIAMS; REILLY, 2005).

Através da análise do jogo, busca-se identificar os pontos fortes das equipes para que eles sejam ainda mais desenvolvidos, e os pontos fracos, objetivando elevá-los ao nível desejado (GARGANTA, 2009; LAGO-PEÑAS, 2009). No que refere à equipe adversária, a análise de jogo pode ser utilizada para explorar pontos fracos e tentar neutralizar e contra-atacar seus pontos fortes (GARGANTA, 2009; LAGO-PEÑAS, 2009). Sendo assim, as comissões técnicas passaram a obter informações dos eventos ocorridos durante a partida, as quais eram focadas nos eventos com bola, como a zona do campo, os jogadores envolvidos, a ação, o tempo em que ocorreu e o resultado dessa ação (CARLING; WILLIAMS; REILLY, 2005).

No futebol, destacam-se também os estudos relacionados com as demandas físicas do jogo. Com a possibilidade de utilização de dados de rastreamento dos jogadores, pesquisadores têm conseguido explorar as demandas físicas dos jogadores ao analisar variáveis como a distância percorrida, distância percorrida em diferentes intensidades, aceleração, entre outras (CASTELLANO; ALVAREZ-PASTOR; BRADLEY, 2014). Contudo, devido à natureza tática e às propriedades dinâmicas do futebol, existe alta variabilidade da movimentação dos jogadores de acordo com a estratégia da equipe (GONCALVES *et al.*, 2014). Apesar da importância de analisar o contexto, a maioria desses estudos foram realizados com uma abordagem reducionista ao isolar os aspectos físicos e técnicos, sem considerar a interação dos

indicadores físicos, técnicos e táticos que estão presentes concomitantemente no sistema (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994; GARGANTA, 2009; BRADLEY *et al.*, 2013).

Sistema é entendido como um conjunto de elementos que se relacionam entre si e com o ambiente em busca de um objetivo comum (VON BERTALANFFY, 1968). Quando esse sistema modifica seu estado de organização no tempo através da troca de energia com o ambiente, ele é considerado sistema dinâmico (ASHBY, 1947; VON BERTALANFFY, 1968). O futebol é um sistema dinâmico que exhibe comportamentos coletivos emergentes de interações interpessoais dinâmicas, complexas e não-lineares entre os elementos presentes no jogo no tempo e no espaço (MCGARRY *et al.*, 2002; DUARTE; ARAÚJO; CORREIA; *et al.*, 2012). Essa característica complexa se deve às influências internas e externas no comportamento dos jogadores (TRNINIĆ; JELASKA; PAPIĆ, 2009). Dessa forma, não se pode analisar o comportamento de cada indivíduo de forma isolada, pois, a interação com os outros indivíduos e com o ambiente irá produzir um comportamento diferente da soma da potencialidade de cada um (MAHLO, 1969). Além disso, o padrão comportamental dos jogadores e das equipes como um todo pode variar conforme altere as variáveis contextuais, colocando em dúvida se o padrão de comportamento obtido em um jogo passado irá prever o padrão de comportamento futuro (MCGARRY, 2009). Contudo, existem padrões que podem ser encontrados ao considerar o contexto característico de um indivíduo, de uma equipe ou até mesmo geral da modalidade (MCGARRY, 2009).

A formação desses padrões ocorre de forma espontânea e emerge da organização dos elementos contidos no sistema (DAVIDS *et al.*, 2003). A formação espontânea de padrões e mudança de padrões em sistemas abertos são chamadas de auto-organização (KELSO; SCHÖNER, 1988). Assim, a auto-organização dos elementos irá formar padrões dinâmicos que são responsáveis pela modelação do equilíbrio do estado de coordenação dos sistemas ou por gerar desequilíbrios e alterar o estado dos sistemas de forma espontânea (SCHMIDT; O'BRIEN; SYSKO, 1999). Portanto, por ser uma modalidade onde os jogadores pensam e tomam decisões subjetivas que levam a constante adaptação do comportamento dos sistemas, não necessariamente essa adaptação é orientada para um estado de equilíbrio. No entanto,

o sistema tende a buscar esse estado de equilíbrio ao se dirigir em direção a um atrator (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014), que são estados característicos que tendem a atrair o sistema em direção a eles (JUARRERO, 1999).

Entre esses momentos de equilíbrio e desequilíbrio ocorre a transição de fase, a qual leva o jogo a exibir novas características dinâmicas (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014). Assim, as tomadas de decisões dos jogadores são constantemente ditadas pelas alterações da dinâmica do jogo (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014). A transição do estado de equilíbrio para o estado de desequilíbrio é causada por uma perturbação (MCGARRY; FRANKS, 1996; MCGARRY; KHAN; FRANKS, 1999). No futebol, a perturbação ocorre através do desequilíbrio gerado no sistema defensivo por uma ação da equipe que está atacando ou um erro do defensor (HUGHES *et al.*, 1998). Essa perturbação cria uma ruptura na defesa, podendo levar a um incidente crítico, que é a perturbação resultada em oportunidade de finalização (MCGARRY *et al.*, 2002). Portanto, entendendo o futebol como sistema dinâmico, perturbações causadas por ações individuais dos jogadores podem alterar o estado organizacional global do sistema (JAMES; REES; GRIFFIN; BARTER; TAYLOR; HEATH; VUCKOVIC, 2012).

2. Níveis de interações dos sistemas dinâmicos no futebol

Todo sistema complexo apresenta interdependência de diferentes escalas, desde os movimentos individuais de cada jogador até o movimento coletivo da equipe como um todo (DUARTE *et al.*, 2013). Os padrões dinâmicos observados no jogo são criados pelos elementos individuais inseridos no sistema. Esses elementos dão origem ao comportamento coletivo através de suas interações. Com isso, os estudos apresentam três diferentes escalas de análise, as quais contêm informações essenciais para entendimento da auto-organização presente nos sistemas dinâmicos (KELSO; ENGSTROM, 2006). Na escala diádica, estão presentes os comportamentos dos indivíduos, cada um trazendo sua própria dinâmica intrínseca (1 vs 1), sendo as interações mais básicas. O nível intermediário corresponde as subfases do jogo, sendo representadas pelos pequenos grupos de jogadores no futebol e contempla o comportamento grupal da equipe (DUARTE; ARAÚJO; FREIRE; *et al.*, 2012). Contudo, isolar esses subgrupos pode não ser representativo ao contexto do jogo

formal, pois a troca da posse de bola ocorre de forma mais rápida e modifica o comportamento dos jogadores (FRENCKEN *et al.*, 2011; DUARTE; ARAÚJO; FREIRE; *et al.*, 2012). Já o macro, remete ao comportamento da equipe como um todo, tendo seus próprios parâmetros que são condicionantes dos potenciais padrões que o sistema pode produzir (ARAÚJO *et al.*, 2015). Este, considera o contexto do jogo real ao analisar o comportamento coletivo durante o jogo formal (11 vs 11).

A relação dos padrões formados por essas escalas é recíproca, pois uma terá influência e irá influenciar no padrão de comportamento resultado da outra escala, não tendo uma direção correta para entender o padrão de comportamento nas modalidades coletivas (ARAÚJO *et al.*, 2015). Fazer um link das análises a nível micro (diádico) com as análises a nível macro (coletivo) pode resultar em avanços significativos para o treinamento, dando profundidade no conhecimento do que leva a produzir o desempenho das equipes (ARAÚJO *et al.*, 2015). Com isso, percebe-se a importância de entender como os pequenos detalhes no nível diádico irão perturbar a estabilidade do sistema, podendo causar um desequilíbrio coletivo e provocar uma oportunidade de gol. Assim como o comportamento coletivo irá influenciar nas ações individuais para facilitar ou dificultar a criação da oportunidade de gol.

3. Criação de oportunidade de gol

A partir da perspectiva de sistemas dinâmicos, a organização espacial dos jogadores e das equipes está relacionada às transformações geradas pela relação de oposição ao longo do tempo (GRÉHAIGNE; GODBOUT, 1995). As interações dinâmicas constantes entre as equipes ao longo do tempo dão origem aos comportamentos momentâneos da partida (SEABRA; DANTAS, 2006). Tanto na escala diádica quanto na coletiva, no geral as equipes buscam criar espaços quando estão na fase ofensiva e diminuir os espaços quando estão na fase defensiva (MCGARRY *et al.*, 2002).

Uma característica das equipes que tiveram sucesso no futebol é o uso inteligente do espaço e a manutenção regular da distribuição favorável dos jogadores no campo (HARRIS; REILLY, 1988). Para conseguir essas condições favoráveis na relação espaço-tempo, os jogadores realizam o princípio tático fundamental chamado de “espaço”, o qual requer uma compreensão dos espaços do jogo por parte dos

jogadores (TEOLDO *et al.*, 2009). Portanto, dominar o processamento desse princípio para ocupar os espaços vitais do jogo em ambas as fases (ofensiva e defensiva), é preponderante para obter o sucesso no futebol (TEOLDO *et al.*, 2009).

De acordo com Harris & Reilly (1988), o sucesso no futebol pode ser entendido como o processo de construção de um ataque que resulta em uma oportunidade de gol. Nas situações de oportunidade de gol, a equipe que está na fase ofensiva tende a aumentar a amplitude e profundidade através da movimentação dos jogadores para criar espaços livres e, conseqüentemente, aumentar a probabilidade de gerar um desequilíbrio no sistema defensivo adversário (FRENCKEN; LEMMINK, 2009). Para criar esses desequilíbrios, os jogadores devem direcionar o jogo no espaço existente ou sincronizar a movimentação com os companheiros e atrair os oponentes para criar espaço no sistema defensivo adversário (HARRIS; REILLY, 1988).

Sendo assim, as equipes podem obter sucesso no futebol ao realizar um remate enquadrado a baliza, o qual pode ocorrer através de algumas dessas situações: (i) gol; (ii) defesa do goleiro/trave; (iii) intercepção de um defensor que estava posicionado entre a bola e a baliza; (iv) bola acerta em alguma das traves (GARGANTA, 1997).

4. Justificativa e relevância do estudo

Analisar o jogo de futebol de acordo com a teoria dos sistemas dinâmicos, favorece a identificação dos padrões emergentes no jogo. Isto ocorre pelo fato de considerar os elementos que estão em movimento no ambiente, as interações, as transições de fase que são geradas no jogo, sem desconsiderar as propriedades inerentes no sistema. Para isso, não se deve desconsiderar as interações com os adversários, podendo assim utilizar essas informações de forma metódica e consciente durante o treinamento e no jogo (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014).

De acordo com Franks & Goodman (1986), analisar o processo que antecede uma oportunidade de gol é um método para modelar uma modalidade esportiva de invasão como o futebol e entender como as equipes conseguem criar situações de oportunidades de gol. O objetivo de uma equipe que está atacando é buscar criar situações provocando um desequilíbrio do sistema defensivo adversário para conseguir marcar um gol. Por outro lado, ao transitar para a fase defensiva, a equipe deve evitar

um contra-ataque, reorganizar para reequilibrar o sistema e buscar a recuperação da posse de bola (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014).

Apesar dos sistemas dinâmicos emergirem múltiplas soluções, eles exibem comportamentos complexos que apresentam um padrão, no qual as estruturas coordenadas reduzem a complexidade e permite com que os jogadores explorem as interações inerentes do sistema (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014). Analisar o padrão das interações diádicas e coletivas da equipe dentro do ambiente do jogo formal torna-se importante devido ao fato de que um elemento pode influenciar no comportamento de todos os outros elementos e produzir complexidade e ordem no sistema como um todo. Portanto, não se deve estudar um componente do sistema de forma isolada nem isolado do ambiente com o qual ele troca energia (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994).

Como a consecução do gol é a principal medida de eficácia no futebol, pesquisadores tem buscado identificar padrões que levaram as equipes a conseguirem criar situações de oportunidade de gol (TENGA *et al.*, 2010). Tenga, Ronglan e Bahr (2010), compararam as situações em que as equipes da liga de futebol da Noruega criaram oportunidade de gol ou tiveram posse de bola na área adversária, mas não conseguiram marcar o gol; com as situações em que as equipes conseguiram marcar o gol. Os autores não encontraram diferença da eficácia ofensiva dessas equipes entre essas situações, concluindo que o mesmo comportamento leva a marcar o gol ou apenas criar situação de perigo e não marcar o gol. Entretanto, os autores não levaram em consideração as interações dos jogadores e das equipes nas análises. Por outro lado, lançando mão de um método de análise baseado nas dinâmicas de coordenação, Vilar *et al.* (2014) foram capazes de distinguir oportunidades de gol que resultaram em gol, defesa do goleiro/trave ou interceptação do defensor ao considerar as interações dos jogadores. Entretanto, os autores consideraram apenas as interações diádicas do atacante com o defensor, não considerando as interações coletivas das equipes. Além disso, esses resultados foram encontrados no futsal, modalidade esportiva que apresenta características específicas diferentes do futebol.

Portanto, baseado nas dinâmicas de coordenação, é escasso na literatura quais variáveis a nível diádico e coletivo distinguem o padrão de comportamento das equipes

no jogo formal de futebol nos diferentes resultados das oportunidades de gol das equipes.

5. Objetivos do estudo

5.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve por objetivo verificar se, e como, o(s) padrão(ões) de comportamento das equipes condicionam o resultado das oportunidades de gol no futebol, a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos.

5.2 Objetivos específicos

Analisar e organizar de forma sistemática os estudos que analisaram o futebol a partir de conceitos da teoria dos sistemas dinâmicos.

Identificar o padrão das relações diádicas nos diferentes resultados das oportunidades de gol.

Identificar o padrão das relações coletivas nos diferentes resultados das oportunidades de gol.

Estudo 1

Título: O Futebol Como Sistema Dinâmico: Uma Revisão Sistemática

Henrique Américo, Rodrigo Santos, Israel Teoldo

Resumo: O objetivo deste estudo foi analisar e organizar de forma sistemática os artigos exploratórios que analisaram o futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos, nas diferentes escalas de análise (díades, sub-grupos e equipes). Foi realizada uma revisão sistemática seguindo as diretrizes do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). Foi utilizada a seguinte combinação de palavras-chave, com operadores lógicos booleanos correspondentes: soccer OR football AND "Dynamic system" OR "Dynamic systems" OR "dynamical system" OR "dynamical systems" OR "ecological dynamics". A busca foi realizada em três bases de dados (*Web of Knowledge*, SCOPUS e EBSCO). Os resultados foram organizados de acordo com a escala de interação (díade, sub-grupo ou equipe) utilizada para análise. Do total de 223 referências, selecionou-se 29 artigos com base nos critérios de inclusão e exclusão, através de busca direta ou reversa. Quatro realizaram análise em escala diádica, 15 analisaram sub-grupos e 10 analisaram equipes em sua totalidade (11 jogadores). Os resultados apontam que os estudos das dinâmicas de interação dos jogadores de futebol são relativamente recentes na literatura. Estudos que utilizaram conceitos da teoria dos sistemas dinâmicos são divididos em três escalas de análise: díades (1 vs. 1), sub-grupos (muitos vs. muitos) e equipes (11 vs. 11). Através desse tipo de análise é possível identificar os padrões de comportamento dos jogadores e das equipes nas diferentes escalas (díades, sub-grupos e equipe). Análise das relações diádicas apontam informações a nível micro que podem alterar a organização no macro. As análises dos sub-grupos foram realizadas em experimentos controlados da relação grupal dos jogadores. O jogo formal apresentou maior diversidade de variáveis analisadas e apresentam informações do contexto real do jogo de futebol.

Palavras chave: futebol; tática; sistema dinâmico; interação.

Abstract: The aim of this study was to systematically analyse and organize the empirical studies that analysed soccer through the perspective of dynamical systems theory, according to different scales of analysis (dyads, sub-groups and teams). A systematic review was conducted following the PRISMA guidelines (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). The following combination of keywords was used: soccer OR football AND "Dynamic system" OR "Dynamic systems" OR "dynamical system" OR "dynamical systems" OR "ecological dynamics". The search was conducted in three databases (Web of Knowledge, Scopus and EBSCO). The results were organized according to the interaction scale (dyads, sub-groups or teams) employed in each study. From 223 references, 29 papers were selected based on inclusion and exclusion criteria, through direct or reverse search. Four studies analysed the dyadic scale, whereas 15 and 10 analyses sub-groups and whole teams, respectively. Results indicate that studies on interaction dynamics of soccer players are relatively recent in literature. Studies that resorted to concepts of dynamical systems theory are grouped in three scales of analysis: dyads (1 vs. 1), sub-groups (many vs. many) and teams (11 vs. 11). Through this type of analysis, it is possible to identify players' and teams' behaviour patterns in different scales (dyads, sub-groups and teams). Analyses of dyadic relations indicate information at the microscopic level that may affect macroscopic organization. Analyses of sub-groups were performed in controlled experiments of players' group relations. The formal game displayed higher diversity of variables analysed and presented information of the real context of soccer.

Keywords: soccer; tactics; dynamic systems; interaction.

1. Introdução

Nos esportes coletivos, as equipes correspondem a conjuntos compostos por duas ou mais pessoas trabalhando de forma independente com objetivos em comum (MCGARRY *et al.*, 2002). De acordo com Bertalanffy (1968), conjunto de elementos que se relacionam entre si e com o ambiente em busca de um objetivo comum, forma um sistema. Dessa forma, nas modalidades coletivas, não se pode entender os processos comportamentais dos indivíduos de forma isolada, pois o resultado da interação entre os jogadores é diferente da soma do desempenho de cada um (MAHLO, 1969; DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994; GARGANTA; GRÉHAIGNE, 1999). Portanto, as modalidades esportivas coletivas podem ser consideradas como sistemas, pois são compostas por elementos (ex.: jogadores, equipes, bola, entre outros) que estão em constante interação (FRANKS; GOODMAN, 1986). Além de possuir várias partes que interagem entre si, os elementos pertencentes às equipes esportivas são capazes de modificar constantemente seu estado organizacional ao longo do tempo e de trocar energia com o ambiente (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994). Como todo sistema que modifica seu estado de organização no tempo por meio da troca de energia com o ambiente pode ser entendido como um sistema dinâmico aberto (ASHBY, 1947; VON BERTALANFFY, 1968), as equipes esportivas apresentam essas características e podem, igualmente, ser categorizadas dessa forma.

Utilizando a teoria dos sistemas dinâmicos e princípios da psicologia ecológica, dinâmica ecológica emerge uma abordagem para descobrir os princípios ou leis que regulam o desempenho dos jogadores e das equipes (ARAÚJO; DAVIDS; HRISTOVSKI, 2006; TRAVASSOS *et al.*, 2013). A teoria dos sistemas dinâmicos afirma que, a partir dos mesmos princípios, a organização dos sistemas pode ser explicada em múltiplas escalas de análise (PRIGOGINE, 1980). Contudo, as análises em escalas reduzidas devem ser realizadas sem desconsiderar as interações a nível global, pois o comportamento local dos indivíduos pode alterar o estado do sistema como um todo e o comportamento dos outros elementos irá influenciar no comportamento local (PRIGOGINE; STENGERS, 1984). Isto ocorre em consequência da troca de energia dos elementos com o ambiente e aos muitos graus de

liberdade que tornam esses comportamentos mais imprevisíveis (BALAGUE *et al.*, 2013). Devido a esses graus de liberdade e à sua elevada complexidade, as equipes esportivas são caracterizadas por sua flexibilidade e capacidade de gerar diferentes padrões de comportamento como forma de adaptação às mudanças que ocorrem a partir das interações dos elementos contidos no sistema (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994).

Com o intuito de entender o funcionamento dos sistemas dinâmicos no comportamento humano, Kugler *et al.* (1980) e Kelso (1984) estudaram o padrão de coordenação de dois membros. Os autores reportaram que, ao aumentar a frequência dos movimentos cíclicos de duas mãos, inicialmente assimétricos, os grupos musculares se auto-organizam, passando a apresentar movimento simétrico. No contexto esportivo, estudos têm identificado que propriedades dos sistemas dinâmicos estão presentes nas modalidades esportivas individuais, como squash (MCGARRY; FRANKS, 1996; MCGARRY; KHAN; FRANKS, 1999) e tênis (PALUT; ZANONE, 2005; LAMES, 2006), e também, mais recentemente, nos esportes coletivos, como o basquete (ARAÚJO *et al.*, 2004; BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010a), rúgbi (PASSOS *et al.*, 2006; PASSOS *et al.*, 2008) e futebol (FRENCKEN *et al.*, 2011). Nos esportes coletivos, essas análises são mais complexas devido ao número de jogadores e à natureza invasiva dessas modalidades (DUARTE *et al.*, 2010; FRENCKEN *et al.*, 2011).

A partir do avanço no estudo dos esportes coletivos na perspectiva dos sistemas dinâmicos, torna-se possível compreender as interações entre os jogadores, a partir da identificação de padrões de comportamento que induzem a determinado resultado (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014). Esses resultados são alcançados através de diversos padrões de estabilidade obtidos do estado de coordenação com os companheiros e com os adversários (GRÉHAIGNE; BOUTHIER; DAVID, 1997; MCGARRY *et al.*, 2002). Apesar disso, as pesquisas sobre análise do jogo têm focado na descrição dos aspectos físicos e técnicos (HUGHES; FRANKS, 2005; BARROS *et al.*, 2007; DI SALVO *et al.*, 2007; LAGO-PEÑAS *et al.*, 2010; CASTELLANO; BLANCO-VILLASEÑOR; ALVAREZ, 2011). Além de desconsiderar as dinâmicas de interação entre os jogadores, a maioria dos estudos lança mão de abordagens reducionistas, que

não consideram os contextos interacionais em que emergem os comportamentos (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994). Em 2014, em um artigo de revisão sistemática sobre a análise de jogo no futebol, Sarmiento e colaboradores corroboram essas afirmações ao apontar que pesquisar no futebol masculino tem focado na descrição física/fisiológica e nas ações técnicas do jogo, sem considerar o contexto situacional e as interações que ocorrem durante a partida (SARMENTO *et al.*, 2014). Os autores destacam que apenas dois, dentre 53 artigos, analisaram o contexto da interação com o oponente.

Estudos exploratórios que utilizam os conceitos da teoria dos sistemas dinâmicos no futebol são recentes na literatura, tendo o número de publicações crescido somente a partir da década de 2010 (DUARTE *et al.*, 2010; FRENCKEN *et al.*, 2011; FRENCKEN *et al.*, 2012). Tendo em vista que se trata de um foco de pesquisa recente, organizar o que há disponível na literatura, e o que ainda pode ser explorado, considerando as dinâmicas de interação entre jogadores e equipes, é fundamental para o desenvolvimento de futuras pesquisas e para sintetizar como esses resultados podem contribuir para a prática. Uma vez que esses estudos foram concebidos a partir de diferentes escalas de análise (díades, sub-grupos e equipes), a identificação das características específicas de cada uma dessas escalas, bem como as principais variáveis e procedimentos utilizados, subsidiará o entendimento sobre como a teoria dos sistemas dinâmicos pode fornecer informações mais relevantes sobre o padrão de comportamento coletivo das equipes.

Sendo assim, o objetivo deste artigo é analisar e organizar de forma sistemática os estudos exploratórios que identificaram padrões de comportamentos no futebol, nas diferentes escalas de análise (díades, sub-grupos e equipes), a partir de conceitos da teoria dos sistemas dinâmicos.

2. Método

Foi realizada uma revisão sistemática dos estudos exploratórios disponíveis que analisaram o futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos. A revisão foi conduzida seguindo as diretrizes do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). Três revisores realizaram a busca separadamente no dia 08 de março de 2017. Dois deles (HA e RS) realizaram o

processo de inclusão e exclusão dos artigos de forma independente, de acordo com os critérios estabelecidos. Primeiro, foram excluídos os artigos duplicados. Depois, realizou-se um novo processo de exclusão após a leitura dos títulos, seguida da leitura dos resumos. Por fim, realizou-se uma última vez o processo de exclusão após leitura na íntegra dos artigos remanescentes. Após obtenção do número final de artigos selecionados nas bases de dados, realizou-se uma busca reversa, com o propósito de adicionar referências que foram citadas pelos artigos encontrados na primeira busca, e que eventualmente se encaixavam nos critérios de inclusão.

Para controle de qualidade, a busca foi realizada em três bases de dados diferentes (*Web of Knowledge*, SCOPUS e EBSCO) que contemplam os principais periódicos da área (com revisão por pares). Foram pesquisados os artigos publicados até 08 de março de 2017, a partir da seguinte combinação de palavras-chave, com operadores lógicos booleanos correspondentes: (soccer OR football) AND ("Dynamic system" OR "Dynamic systems" OR "dynamical system" OR "dynamical systems" OR "ecological dynamics").

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão dos artigos: (1) conter informações a respeito da análise do futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos; (2) conter análise das dinâmicas de interação dos jogadores; (3) ser conduzido com futebolistas das categorias de base, amadores e/ou profissionais; (4) ter sido publicado em língua inglesa; e (5) ser publicado em periódicos com revisão por pares. Foram adotados os seguintes critérios para exclusão dos artigos: (1) conter informações apenas das estruturas das interações, não considerando a movimentação dos jogadores; (2) ter analisado robôs; (3) tratar-se de resumo de congresso, capítulo de livro ou artigo de revisão; (4) não ter o futebol como tema; (5) não incluir dados relevantes (não conter informações significativas a respeito da análise do futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos).

Os resultados foram organizados de acordo com a escala de interação (díade, sub-grupo ou equipe) utilizada para análise. Foram coletadas as informações de cada estudo incluído, tais como as características da amostra (ex.: jogadores profissionais, jovens ou amadores), as variáveis predominantemente utilizadas em cada escala de interação e os principais resultados encontrados.

3. Resultado

Na busca inicial foram identificadas 80 referências na base de dados *Web of Knowledge*, 79 referências na *SCOPUS* e 64 referências na EBSCO, totalizando 223 referências. Depois, todas foram importadas para um *software* de gerenciamento de referências (EndNote X7[®], Thomson Reuters, Philadelphia, PA, USA). Na primeira parte, os dois revisores excluíram 90 referências duplicadas. Após a leitura do título das 133 referências remanescentes, um dos revisores (HA) selecionou 81 referências e o outro (RS), 70. Após consenso, foram excluídas 62 referências, tendo restado 71. Após leitura dos resumos, um autor (HA) excluiu 43 referências e o outro (RS), 46, tendo restado 26 publicações para leitura integral. Após a conclusão desta etapa, ambos os autores excluíram mais quatro referências por não se tratarem de estudos relevantes sobre o tema (dois por não conterem informações significativas a respeito da análise a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos, um por não ser exploratório, e um por não tratar do futebol), totalizando assim, 22 artigos. Em seguida, foi realizada a busca reversa a partir das referências bibliográficas desses artigos selecionados, visando identificar quaisquer artigos relevantes não encontrados inicialmente. Após essa verificação, outras 7 referências foram acrescentadas. Ao final do processo de seleção, 29 estudos foram incluídos na amostra (Figura 1).

Os estudos empíricos que analisaram o futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos são recentes na literatura. Apesar de não restringir o ano de publicação, a primeira referência encontrada foi do ano de 2010. É possível observar que a partir de 2012 houve uma intensificação das publicações, tendo 2014 sido o ano com o maior número de artigos publicados sobre o tema (Figura 2).

Figura 1: Fluxograma do processo de busca dos artigos.

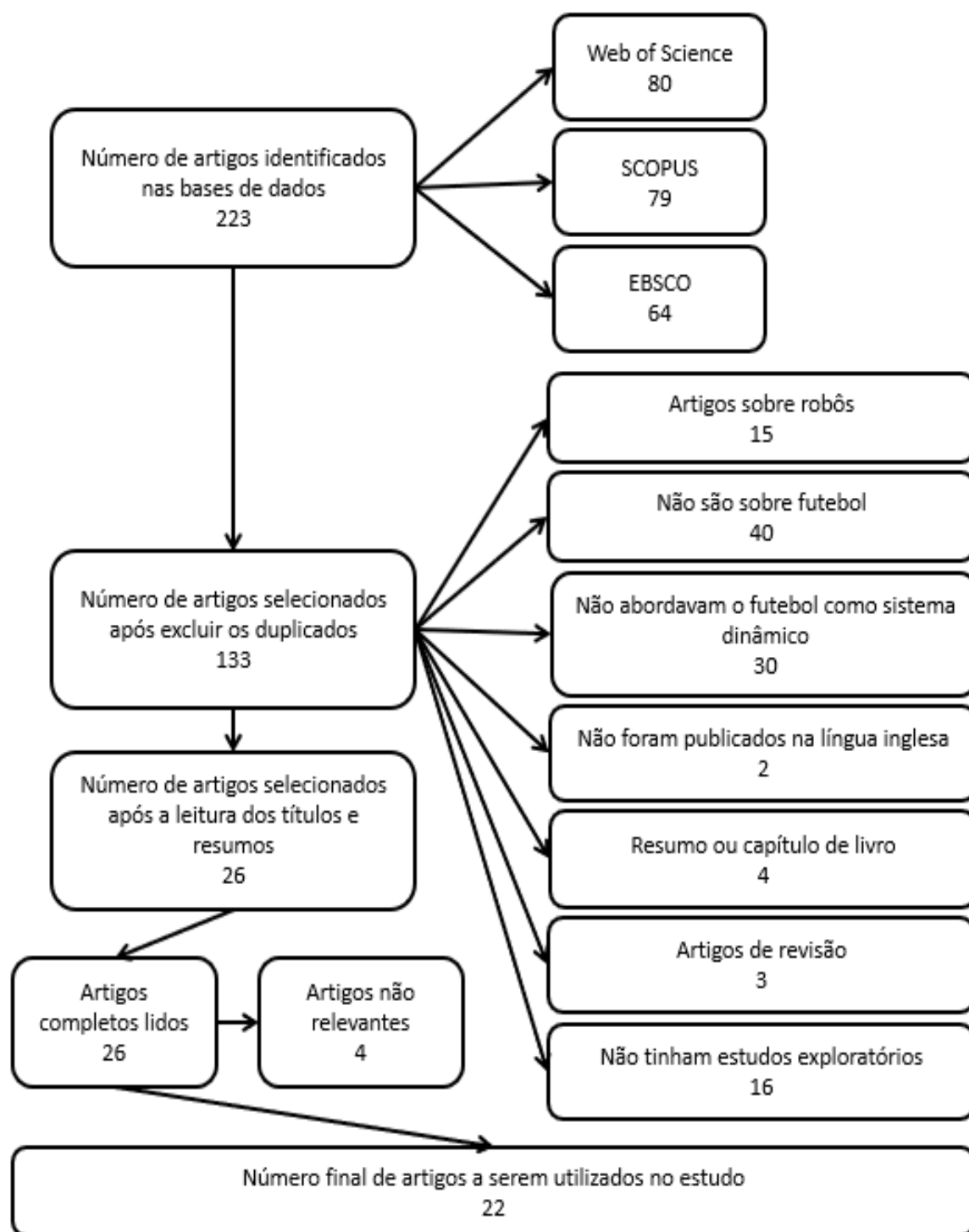
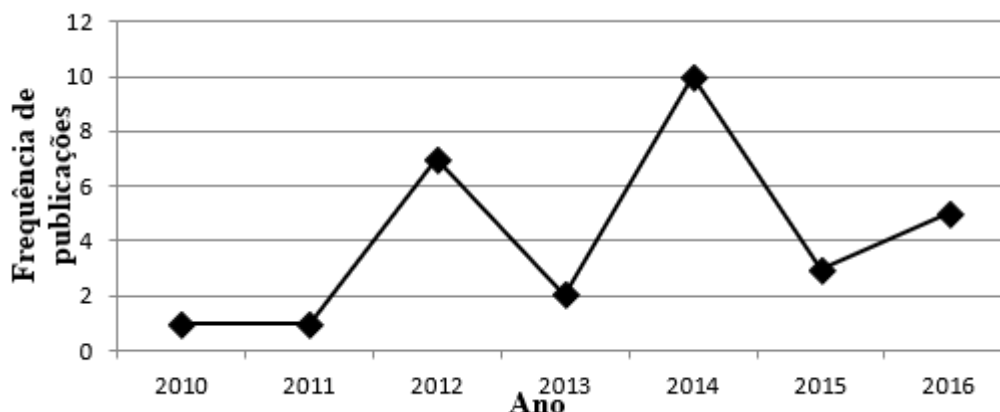


Figura 2: Frequência de publicações por ano que analisaram o futebol como sistema dinâmico.

Os estudos apresentam diferentes escalas de interações: Díades (1 vs. 1); sub-grupos (ex.: 3 vs. 3, 4 vs. 4); e equipes (11 vs. 11). Foram encontrados quatro artigos que analisaram o jogo a partir da escala diádica (Tabela 1); 15 artigos consideraram os sub-grupos em diferentes formatos (Tabela 2); e 10 artigos analisaram as equipes (Tabela 3). Dessa forma, os resultados foram classificados de acordo com a escala de interação utilizada.

Especificamente em relação às variáveis utilizadas, estas eram, em sua maioria, diferentes, de acordo com a escala de interação analisada. A nível diádico, predominantemente foram utilizadas a distância interpessoal (3 artigos) e a velocidade relativa dos jogadores (2 artigos). Nos sub-grupos, a maioria dos artigos analisou a distância entre os centroides das equipes (7 artigos), a razão do comprimento pela largura (5 artigos), área de superfície (4 artigos) e índice de dispersão (4 artigos). As análises das equipes foram os que utilizaram a maior quantidade de variáveis (30 diferentes), mesmo considerando que o número de publicações foi menor, em comparação à quantidade que analisaram os sub-grupos. Entre essas variáveis, predominaram as fisiológicas (4 artigos), técnicas (3 artigos), além de métricas relacionadas ao centroide das equipes, na parte tática (3 artigos). Em relação aos sistemas utilizados para as análises, a nível diádico o mais utilizado foi o TACTO® (3 artigos). Nos sub-grupos o uso do GPS foi predominante (9 artigos). Nas equipes, a maioria dos autores utilizou os sistemas computadorizados de rastreamento semi-automático (ex.: Amisco®, Prozone/STATS®) (5 artigos).

Tabela 1. Estudos exploratórios que realizaram análise das interações diádicas (1 vs. 1)

Estudo	Participantes	Escala de interação	Variáveis analisadas	Sistema utilizado para análise	Principais resultados
(DUARTE <i>et al.</i> , 2010)	6 Jogadores de futebol Sub-13	1 vs. 1	Distância interpessoal; Velocidade relativa	TACTO®	No momento da transição de fase, é relatado baixo valor de distância interpessoal e alta velocidade relativa
(HEADRICK <i>et al.</i> , 2012)	12 Jogadores Sub-19	1 vs. 1	Distância do defensor para a bola; Distância interpessoal; sucesso na tarefa	TACTO®	A distância para o gol influencia a performance dos jogadores. Mais próximo ao gol o atacante teve mais sucesso na tarefa
(SHAFIZADEH <i>et al.</i> , 2016)	20 goleiros profissionais da <i>Premier League</i>	1 vs. 1	Tempo para o contato; Velocidade relativa; Distância interpessoal	Kinovea®	A percepção da informação nas distâncias interpessoais e velocidade relativa fornece <i>affordances</i> da movimentação dos jogadores, constringendo as ações dos goleiros e dos jogadores
(DUARTE; ARAÚJO; DAVIDS; <i>et al.</i> , 2012)	8 jogadores de futebol Sub-13	1 vs. 1	Fase relativa	TACTO®	Foram encontrados níveis elevados de sincronização e imprevisibilidade nos processos de coordenação interpessoal que teve sucesso do ataque. Coordenações mais previsíveis levaram a maior probabilidade de sucesso da defesa

Tabela 2: Estudos exploratório que realizaram análise das interações nos sub-grupos (vários vs. vários)

Estudo	Amostra	Escala de interação	Variáveis analisadas	Sistema utilizado para análise	Principais resultados
(SAMPAIO; MACAS, 2012)	12 jogadores de futebol amadores	5 vs. 5 + GR	Distância de cada jogador para o centroide; Distância máxima do jogador mais afastado do centroide; Distância mínima do jogador mais próximo do centroide; Fase relativa	GPSports®	As equipes apresentam maior irregularidade do posicionamento no pré-teste. Após o período de treinamento os jogadores ajustam o posicionamento no campo
(FRIAS; DUARTE, 2014)	20 jogadores de futebol Sub-17	5 vs. 5 + GR	Área de superfície; Índice de dispersão; Razão do comprimento pela largura; Distância entre os centroides	GPSports®	Mudança no método de jogo defensivo tende a influenciar no comportamento dos jogadores em jogos reduzidos. Defendendo por zona as equipes apresentam uma ocupação mais proporcional no campo
(SILVA; DUARTE; <i>et al.</i> , 2014)	20 jogadores de base de dois clubes diferentes. Um de nível nacional e outro regional	4 vs. 4 + GR	Espaço de jogo efetivo; Razão do comprimento pela largura; Separação das equipes; Incerteza da distância de cada jogador para o oponente mais próximo; Dependência mútua das equipes durante movimentações lateral e longitudinal	GPSports®	Diferentes dimensões do campo influenciam no comportamento da interação interpessoal de jogadores de diferentes níveis. Aumento do campo aumenta o espaço de jogo efetivo e a distância para defensor mais próximo

(SILVA; AGUIAR; <i>et al.</i> , 2014)	20 jogadores de base de dois clubes diferentes. Um de nível nacional e outro regional	4 vs. 4 + GR	Variabilidade da distribuição espacial; Variabilidade da distância do jogador para sua posição específica	GPSports®	Tamanho do campo e nível dos jogadores influenciam na variabilidade de movimentação dos jogadores. Aumentando o campo os jogadores respeitam mais as funções da sua posição. Quanto maior o nível competitivo do jogador, melhor adaptação ele vai ter ao tamanho do campo
(TRAVASSOS; GONCALVES; <i>et al.</i> , 2014)	20 jogadores profissionais	5 vs. 5 + GR	Distância dos centroides, Índice de dispersão; Índice de dispersão relativa	GPSports®	Utilizar mais alvos em jogos reduzidos modifica a relação espaço-temporal dos jogadores para obter sucesso, aumenta a distância e diferença dos espaços usados pelas equipes. Mais alvos expande a amplitude dos jogadores e atenção de estímulos percebidos, facilitando assim o desempenho tático
(TRAVASSOS; VILAR; <i>et al.</i> , 2014)	15 jogadores de futebol amador	4 vs. 4 + GR e 4 vs. 3 + GR	Fase relativa; Distância do defensor e do atacante para o centroide da sua equipe; Área de superfície; Distância dos centroides das equipes	TACTO®	Desvantagem numérica promove alto acoplamento entre os jogadores defensores e entre os defensores e a bola, diminui a distância do jogador para o centroide da sua equipe, diminui a área de superfície e aumenta a distância do centroide das equipes
(VILAR; DUARTE; <i>et al.</i> , 2014)	15 jogadores de futebol amador	5 vs. 5	Distância interpessoal; Distância relativa para interceptar o remate; Distância relativa para interceptar o passe	TACTO®	Jogar no menor campo levou a ter menor distância interpessoal do atacante para o defensor. Não teve diferença do tamanho do campo para a distância relativa para o passe e para o chute

(AGUIAR <i>et al.</i> , 2015)	10 Jogadores de base de um clube de elite de Portugal	2 vs. 2 + GR; 3 vs. 3 + GR; 4 vs 4 + GR; 5 vs 5 + GR	Distância de cada jogador para o centroide do seu time; Distância de cada jogador para o centroide do time adversário; Distância dos centroides das duas equipes	GPSports®	A distância e a regularidade dos jogadores para os centroides da sua equipe e da equipe adversária e a distância e regularidade dos centroides das duas equipes aumentam conforme aumenta o número de jogadores
(OLTHOF; FRENCKEN; LEMMINK, 2015)	23 jogadores Sub-17; 16 jogadores Sub-19 de uma equipe de elite da Holanda	4 vs. 4 + GR	Distância dos centroides das equipes; Índice de dispersão; Razão do comprimento pela largura	local position measurement (LPM) system®	Jogadores da categoria Sub-19 ocupam melhor lateralmente o campo que os jogadores Sub-17. A variabilidade de um jogo para o outro é similar para as duas categorias
(BARNABE <i>et al.</i> , 2016)	36 jogadores de futebol Sub-16, Sub-17 e Sub-19, sendo 12 para cada categoria	5 vs. 5 + GR	Área de superfície; Índice de dispersão; Razão do comprimento pela largura	GPSports®	Ao atacar, jogadores mais velhos e mais experientes ocupam maior área no campo e tem comportamento coletivo mais estável durante a interação da defesa com o ataque
(RIC <i>et al.</i> , 2016)	8 jogadores de futebol profissional	4 vs. 3; 4 vs. 5; 4 vs. 7	Sobreposição dinâmica	GPSports®	longa escala de tempo corresponde às tarefas compartilhadas ofensivas e defensivas durando dezenas de segundos. A diversidade tática dos jogadores diminui com um número crescente de adversários, especialmente na defesa. Manipular o desequilíbrio numérico é susceptível de promover mudanças na diversidade, imprevisibilidade e flexibilidade das soluções táticas

(FRENCKEN <i>et al.</i> , 2011)	10 jogadores de base de um clube de elite da Holanda	4 vs. 4 + GR	Distância dos centroides; Área de superfície (largura, comprimento e área)	local position measurement (LPM) system [®]	As equipes apresentam correlação forte da movimentação do centroide e fraca para as medidas da área de superfície ao longo do jogo. Nos momentos de gol, ocorreu cruzamento do centroide das equipes em 53% das situações e não teve mudança no padrão ao observar a área de superfície
(DUARTE; ARAÚJO; FREIRE; <i>et al.</i> , 2012)	14 jogadores de futebol Sub-13	3 vs. 3 + GR	Tendência de coordenação do centroide; Tendência de coordenação da área de superfície	TACTO [®]	O centroide tem uma forte relação de simetria na coordenação ataque/defesa. Área de superfície não tem um padrão claro de coordenação entre os sub-grupos. As maiores mudanças dos comportamentos dos sub-grupos ocorrem antes da assistência
(SAMPAIO <i>et al.</i> , 2013)	24 jogadores amadores de futebol	5 vs. 5 + GR e 5 vs. 4 + GR	Velocidade; Distância percorrida; Distância de cada jogador para o centroide	GPSports [®]	A aleatoriedade da distância para o centroide e as distâncias cobertas acima de 13km/h são os preditores mais fortes do ritmo do jogo. Distância percorrida abaixo de 6,9km/h e aleatoriedade para da distância para o centroide são os preditores mais fortes em relação ao status da partida (vencendo) e desequilíbrio (superioridade). Aumentar o ritmo de jogo requer um nível mais elevado de coordenação das equipes
(FOLGADO <i>et al.</i> , 2014)	10 jogadores de futebol Sub-9; 10 jogadores de futebol Sub-11; 10 jogadores de futebol Sub-13	3 vs. 3 + GR; 4 vs. 4 + GR	Razão do comprimento pela largura; Distância dos centroides das equipes	TACTO [®]	Jogadores mais novos tendem a apresentar maior valor da razão do comprimento pela largura e maior variabilidade dessa métrica. A distância dos centroides das equipes foi maior nos grupos mais velhos no formato 3x3. As distâncias foram similares no formato 4x4

Tabela 3: Estudos exploratório que realizaram análise das interações das equipes (11 vs. 11)

Estudo	Amostra	Escala de interação	Variáveis analisadas	Sistema utilizado para análise	Principais resultados
(FRENCKEN <i>et al.</i> , 2012)	25 jogadores de um jogo das quartas de final da <i>Uefa Champions League</i>	11 vs. 11	Distância dos centroides das equipes; Momentos críticos	AMISCO®	Utilização de uma abordagem inovadora para selecionar momentos críticos. A distância dos centroides das equipes descreve uma parte específica da dinâmica do jogo. Pequena distância dos centroides reflete alta pressão do ataque ou da defesa
(JAMES; REES; GRIFFIN; BARTER; TAYLOR; HEATH; VUCKOVIC, 2012)	8 jogos de uma liga doméstica	11 vs. 11	Tentativas de perturbação	Sistema de notação manual	Analisando as perturbações pode-se ter uma ideia do padrão de jogo das equipes e é possível identificar o padrão das equipes para desestabilizar os adversários e criar oportunidade de gol
(COUCEIRO <i>et al.</i> , 2014)	1 jogo da liga portuguesa de futebol	11 vs. 11	Distância coberta; Distância percorrida; Frequência de distribuição no campo; Coeficiente fracional de cada jogador	MATLAB®	Goleiros apresentam maiores valores de previsibilidade e instabilidade. Os mais imprevisíveis são os meio campistas. Os mais estáveis são os defensores
(GONCALVE S <i>et al.</i> , 2014)	22 jogadores da categoria de base	11 vs. 11	Distância percorrida; FC; Velocidade; Carga corporal (aceleração, desaceleração e salto);	GPS units (SPI-Pro)	Jogadores coordenam e ficam mais próximos do centroide específico da posição. Esse acoplamento é mais forte nos meias

	de uma equipe de elite de Portugal		Distância de cada jogador para o centroide posicional (defesa, meio e ataque); Distância entre os centroides posicional		e mais fracos nos atacantes. O posicionamento dinâmico dos atacantes são os mais irregulares
(WALLACE; NORTON, 2014)	12 finais de Copa do Mundo	11 vs. 11	Frequência e duração do jogo e período parado; Velocidade do jogo; Densidade do jogo; Quantidade de passe por minuto	TrakPerformance Software®	Ao longo dos anos aumentou a velocidade do jogo, a densidade do jogo e a quantidade de passe por minuto. O jogo passou a ter menos tempo de bola rolando, entretanto com mais intensidade
(FOLGADO <i>et al.</i> , 2015)	23 jogadores profissionais de um clube de elite da Inglaterra	11 vs. 11	Distância percorrida; Distância percorrida em diferentes velocidades; Fase relativa; Fase relativa em diferentes velocidades	Prozone®	Não teve diferença da distância percorrida, nem da distância percorrida em diferentes velocidades. Durante os períodos de jogos não congestionados, teve maior porcentagem do tempo com os movimentos sincronizados
(GAMA <i>et al.</i> , 2016)	30 jogos de uma equipe da primeira divisão de Portugal	11 vs. 11	Passe certo; Passe errado; Local do passe; Local da partida	Amisco®	As equipes acertam mais passes em casa do que fora. O meio campo é o local onde realizam mais passes. Independentemente do local da partida, a discrepância entre os passes bem e malsucedidos eram estocásticos. O tempo e o local do campo condicionam o comportamento dos jogadores
(SILVA <i>et al.</i> , 2016)	29 jogadores de futebol amador	11 vs. 11	Distância radial de cada jogador para o centro do seu gol; Fase relativa; Atraso de co-	GPS (Qstarz, model: BT-Q1000eX)	A média de acoplamento dos jogadores aumenta e diminui sem um padrão definido. As equipes diminuíram o atraso entre seus movimentos de co-posicionamento do primeiro para o último

(BARTLETT <i>et al.</i> , 2012)	10 jogos de cinco times em competições europeias de elite	11 vs. 11	posicionamento dos jogadores; Indicadores de desempenho (finalização, posse de bola e nº de recuperação de bola)	Prozone®	jogo. Não teve associação da média de acoplamentos dos jogadores e do time
(VILAR <i>et al.</i> , 2013)	28 jogadores de futebol profissional de uma partida da <i>Premiere League</i>	11 vs. 11	Sincronia e cruzamento dos centroides; Área de superfície; Índice de dispersão; Norma de frobenius	Prozone®	Os centroides das equipes movem sincronizados ao longo e através do campo. Não ocorreu cruzamento dos centroides nas sequências de gol. Foram encontradas poucas diferenças na dinâmica de coordenação dos ataques realizados com sucesso em relação as sequências em que houve desarme da defesa. As equipes se expandem e se contraem de forma sincronizada. Não teve diferença do centroide e da dispersão das equipes nos momentos de sucesso e insucesso do ataque
			Relação numérica dos jogadores nas subáreas do espaço de jogo efetivo	Prozone®	As equipes ocupam as subáreas mais próximas ao seu gol com mais jogadores que o adversário. Durante toda a partida, a subárea central foi a mais imprevisível em relação a quantidade de jogadores presentes. Foi introduzido um novo método para quantificar o espaço de jogo utilizando uma estrutura de análise dinâmica do posicionamento dos jogadores

4. Discussão

O objetivo do artigo foi analisar e organizar de forma sistemática os estudos exploratórios que analisaram o futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos, com o intuito de identificar as variáveis que descrevem os comportamentos dos sistemas nas diferentes escalas de análise (díades, sub-grupos e equipes).

A análise de desempenho ganhou espaço na literatura científica a partir da década de 1990, com a criação de sociedades científicas internacionais, edições de revistas científicas especializadas e introdução de conferências mundiais sobre o tema (SARMENTO *et al.*, 2014). Entretanto, as análises do comportamento coletivo das equipes a partir de dados de movimento dos jogadores, surgiram apenas recentemente (SILVA; AGUIAR; *et al.*, 2014). Contudo, já era possível encontrar alguns artigos teóricos que introduziram os fundamentos e conceitos das dinâmicas de coordenação (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994; GRÉHAIGNE; BOUTHIER; DAVID, 1997; GARGANTA; GRÉHAIGNE, 1999; MCGARRY *et al.*, 2002; DAVIDS *et al.*, 2003). Na busca realizada, foram encontrados artigos exploratórios a partir do ano de 2010. Em 2012 houve um aumento do número de publicações, e 2014 foi o ano com o maior número de estudos que trataram esse tema no futebol. Esses estudos foram realizados em diferentes escalas, e, poucos sobre as interações diádicas (1 vs. 1) foram identificados. O maior número de estudos considerou os sub-grupos (muitos vs. muitos). Mais recentemente, houve um aumento do número de estudos das equipes em jogos formais (11 vs. 11).

Díades

Estudos sobre a escala diádica são os menos frequentes dentre aqueles que analisaram o futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos. Foram encontrados quatro, dentre os quais três analisaram a relação entre um atacante e um defensor (DUARTE *et al.*, 2010; DUARTE; ARAÚJO; DAVIDS; *et al.*, 2012; HEADRICK *et al.*, 2012), e outro, a relação entre o atacante e o goleiro (SHAFIZADEH *et al.*, 2016). Apenas no estudo que analisou a relação entre o atacante e o goleiro foi realizada análise a partir de uma partida oficial de futebol. Os demais trataram-se de experimentos controlados da relação atacante/defensor sem a interferência de outros companheiros e adversários.

As principais variáveis analisadas foram a distância interpessoal (distância do atacante para o adversário) e a velocidade relativa dos jogadores (diferença da velocidade do atacante e do defensor). Alta velocidade relativa e baixa distância interpessoal foram relacionadas à transição de fase (DUARTE *et al.*, 2010). Nesses estudos, os autores consideram a transição de fase quando o atacante desestabiliza o sistema diádico ao passar pelo defensor, tomando uma posição mais próxima ao gol adversário (HEADRICK *et al.*, 2012). Com isso, o sistema se auto-organiza em um novo estado devido à alteração crítica de uma ou mais variáveis (KELSO, 1984). A fase relativa é uma variável coletiva que capta a estabilidade da relação entre dois elementos individuais (KELSO; JEKA, 1992). Duarte *et al.* (2012) analisaram a fase relativa através da entropia aproximada (ApEn) para verificar a variabilidade da coordenação interpessoal relacionada ao sucesso do atacante ou do defensor. Os autores realizaram um experimento no qual o atacante tinha o objetivo de passar pelo defensor em um espaço reduzido. Foram encontrados altos níveis de sincronização espaço-temporal entre os jogadores e alto nível de imprevisibilidade ao longo do tempo nas situações de sucesso do ataque, (i.e., ao atacar, os jogadores devem desenvolver uma sincronia espaço-tempo altamente irregular com defensores). Já em relação à interação entre atacante e goleiro, Shafizadeh *et al.* (2016) encontraram uma forte correlação entre a distância interpessoal e mudanças de velocidade próximas ao momento da finalização no ambiente formal do jogo de futebol. Os autores reportaram que, quando o goleiro regula sua movimentação de acordo com a trajetória do atacante e diminui o espaço entre eles, aumenta a chance de o goleiro conseguir realizar a defesa.

Ao realizar análise da relação diádica no jogo, Shafizadeh *et al.* (2016) consideraram a influência das ações dos companheiros de time e dos outros adversários no comportamento dos jogadores analisados. Ao controlar o ambiente, diferentes oportunidades de ação podem ser geradas, em comparação ao jogo formal, pois essas oportunidades emergem de configurações específicas da relação entre os elementos do sistema e o ambiente (GIBSON, 1979). Headrick *et al.* (2012) corroboram essa ideia ao comparar o mesmo exercício de 1x1 em diferentes locais do campo. Os autores observaram que a construção de exercícios com os mesmos jogadores em locais

diferentes do campo faz com que emerjam padrões diferentes de comportamentos. Os atacantes e defensores utilizaram diferentes estratégias no confronto, simplesmente pelo fato de estar em locais diferentes. Os atacantes obtiveram mais sucesso na tarefa quando realizada próximo ao gol adversário, em relação ao mesmo exercício preparado no meio do campo e no setor ofensivo.

Por tratar-se de um tema de estudo recente no futebol, ainda não foram exploradas outras variáveis referentes às interações diádicas que podem ser consideradas determinantes para a manutenção ou quebra da simetria do sistema. Em outras modalidades, como squash (MCGARRY; KHAN; FRANKS, 1999), tênis (PALUT; ZANONE, 2005; LAMES, 2006), basquete (BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010a), rúgbi (PASSOS *et al.*, 2008; PASSOS *et al.*, 2009) e futsal (VILAR; ARAÚJO; *et al.*, 2014), foram realizadas análises das interações diádicas, utilizando algumas variáveis apresentadas nos estudos do futebol aqui descritos, além de outras, como o ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza, e a distância relativa para o alvo, as quais ainda podem ser exploradas no futebol.

Em 75% dos artigos que recorreram a análises das escalas diádicas, o rastreamento dos jogadores foi realizado utilizando o *software* TACTO[®]. Esse *software* tem sido utilizado em estudos exploratórios que têm como base os conceitos da teoria dos sistemas dinâmicos nos esportes coletivos. Apesar de tratar-se de análise manual, o instrumento apresenta alto valor de confiabilidade, tornando possível a avaliação eficaz das dinâmicas de interação. Apenas um utilizou o Kinovea[®], um *software* gratuito que possibilita a análise angular dos movimentos, cálculo da velocidade e distância, e rastreamento do movimento dos jogadores (SHAFIZADEH *et al.*, 2016). Em ambos os *softwares* é necessário filmar o jogo com uma câmera fixa, pois deve-se calibrar a cena a partir da identificação dos pontos na dimensão real, que será transformada em 2D para possibilitar o cálculo das variáveis (SERRANO; SHAHIDIAN; FERNANDES, 2014; PUIG-DIVÍ *et al.*, 2017).

Portanto, ao usar a escala diádica, obtêm-se informações em escala reduzida, que podem ser essenciais, pois podem ser as responsáveis por desestabilizar todo o sistema e alterar a organização macro da equipe (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994). Esse tipo de análise pode ser realizado no jogo formal, apenas

isolando os comportamentos a nível local, sem desconsiderar os constrangimentos próprios do ambiente em que estão inseridos.

Sub-grupos

Análises de sub-grupos foram as mais utilizadas nos estudos encontrados na busca. Os jogos reduzidos têm sido utilizados com o intuito de tentar replicar as demandas táticas, técnicas e fisiológicas do jogo de futebol (HILL-HAAS *et al.*, 2011). As equipes apresentam relação positiva linear da movimentação do centroide e relação negativa linear da área de superfície ao longo do jogo, ou seja, o centroide de uma equipe acompanha a movimentação do centroide do adversário. Já a área de superfície de uma equipe expande enquanto a área de superfície adversária se contrai (FRENCKEN *et al.*, 2011; DUARTE; ARAÚJO; FREIRE; *et al.*, 2012).

Entretanto, deve-se ter cautela ao se utilizar esses jogos reduzidos, pois, assim como nas díades, pequenas alterações poderão gerar diferentes comportamentos nos jogadores (GRÉHAIGNE; BOUTHIER; DAVID, 1997). Nesse sentido, Travassos *et al.* (2014) observaram que substituir a baliza oficial por três pequenas balizas modifica a relação espaço-temporal, pois há aumento da distância e diferença dos espaços usados pelas equipes. Ao analisar diferentes confrontos (2x2, 3x3, 4x4 e 5x5), Aguiar *et al.* (2015) apontam que, conforme o número de jogadores no campo aumenta, tanto a distância e a regularidade (probabilidade logarítmica de padrões próximos permanecerem próximos) dos centroides (posição média dos jogadores) das duas equipes, quanto a distância e regularidade dos jogadores para os centroides de cada equipe também aumentam. Ao aumentar o número de adversários na defesa, diminui a imprevisibilidade das ações dos jogadores que estão na fase ofensiva e torna o sistema mais estável (RIC *et al.*, 2016). A inferioridade numérica eleva a coordenação dos movimentos (acoplamento) entre os defensores, diminui a distância dos jogadores para o centroide, diminui a área de superfície e aumenta a distância entre os centroides das equipes (TRAVASSOS; VILAR; *et al.*, 2014). Com isso, percebe-se que a manipulação das relações numéricas poderá promover mudanças na imprevisibilidade e flexibilidade dos comportamentos táticos dos jogadores no jogo (RIC *et al.*, 2016). Em relação ao tamanho do campo, jogar em um campo maior aumenta o espaço de jogo efetivo. A mesma relação se encontra na distância interpessoal dentre o atacante

e o defensor mais próximo (SILVA; DUARTE; *et al.*, 2014; VILAR; DUARTE; *et al.*, 2014). Além disso, ao analisar a regularidade do posicionamento dos jogadores no campo, Silva *et al.* (2014) apontam que aumentar o tamanho do campo, diminui a regularidade do posicionamento dos jogadores, o que torna mais previsível as regiões do campo em que os jogadores se posicionam.

A categoria etária dos jogadores também é um fator que irá alterar a dinâmica de movimentação da equipe. Jogadores da categoria Sub-19 apresentam maior índice de dispersão lateral (ocupação lateral do campo) em comparação aos jogadores da categoria Sub-17 (OLTHOF; FRENCKEN; LEMMINK, 2015). Ao atacar, jogadores mais velhos e mais experientes ocupam maior área (BARNABE *et al.*, 2016) no campo e distribuem-se melhor (FOLGADO *et al.*, 2014) que os jogadores mais novos. Além disso, os jogadores mais experientes apresentam comportamento coletivo mais estável que os jogadores menos experientes (FOLGADO *et al.*, 2014; BARNABE *et al.*, 2016). Ao analisar um time amador, Sampaio e Maças (2012) observaram que, após serem submetidos a um período de treinamento, os jogadores apresentaram maior regularidade na sua distância em relação ao centroide. Soma-se a isto o condicionamento de suas movimentações pelo posicionamento de seus companheiros, pois apresentaram movimentos mais sincronizados no teste realizado após o período de treinamento. Jogadores que treinam em equipes que disputam campeonatos a nível nacional se auto-organizam e adaptam mais facilmente aos diferentes constrangimentos, como jogar em campos de diferentes tamanhos (SILVA; AGUIAR; *et al.*, 2014) ou coordenar as ações em um ritmo elevado (SAMPAIO *et al.*, 2013).

Além dessas variáveis, é possível identificar padrões de comportamento em diferentes propostas de jogo da equipe, como feito por Frias e Duarte (2014), que verificaram que mudanças no método de jogo defensivo tendem a influenciar o comportamento dos jogadores. Ao defender em zona, as equipes apresentam ocupação mais proporcional do campo. Enquanto estão vencendo as partidas, ou em superioridade numérica, as equipes apresentam maior variabilidade na distância entre os jogadores e o centroide (SAMPAIO *et al.*, 2013). Além disso, é possível identificar alguns momentos chave do jogo a partir dessas variáveis. Na maioria das sequências finalizadas em gol, ocorre cruzamento dos centroides (FRENCKEN *et al.*, 2011). O

momento de maior variação do comportamento ocorre antes da assistência (DUARTE; ARAÚJO; FREIRE; *et al.*, 2012) .

Contudo, para coleta desses dados de forma precisa, são necessários sistemas que possibilitam rastrear a movimentação dos jogadores. Os sistemas de análise mais utilizados para rastreamento de movimento dentre os estudos que analisaram sub-grupos foram o GPS e o *Local Position Measurement (LPM)*, que medem a posição e velocidade dos jogadores ao longo do tempo. Com esses sistemas é possível realizar o rastreamento em tempo real, a partir da utilização, por parte dos jogadores, de dispositivos que transmitem um sinal de radiofrequência para estações-base ao redor do campo. Com isso, é possível obter os dados de forma rápida e precisa. Contudo, também é possível rastrear os jogadores através de sistemas de rastreamento manual, o que demanda mais tempo, mas com custos significativamente inferiores, como foi feito por alguns artigos, que utilizaram o TACTO[®] (*software* mencionado na descrição dos resultados dos estudos que recorreram às análises diádicas).

Apesar de ser a escala de análise mais frequente nos estudos, nenhum analisou as dinâmicas dos sub-grupos no contexto de um jogo formal (11 vs. 11). Tendo em vista que, apenas no ano de 2015 a FIFA[®] liberou o uso de dispositivos GPS em partidas oficiais, a aplicação dessas análises no treinamento era mais viável. Como a maioria dos exercícios de treinamento são caracterizados pela utilização de jogos reduzidos, o emprego dessa escala de análise pode servir para verificar se o padrão de comportamento coletivo de determinados exercícios de treino é representativo em relação aos padrões observados no contexto competitivo. Contudo, ao utilizar os jogos reduzidos, deve-se buscar aproximar ao máximo o contexto e o ambiente do jogo formal, pois, é necessário preservar as propriedades do ambiente em que está sendo simulado o exercício para que sejam geradas oportunidades de ações próximas as oportunidades que emergem nas partidas (HAMMOND; STEWART, 2001).

Equipes

Foram encontrados 10 estudos que analisaram as equipes como um todo no contexto competitivo no futebol, considerando as dinâmicas de interação dos jogadores. Apesar de haver um número menor de estudos, em comparação à escala dos

sub-grupos, as análises das equipes foram as que apresentaram maior diversidade de variáveis analisadas. Apesar de alguns desses estudos ainda terem apresentado foco predominante sobre variáveis físicas/fisiológicas (distância percorrida; frequência cardíaca; velocidade; carga corporal) (COUCEIRO *et al.*, 2014; GONCALVES *et al.*, 2014; FOLGADO *et al.*, 2015) e técnicas (passe certo; passe errado) (GAMA *et al.*, 2016), Wallace e Norton (2014) encontraram características que apontam para a evolução do futebol, ao analisarem as finais das Copa do Mundo FIFA[®] de 1966 a 2010. De acordo com os autores, o jogo passou a ter menos tempo de bola rolando, entretanto com mais intensidade, pois também foi possível observar aumento da velocidade, quantidade de passe por minuto e densidade do jogo (quantidade de jogadores ao redor da bola).

Dentre as variáveis coletivas, o centroide foi a mais utilizada nos estudos. No jogo formal, os centroides de ambas as equipes tendem a mover-se de forma sincronizada, tanto no eixo longitudinal quanto lateral (BARTLETT *et al.*, 2012). Nos momentos críticos de pressão do ataque ou da defesa, os centroides das equipes ficam mais próximos (BARTLETT *et al.*, 2012; FRENCKEN *et al.*, 2012), mas dificilmente ocorre cruzamento, diferentemente do que foi observado em jogos reduzidos (FRENCKEN *et al.*, 2011). Além disso, verificou-se que os jogadores tendem a ficar mais próximos do centroide específico da sua posição (GONCALVES *et al.*, 2014). Frencken *et al.* (2012), tentaram identificar os momentos de oportunidades de gol das equipes através da alta variabilidade da distância entre os centroides das duas equipes, ou seja, verificar se os períodos de instabilidade da distância dos centroides antecediam as situações de oportunidade de gol. Entretanto, a maioria das oportunidades de gol não foi precedida por essa variabilidade. Já James *et al.* (2012) analisaram os momentos de perturbação para identificar como as equipes conseguem desestabilizar o adversário para criar oportunidades de gol. Perturbações ocorrem quando um incidente gera uma instabilidade no estado do sistema, o que altera o ritmo do ataque e da defesa, podendo levar a criação de uma oportunidade de finalização (HUGHES *et al.*, 1998; MCGARRY *et al.*, 2002). Como proposto por James *et al.* (2012), as perturbações podem ser identificadas e analisadas de forma simples, através da notação manual a partir da observação dos jogos.

Outra variável coletiva que fornece dados da sincronia entre elementos do jogo de futebol é a fase relativa. Folgado et al. (2015) observaram que, em períodos com acúmulo de jogos (2 jogos por semana), os jogadores apresentaram menor porcentagem do tempo sincronizados em relação aos movimentos longitudinais e laterais. Em outro estudo, observou-se que, ao serem submetidos a 15 semanas de treinamento, a sincronia dos jogadores das equipes analisadas aumentava ao longo das semanas (SILVA *et al.*, 2016). Já a distância percorrida e distância percorrida em diferentes velocidades não apresentaram diferença entre o período com acúmulo de jogos e um período com menos jogos (FOLGADO *et al.*, 2015). Portanto, percebe-se que, mesmo mantendo os níveis fisiológicos ao percorrer as mesmas distâncias e mantendo a intensidade, o acúmulo de jogos pode afetar o desempenho tático da equipe, pois, nesses períodos, há queda da sincronia entre os jogadores e diminuição na frequência dos treinamentos.

Em relação ao desempenho tático coletivo das equipes, a área de superfície é uma medida dinâmica, que fornece informações globais das equipes de futebol. Ao contrário do que foi observado por Frencken et al. (2011) em jogos reduzidos, no jogo formal, Bartlett et al. (2012) verificaram que as equipes expandem e contraem suas áreas de superfície de forma sincronizada nos diferentes momentos da partida. Já Vilar et al. (2013) dividiram a área de superfície total (de ambas as equipes) em sete subáreas, propondo uma nova abordagem que quantifica a relação numérica dos jogadores das duas equipes nesse espaço. Os autores observaram que, durante uma partida, a subárea central é a mais imprevisível em relação à quantidade de jogadores de ambas as equipes. Esse achado corrobora os de Couceiro et al. (2014), que apontaram que os meio campistas são os jogadores mais imprevisíveis em relação a sua ocupação no campo, pois oscilam mais sua trajetória ao longo da partida. Assim, percebe-se que a área de superfície é uma variável que fornece dados a partir dos quais é possível identificar o padrão de comportamento coletivo das equipes.

Para obtenção de dados referentes a essas variáveis coletivas, é necessário rastrear o movimento dos jogadores no jogo. Os sistemas mais utilizados nos estudos foram os computadorizados de *tracking* semi-automático (ex.: Amisco[®], Prozone[®]). Esses serviços fornecem com precisão as demandas físicas e dados de rastreamento

dos jogadores. Todavia, é necessário um entendimento do pesquisador para analisar as variáveis táticas a partir dos dados de coordenadas gerados por estes sistemas (CASTELLANO; ALVAREZ-PASTOR; BRADLEY, 2014). Além disso, esses sistemas possuem alto custo financeiro, e só é possível coletar os dados em partidas em que o estádio possua tais serviços/sistemas. Atualmente, com a liberação da FIFA[®] para a utilização de GPS durante os jogos, também é possível calcular a trajetória dos jogadores utilizando os dados posicionais fornecidos pelos dispositivos de GPS no jogo formal (GONCALVES *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2016). Há também sistemas de rastreamento manual com custo reduzido que podem ser utilizados, como o *Trak Performance Software*[®] (WALLACE; NORTON, 2014), que requer apenas a inserção do arquivo de vídeo no *software* para realização do rastreamento e *software* de programação (ex.: Matlab[®]), como utilizado por Couceiro et al. (2014).

Ao realizar análise das equipes em situações de competição, obtém-se as informações do contexto real do jogo de futebol. Apesar da análise do jogo formal ser a que apresenta maior grau de validade ecológica, são necessários mais estudos para identificar as variáveis coletivas que apresentam informações mais relevantes, uma vez que essa foi a escala de análise que apresentou maior diversidade de variáveis utilizadas.

5. Conclusão

Estudos que utilizaram conceitos da teoria dos sistemas dinâmicos são divididos em três escalas de análise: díades (1 vs. 1), sub-grupos (muitos vs. muitos) e equipes (11 vs. 11). A escala diádica é a que apresenta a menor quantidade de estudos disponíveis na literatura. Essa escala aponta padrões de comportamentos na organização micro que podem gerar alterações na organização global do sistema. Apenas um desses estudos foi realizado no ambiente do jogo formal de futebol, sendo os outros realizados sem a interferência de outros companheiros e adversários. As análises dos sub-grupos foram as mais exploradas pelos pesquisadores. Todos os estudos foram experimentos controlados da relação grupal dos jogadores. Neste caso, deve-se buscar aproximar ao máximo o contexto e o ambiente do jogo formal para preservar as propriedades do ambiente em que está sendo simulado o exercício e geradas oportunidades de ações próximas as oportunidades que emergem nas partidas.

As análises realizadas no jogo formal apresentam informações do contexto real do jogo de futebol. Entretanto, são necessários mais estudos para identificar as variáveis coletivas que apontam informações mais relevantes para o jogo. Essa escala foi a que apresentou maior diversidade de variáveis analisadas, não tendo um consenso de quais variáveis melhor descrevem o padrão de comportamento coletivo das equipes. Portanto, percebe-se que todas as escalas de análise têm sua importância e é necessário um entendimento dos pesquisadores e das comissões técnicas para decidir qual das escalas utilizar, além de quando e como utilizá-las, dependendo das informações que se deseje obter sobre as equipes.

6. Agradecimentos

Agradeço às agências de fomento que possibilitaram a realização deste trabalho: CAPES, SEESP-MG através da LIE, FAPEMIG, CNPq, FUNARBE, Reitoria, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Estudo 2

Título: Como a Relação do Atacante com o Defensor Condiciona a Criação de Oportunidades de Gol no Futebol?

Henrique Américo, Rodrigo Santos, Alexandre Brandão, Israel Teoldo

Resumo: O objetivo do presente estudo foi identificar o padrão das relações diádicas do atacante com o defensor mais próximo em sequências ofensivas terminadas em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor. A amostra foi composta por 506 sequências ofensivas finalizadas em gol (92), defesa do goleiro/trave (249) e interceptação do defensor (165) na Copa do Mundo FIFA[®] 2014. As análises foram realizadas em quatro momentos específicos de cada sequência ofensiva: (M1) momento em que o jogador que realizou a assistência recebe a bola; (M2) momento em que esse jogador realizou a assistência; (M3) momento em que o jogador que rematou recebeu a bola; (M4) momento em que o jogador realizou o remate. Em cada um dos quatro momentos calculou-se a distância interpessoal do atacante e o defensor mais próximo; distância do atacante para o centro da baliza; distância relativa do atacante e do defensor para o centro do gol; e ângulo do defensor para o atacante e o centro da baliza para cada um dos três resultados de oportunidade de gol (gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor). As métricas foram comparadas através de análise de efeitos principais simples (2 momentos x 3 resultados). O nível de significância foi definido como $p < 0,05$. As métricas da relação do assistente com o defensor mais próximo não influenciaram o resultado das oportunidades de gol. Em relação ao jogador que realizou o remate, as quatro métricas apresentaram características diferentes em relação às oportunidades que resultaram em gol, defesa do goleiro/trave e interceptações de um defensor. Conclui-se que a relação do atacante com o defensor apresenta influência no resultado das oportunidades de gol, do momento em que o jogador recebe a bola até o momento em que realiza o remate.

Palavras chave: futebol, análise de jogo; sistemas dinâmicos, interação, díade.

Abstract: The aim of the present study was to identify the pattern of dyadic relations between the attacker and the closest defender in offensive sequences concluded with goal, goalkeeper save/ball shot at the goalposts and shot interception by a defender. The sample was comprised by 506 offensive sequences concluded with goal (92), goalkeeper save/ball shot at the goalposts (249) and shot interception by a defender (165) during the 2014 FIFA World Cup. The analyses were conducted according to four specific moments of each offensive sequence: (M1) the moment when the player who made the assist received the ball; (M2) the moment when this same player made the assist; (M3) the moment when the attacker who made the shot received the ball; (M4) the moment when this same attacker made the shot. In each of the four moments we calculated the interpersonal distance between the attacker and the closest defender; the distance between the attacker and centre of the goal; the relative distance between the attacker, the defender and the centre of the goal; and the angle between the defender, the attacker and the centre of the goal, for each of the three possible results from the scoring opportunities. The metrics were compared through the analysis of simple main effects (2 moments vs. 3 results). The significance level was set to $p < 0.05$. The metrics regarding the relation between the assistant and the closest defender did not influence the results of the scoring opportunities. With respect to the attacker who made the shot, all four metrics displayed different characteristics regarding the opportunities that resulted in goal, goalkeeper save and defender's interception. We concluded that the relation between the attacker and the defender influences the result of the scoring opportunity, from the moment when the attacker receives the ball until the moment when the makes the shot.

Keywords: soccer; match analysis; dynamical systems; interaction; dyads.

1. Introdução

O futebol pode ser considerado como um sistema dinâmico devido a sua característica complexa, em que a interação dos jogadores com os companheiros e adversários pode constantemente alterar o estado do sistema (FRANKS; GOODMAN, 1986). Essa interação pode ser analisada em diferentes níveis, sendo do micro – relação diádica de um jogador com o adversário – ao macro, resultado da interação das equipes como um todo (PRIGOGINE; STENGERS, 1984). Contudo, as interações diádicas no nível micro podem alterar o estado do sistema a nível macro (GRÉHAIGNE; BOUTHIER; DAVID, 1997; DAVIDS; ARAÚJO; SHUTTLEWORTH, 2005). Análise da relação diádica no esporte pode apresentar informações minuciosas, onde detalhes do posicionamento local dos jogadores alteram o padrão coletivo da equipe (DAVIDS *et al.*, 2013).

Os sistemas diádicos emergem de um ambiente dinâmico que pode ser explicado por diversos parâmetros (DUARTE *et al.*, 2010). Por se tratar de um foco de pesquisa recente, pesquisadores tem buscado identificar variáveis que influenciam nessa relação diádica nas modalidades esportivas. A distância e velocidade do defensor para a bola são variáveis que auxiliam o defensor a interceptar o passe no futsal (TRAVASSOS; ARAUJO; *et al.*, 2012). A distância interpessoal e velocidade do atacante e do defensor estão relacionadas com a chance de sucesso do atacante no rúgbi (PASSOS *et al.*, 2008) e no basquete (ARAÚJO *et al.*, 2004). No tênis (PALUT; ZANONE, 2005) e no basquete (BOURBOUSSON; SÈVE; MCGARRY, 2010a; b), os respectivos autores utilizaram a fase relativa como uma medida para apresentar as tendências de coordenação entre os jogadores nos sistemas diádicos. No futsal, Vilar *et al.* (2014) identificaram que a distância interpessoal, a distância relativa para o gol, a velocidade relativa e o ângulo formado entre o atacante, o defensor mais próximo e a baliza, são variáveis que alteram a relação aumentando a probabilidade de sucesso na criação/prevenção de oportunidades de gol.

Especificamente no futebol, existem alguns indicativos de variáveis que influenciam na relação diádica do atacante com um defensor ou goleiro adversário. A distância interpessoal mais curta e maior velocidade relativa favoreceram a ocorrência de transição de fase na relação entre o atacante e o defensor (DUARTE *et al.*, 2010).

A distância do atacante para a baliza influencia o desempenho dos jogadores. Quanto mais próximo estiver da baliza, maior a probabilidade de sucesso do atacante (HEADRICK *et al.*, 2012). Ao analisar a fase relativa, Duarte, et al. (2012), encontraram níveis elevados de sincronização e imprevisibilidade nos processos de coordenação interpessoal em que o ataque obteve sucesso. Shafizadeh, et al. (2016) analisaram o tempo para o contato, a velocidade relativa e a distância interpessoal da relação do atacante com o goleiro no jogo formal de futebol. Os autores verificaram que a percepção da informação nas distâncias interpessoais e velocidade relativa fornece informações sobre a movimentação dos jogadores, aumentando a probabilidade de sucesso do goleiro.

Apesar desses estudos apontarem a importância da relação diádica em relação ao comportamento coletivo da equipe, a maioria se limitou a criar desenhos experimentais sem a presença de companheiros e outros adversários, desconsiderando a influência desses outros jogadores na sua ação. De acordo com a perspectiva da teoria dos sistemas, um elemento irá influenciar o comportamento dos outros elementos, não podendo ser considerado de forma isolada em relação ao ambiente onde ocorre a interação entre eles (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994). Com isso, a nível diádico, torna-se necessário identificar como essa interação local irá interferir no comportamento coletivo da equipe para ajudá-la a ser bem-sucedida. No geral, Harris e Reilly (1988) destacam que, no futebol, o sucesso é conseguir concluir um remate em direção ao alvo. Para isso, o atacante busca promover instabilidade na interação com o defensor mais próximo para desorganizar o sistema defensivo adversário ou atrair o defensor para criar espaço onde seus companheiros possam explorar (VILAR *et al.*, 2012). Com isso, percebe-se a importância de se levar em consideração a presença dos outros companheiros e adversários no estudo das relações diádicas do atacante com o defensor para conseguir obter sucesso.

Apesar dessas oportunidades de gol serem consideradas sucesso, mesmo as que não resultaram em gol, autores têm buscado identificar se existe diferença no padrão de comportamento quando as equipes conseguem marcar o gol de quando elas criam oportunidade, mas não conseguem marcar (TENGA; RONGLAN; BAHR, 2010; VILAR; ARAÚJO; *et al.*, 2014). Tenga, Ronglan e Bahr (2010) não encontraram

diferença do tipo de circulação da bola adotado, a zona de início da sequência ofensiva, o número e o tipo de passes entre diferentes resultados das oportunidades de gol. Já Vilar et al. (2014) encontraram que a relação do atacante com o defensor mais próximo apresenta influência nos resultados das oportunidades de gol. Por ser o maior torneio de futebol do mundo, identificar se a relação diádica do atacante com o defensor mais próximo influencia no resultado das oportunidades de gol nos jogos da Copa do Mundo FIFA[®], pode apresentar alguns indícios de que a relação do atacante com o defensor numa escala micro altera o padrão de comportamento global no macro.

Portanto, o objetivo do presente estudo é identificar o padrão das relações diádicas do atacante com o defensor mais próximo em sequências ofensivas terminadas em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor. A hipótese do estudo é de que a distância interpessoal, distância do atacante para o centro da baliza a distância relativa para o gol e o ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza sejam variáveis que permitirão a diferenciação dos resultados das oportunidades de gol.

2. Métodos

Amostra

A amostra foi composta por 506 sequências ofensivas de jogos da Copa do Mundo FIFA[®] 2014 finalizadas em gol (92), defesa do goleiro/trave (249) ou interceptação do defensor (165).

Procedimentos

Os vídeos dos jogos utilizados para análise foram obtidos através de uma câmera posicionada no alto dos estádios, e foram cedidos para fim de pesquisa pela organizadora do evento. A edição das sequências ofensivas selecionadas foi realizada através do *software* Videobserver[®] (Versão 1.3.68, Lisboa, Portugal). As análises das variáveis foram realizadas em cada sequência ofensiva selecionada. Uma sequência ofensiva tem início no primeiro contato do jogador com a bola e finaliza no último contato de um jogador da mesma equipe, nessa mesma ação de posse de bola (GARGANTA, 1997).

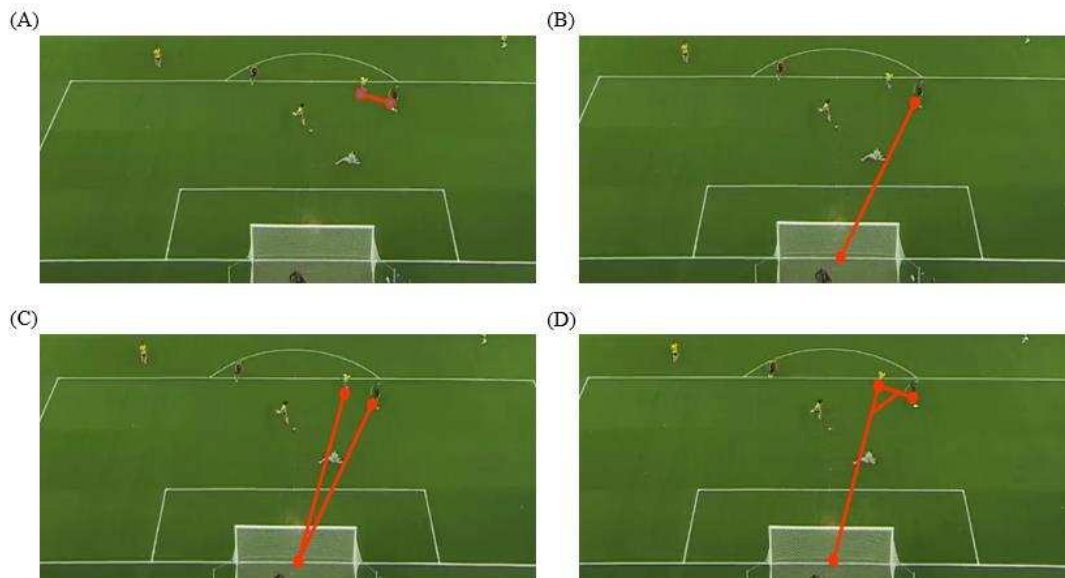
Análise dos dados

As análises foram realizadas em quatro momentos de cada sequência ofensiva: (M1) Momento em que o jogador que realizou a assistência recebeu a bola; (M2) Momento em que esse jogador realizou a assistência; (M3) Momento em que o jogador que rematou recebeu a bola; (M4) Momento em que o jogador realizou o remate; e em três resultados das oportunidades de gol: (1) Gol; (2) Defesa do goleiro/trave; (3) Intercepção de um defensor. Como a instabilidade do adversário majoritariamente emerge antes do passe que antecede uma oportunidade de gol (BARNABE *et al.*, 2016), esses momentos foram selecionados por serem momentos que englobam ações do jogador que realizou a assistência e do que rematou em direção a baliza.

Em cada um dos quatro momentos, as métricas das análises diádicas foram calculadas através das coordenadas “x” e “y” dos jogadores e do centro da baliza. Nos dois primeiros momentos analisou-se o jogador que realizou a assistência, o defensor mais próximo a esse jogador e o centro da baliza. Nos dois últimos momentos analisou-se o jogador que realizou a finalização, o defensor mais próximo desse jogador e o centro da baliza. Com isso, foram empregadas as seguintes variáveis para análise das relações diádicas em cada momento:

- 1 - Distância interpessoal do atacante e o defensor mais próximo: Distância vetorial entre o atacante e o defensor;
- 2 – Distância do atacante para o centro da baliza: Distância vetorial entre o atacante e o centro da baliza;
- 3 - Distância relativa do atacante e defensor para o centro da baliza: Diferença entre a distância entre o atacante e o centro do gol e a distância entre o defensor e o centro do gol;
- 4 - ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza: Produto interno do vetor do defensor para o centro da meta e o vetor do defensor para o atacante.

Figura 1 Ilustração das diferentes métricas diádicas analisadas no estudo. Figura 1A – Distância interpessoal (a) entre o atacante (At) e o defensor mais próximo (Def). Figura 1B – Distância (b) do atacante (At) para o centro da baliza. Figura 1C – Distância relativa para o gol identificada pela diferença entre a distância do atacante (At) para o centro da baliza (d) e a distância do defensor mais próximo (Def) para o centro da baliza (c). Figura 1D – ângulo (e) formado do defensor mais próximo (Def) para o atacante (At) e o centro da baliza.



Todos os procedimentos computacionais foram realizados através do *software* MatLab[®], v. 2015a (MathWorks Inc., Natick, MA, EUA).

Análise Estatística

Os valores das métricas das coordenações diádicas foram comparados através da análise de efeitos principais simples entre as variáveis independentes (2 momentos x 3 resultados). Os valores das métricas empregadas entre os diferentes resultados das oportunidades de gol de acordo com cada um dos momentos analisados foram comparados através de múltiplos testes baseados nas médias ajustadas por meio do método Bonferroni ($p < 0,05$).

A análise do jogador que realizou a assistência foi realizada a partir de: 2 momentos (momento em que o jogador que realizou a assistência recebe a bola; momento em que esse jogador realizou a assistência) X 3 resultados (gol, defesa do goleiro/trave e interceptação do defensor). Depois foi feita a análise do jogador que realizou o remate em direção a baliza: 2 momentos (momento em que o jogador que realizou o remate recebe a bola; momento em que o jogador rematou para o gol) X 3

resultados (gol, defesa do goleiro/trave e interceptação do defensor). O nível de significância foi definido como $p < 0,05$.

Para obter o controle da qualidade das análises, os operadores realizaram duas semanas de treinamento que consistiu na análise de uma ou duas sequências de oportunidades de gol por dia. Para o cálculo da fiabilidade, foi utilizado o teste *Kappa* de *Cohen*, apontando valores de fiabilidade intra e inter avaliadores classificados como “quase perfeitos” (LANDIS; KOCH, 1977). Os resultados apresentaram fiabilidade intra avaliador com valores situados entre 0.86 e 1 (Erro padrão médio = 0,004). Para a fiabilidade inter avaliador, os resultados situaram-se entre 0,813 e 1 (Erro padrão médio = 0,004).

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados através do software IBM SPSS, versão 22.

3. Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores de média e desvio padrão das métricas diádicas analisadas em quatro momentos dos diferentes resultados das oportunidades de gol criadas na Copa do Mundo FIFA® 2014.

A Figura 2 apresenta os gráficos de comparação das métricas diádicas entre os dois primeiros momentos, correspondentes aos instantes em que a bola estava sob a posse do jogador que realizou a assistência, e entre os diferentes resultados das oportunidades de gol.

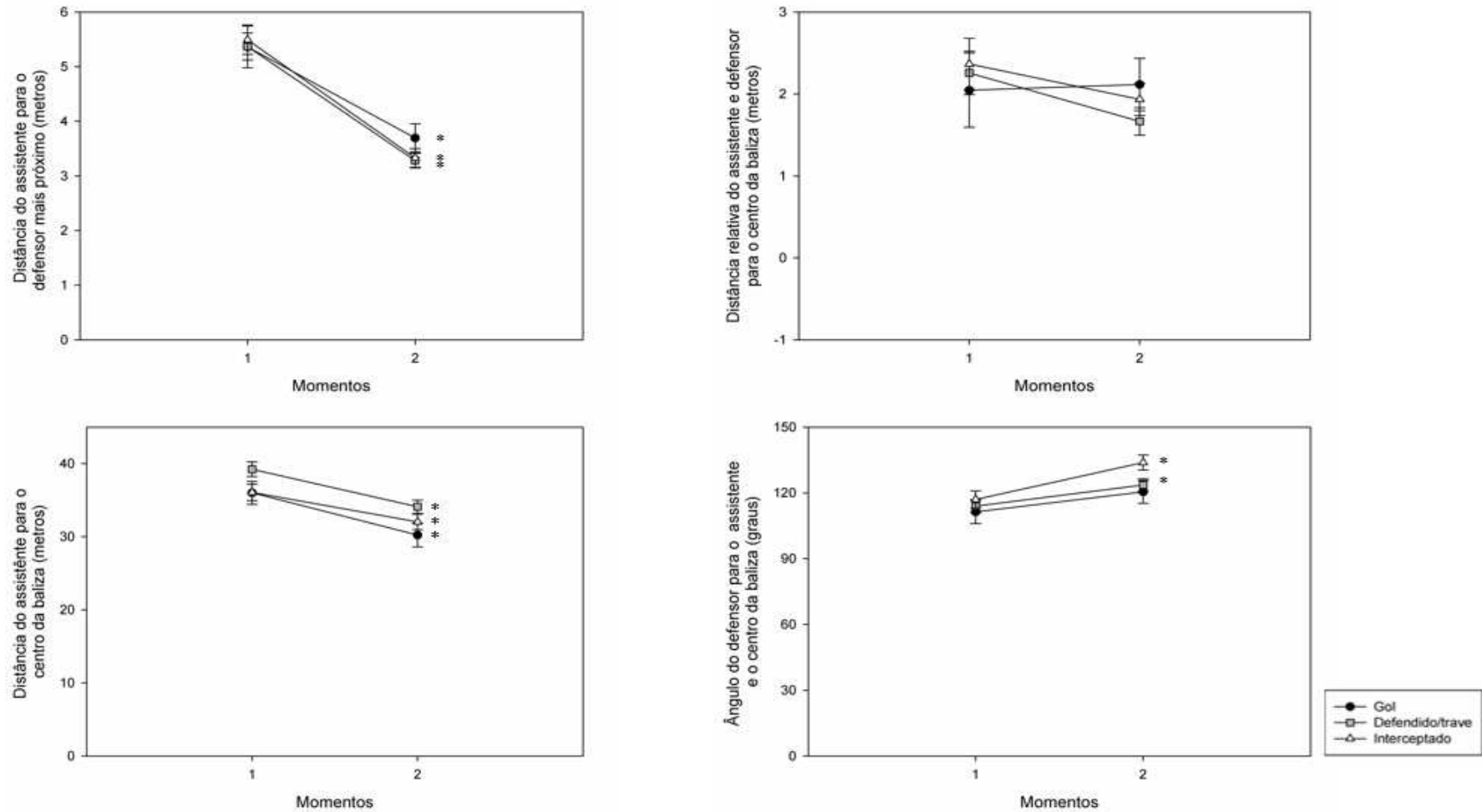
A distância entre o jogador que realizou a assistência e o defensor mais próximo não apresentou diferença entre os diferentes resultados de oportunidades de gol, tanto no momento em que o assistente recebe a bola (M1), quanto no momento em que ele realiza a assistência (M2). Contudo, nas três situações de oportunidades de gol, essa distância interpessoal diminui do M1 para o M2. A distância relativa do jogador que realizou a assistência e o defensor mais próximo para o centro da baliza não apresentou diferença entre os diferentes resultados das oportunidades de gol. Além disso, também não houve diferença do M1 para o M2. A distância do assistente para a baliza apresentou diferença apenas entre M1 e M2, sendo que, no momento em que o jogador realiza a assistência ele encontra-se mais próximo da baliza do que quando

recebe a bola, em todos resultados de oportunidades de gol. Em relação ao ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza, percebe-se que não há diferença entre os resultados das oportunidades de gol. Entretanto, apenas nas situações concluídas com gol, não houve aumento do ângulo entre M1 e M2.

Tabela 1. Média e desvio padrão das métricas diádicas (distância interpessoal do atacante para o defensor; distância do atacante para o centro da baliza; distância relativa do atacante e defensor mais próximo para o centro da baliza; ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza) nos quatro momentos (recepção do assistente (M1); assistência (M2); recepção do finalizador (M3); remate (M4)) dos diferentes resultados das oportunidades de gol (gol; defesa do goleiro/trave; interceptação de um defensor).

	M1	M2	M3	M4
Situação	Média (±DP)	Média (±DP)	Média (±DP)	Média (±DP)
Distância entre o atacante e o defensor				
Gol	5.36m (±3.65m)	3.69m (±2.48m)	3.55m (±2.30m)	3.30m (±2.04m)
Defendido/trave	5.36m (±3.93m)	3.28m (±2.15m)	4.92m (±3.35m)	2.87m (±1.78m)
Interceptado	5.55m (±3.53m)	3.33m (±1.42m)	4.09m (±2.81m)	2.48m (±1.33m)
Distância ente o atacante e o centro da baliza				
Gol	36.02m (±15.09m)	30.24m (±15.72m)	16.28m (±14.04m)	13.04m (±10.33m)
Defendido/trave	39.51m (±15.75m)	34.31m (±14.45m)	25.14m (±12.81m)	20.08m (±9.00m)
Interceptado	32.73m (±14.14m)	29.15m (±11.34m)	21.13m (±9.11m)	17.94m (±6.94m)
Distância relativa do atacante e defensor para o centro da baliza				
Gol	2.05m (±4.35m)	2.12m (±3.06m)	0.12m (±2.72m)	0.49m (±2.72m)
Defendido/trave	2.29m (±4.18m)	1.65m (±2.68m)	1.50m (±3.92m)	1.32m (±2.05m)
Interceptado	1.47m (±3.86m)	1.97m (±1.83m)	1.39m (±1.91m)	1.16m (±1.24m)
Ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza				
Gol	111.36° (±51.31°)	120.49° (±49.63°)	87.08° (±45.51°)	95.23° (±46.51°)
Defendido/trave	114.29° (±47.48°)	123.44° (±44.81°)	101.46° (±49.26°)	116.10° (±43.24°)
Interceptado	106.20° (±42.62°)	127.65° (±38.78°)	111.61° (±47.15°)	116.71° (±44.62°)

Figura 2. Comparação das métricas diádicas (distância interpessoal do atacante para o defensor; distância do atacante para o centro da baliza; distância relativa do atacante e defensor para o centro da baliza; ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza) entre os momentos em que o assistente recebe a bola e realiza a assistência; e entre os diferentes resultados das oportunidades de gol (gol; defesa do goleiro/trave; interceptação de um defensor).

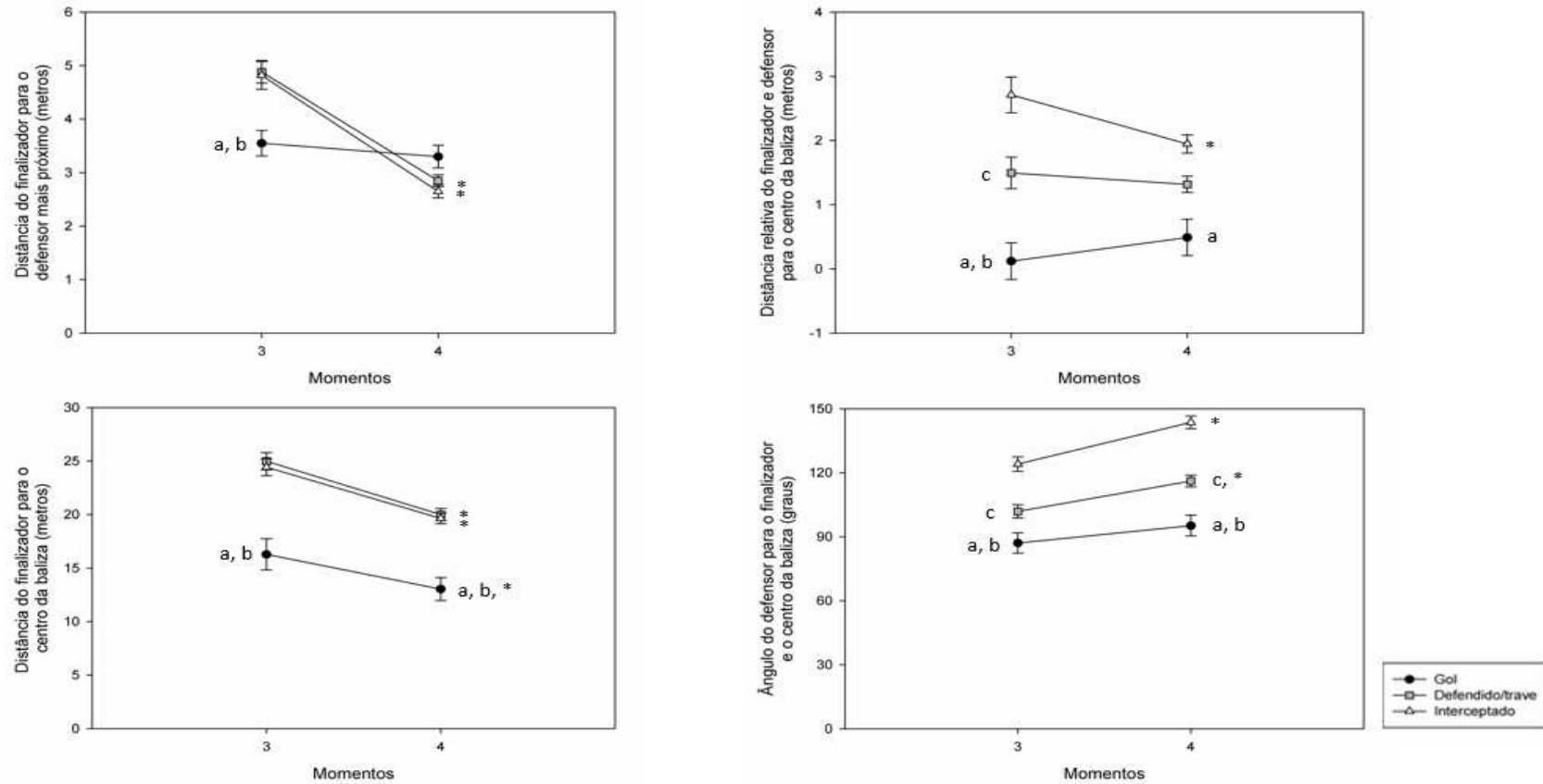


* Diferença entre os momentos 1 e 2.

A Figura 3 apresenta os gráficos de comparação das métricas diádicas entre os dois momentos correspondentes aos instantes em que a bola esteve sob posse do jogador que realizou o remate, de acordo com os diferentes resultados das oportunidades de gol.

No momento em que o jogador que realizou o remate recebe a bola (M3), a distância do jogador que rematou em direção à baliza e o defensor mais próximo é menor nas situações em que ocorreu o gol comparado às situações em que o goleiro defendeu o remate/trave e aquelas em que um defensor interceptou. Já nos momentos em que o jogador realiza o remate (M4), essa diferença não é encontrada. Nas situações de gol, a distância não tem diferença do M3 para o M4, enquanto nas outras situações, essa distância é diminuída do M3 para o M4. A distância relativa do atacante e do defensor para o centro da baliza é menor no M3, nas situações de gol, comparado as situações que o jogador não consegue marcar. Já no M4, observou-se essa diferença entre as situações de gol e as situações em que um defensor interceptou o remate. Apenas na situação de interceptação de um defensor, a distância relativa diminui entre M3 e M4. A distância do atacante para o centro da baliza é menor nas situações de gol comparada às situações que não resultaram em gol, em ambos os momentos (M3 e M4). Nos três diferentes resultados de oportunidades de gol, a distância do finalizador para o centro da baliza diminui entre M3 e M4. Em relação ao ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza, houve diferença entre todos os resultados das oportunidades de gol, em todos os momentos (M3 e M4), sendo que, nas situações de gol, o ângulo foi menor, seguido pelos remates defendidos pelo goleiro/trave e remates interceptados por um defensor, respectivamente. Apenas nas situações de gol o ângulo não aumentou entre M3 e M4.

Figura 3. Comparação das métricas diádicas (distância interpessoal do atacante para o defensor; distância do atacante para o centro da baliza; distância relativa do atacante e defensor para o centro da baliza; ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza) entre os momentos em que o jogador que realizou o remate recebe a bola e o momento do remate; e entre os diferentes resultados das oportunidades de gol (gol; defesa do goleiro/trave; interceptação de um defensor).



^a Diferença entre gol e defendido/trave; ^b Diferença entre gol e chute interceptado; ^c Diferença entre chute defendido/trave e chute interceptado; * Diferença entre os momentos 1 e 2

4. Discussão

Nesse estudo, buscou-se identificar os padrões das características espaço-temporais emergentes da coordenação entre o jogador que remata à baliza e do jogador que realizou a assistência com o defensor mais próximo de acordo com os resultados das oportunidades de gol. Comparou-se a distância interpessoal do atacante para o defensor mais próximo, distância do atacante para o centro da baliza, distância relativa para o gol e o ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza, entre os diferentes resultados das oportunidades de gol.

Distância entre o atacante e o defensor mais próximo

Os resultados corroboram Vilar et al. (2014) ao apontar que o jogador que realiza o remate aumenta a probabilidade de conseguir marcar o gol se estiver mais próximo do defensor, comparado às situações em que a equipe gera oportunidade, mas não consegue marcar. Contudo, este comportamento ocorre somente no momento em que o jogador que realizou o remate recebe a bola. Já no momento do remate, não há diferença entre o jogador conseguir ou não marcar o gol. Portanto, para o atacante, é importante estar a uma distância razoável em relação ao defensor mais próximo e mantê-la, do momento em que recebe a bola até o momento do remate. O defensor mais próximo do portador da bola utiliza a informação da sua distância interpessoal para decidir quando mudar a velocidade e desarmar o oponente para recuperar a posse de bola (DAVIDS; ARAÚJO; SHUTTLEWORTH, 2005). Sendo assim, percebe-se a importância de o jogador não afastar muito para ter a referência do defensor e manter essa distância da hora que recebe até conseguir rematar para o gol, não deixando com que o defensor aproxime para aumentar a pressão no portador da bola. O espaço está diretamente relacionado ao sucesso do ataque, pois, ao manter uma certa distância do defensor mais próximo, o jogador terá mais tempo para tomar a decisão e mais espaço para executar a ação (HARRIS; REILLY, 1988). Já para o defensor, é importante buscar aproximar-se ao máximo do atacante, após este ter recebido a bola, mesmo que não seja possível alcançá-lo. Ao realizar esse comportamento, aumentará a pressão sobre o portador da bola e conseqüentemente irá diminuir a probabilidade da sua equipe sofrer gol.

Quanto ao jogador que realizou a assistência, sua a distância em relação ao defensor mais próximo não apresentou diferença entre os diferentes resultados das oportunidades de gol. Entretanto, do momento em que esse jogador recebe a bola, até o momento em que realiza o passe, houve diminuição significativa da distância para todas as situações. Portanto, independentemente de ter sido, ou não, realizado um passe para gol, nas oportunidades de gol, os defensores conseguem diminuir o espaço em relação ao jogador que realiza a assistência, do momento em que ele adquire a posse de bola até o momento da assistência.

Distância entre o atacante e o centro da baliza

Indo de encontro ao que foi apontado por Headrick et al. (2012), o jogador que realiza o remate apresenta maior probabilidade de marcar o gol ao receber a bola mais próximo à baliza. Além disso, essa distância é diminuída até o momento em que o remate é executado, em comparação às situações em as oportunidades são criadas, mas que não são concluídas com gol. Já o jogador que realiza a assistência, aproxima-se da baliza entre o momento em que recebe a bola e o momento em que realiza o passe. Contudo, não houve diferença entre os diferentes resultados das oportunidades de gol. Portanto, percebe-se que, ao aproximar-se da baliza, o assistente apresenta maior probabilidade de realizar um passe que gera uma oportunidade de gol. Após realizar o passe que gera oportunidade de gol, a probabilidade da sequência ofensiva terminar em gol é maior se o jogador que recebe o passe do assistente estiver mais próximo da baliza. Estudos reforçam esses achados ao apontarem que, no futebol, há frequência significativamente maior de gols em locais mais próximos à baliza (GÓMEZ *et al.*, 2012; MICHAILEDIS; MICHAILEDIS; PRIMPA, 2013).

Distância relativa para o gol

Assim como no estudo de Vilar et al. (2014), a distância relativa do jogador que realizou o remate e o defensor mais próximo para o centro da baliza foi menor nas situações em que ocorreu o gol, seguidas pelas situações de defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor, respectivamente. Por tratar-se de um valor médio, e ao se observar os valores de desvio padrão, percebe-se que nas sequências concluídas com gol houve situações em que a distância relativa foi negativa, ou seja, em que o jogador estava mais próximo à baliza do que o defensor. Já nas situações de defesa do

goleiro/trave e interceptação do defensor, em média, os jogadores que realizaram o remate estavam posicionados mais distantes da baliza do que o defensor, fazendo com que a média da distância relativa fosse mais elevada. Essa distância foi ainda maior nas situações de interceptação do defensor. Nessa situação, a distância relativa diminui entre o momento em que o jogador que finalizou recebeu a bola e o momento do remate, o que parece um indício de que o defensor forçou o adversário a finalizar antes do momento ideal, diminuindo assim, sua probabilidade de marcar o gol (VILAR; ARAÚJO; *et al.*, 2014). Contudo, em relação ao jogador que realizou a assistência, não houve diferença entre os diferentes resultados das oportunidades de gol e entre o momento em que o referido jogador recebe a bola e o momento da assistência. Com isso, pode-se dizer que, ao criar uma oportunidade de gol, a distância relativa do assistente e do defensor mais próximo para a baliza não influencia o resultado do ataque.

Ângulo entre o defensor, o atacante e o centro da baliza

O ângulo entre o defensor, o jogador que realizou o remate e o centro da baliza foi menor nas situações de gol, seguido pelas situações de defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor, respectivamente, corroborando Vilar et al. (2014) e Travassos et al. (2012). Esse padrão de comportamento foi encontrado nos momentos em que o jogador recebe a bola e no momento do remate. Entre o momento em que o jogador que realizou o remate e o que realizou a assistência recebem a bola e o momento em que realizam o remate e a assistência, respectivamente, apenas nas situações de gol não houve aumento do ângulo. Mesmo que não esteja bem posicionado no momento em que o atacante recebe a bola, é possível buscar aumentar rapidamente esse ângulo antes que o atacante realize o remate ou a assistência, com o intuito de diminuir a probabilidade da equipe sofrer o gol. Portanto, ao se posicionar entre o atacante e a baliza, o defensor diminui a probabilidade de sofrer gol, a partir da manutenção da estabilidade simétrica do sistema (DAVIDS; ARAÚJO; SHUTTLEWORTH, 2005).

De acordo com McGarry (2005), os atacantes devem buscar quebrar a simetria da relação diádica com o defensor, enquanto o defensor deve buscar manter essa simetria. Portanto, esses achados trazem informações que ajudam a identificar a forma

com que os atacantes devem se comportar para aumentar a probabilidade de conseguir desequilibrar o sistema defensivo adversário, e como os defensores devem se comportar para manter o sistema equilibrado.

5. Conclusão

Conclui-se que as métricas da relação do jogador que realizou a assistência com o defensor mais próximo não influenciam os diferentes resultados das oportunidades de gol, tanto no momento em que o assistente recebe a bola, quanto no momento do passe. O defensor diminui a probabilidade desse jogador realizar um passe para gol quando aumenta seu ângulo em relação ao atacante e o centro da baliza, do momento em que o assistente recebe a bola até o momento em que realiza o passe. Por outro lado, existem comportamentos que aumentam a possibilidade do jogador que recebe a assistência marcar o gol. Nos momentos de recepção e de remate, o jogador deve se manter próximo ao defensor para tê-lo como referência, estar o mais próximo possível da baliza, manter-se na linha do defensor, para estar à mesma distância ou mais próximo da baliza do que o defensor e criar o menor ângulo possível entre o defensor, ele próprio e o centro da baliza. Do momento em que o atacante que recebe a assistência até o momento do remate, sua probabilidade de marcar o gol aumenta se a distância para o defensor for mantida e se não permitir que o defensor se posicione entre ele e a baliza, aumentando o ângulo entre si mesmo, o defensor e a baliza.

6. Implicações práticas

A partir da análise de todos os jogos da Copa do Mundo FIFA 2014[®], desde a equipe campeã até as equipes que não se classificaram à segunda fase, esses achados trazem informações que são transversais às equipes de futebol, não apresentando, portanto, vieses relativos aos respectivos modelos de jogo das equipes. Assim, a partir dessas informações, as comissões técnicas poderão planejar exercícios de treinamento que permitam que os jogadores de ataque entendam detalhes de seu posicionamento e de sua relação direta com o defensor mais próximo (que possam aumentar a probabilidade de consecução do gol), ou que os defensores dificultem a ação do adversário, aumentando a probabilidade de interceptação do remate ou de defesa do goleiro.

7. Agradecimentos

Agradeço às agências de fomento que possibilitaram a realização deste trabalho: CAPES, SEESP-MG através da LIE, FAPEMIG, CNPq, FUNARBE, Reitoria, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Estudo 3

Título: Como as Relações Numéricas Relativas Entre as Equipes Condicionam a Criação de Oportunidades de Gol no Futebol?

Henrique Américo, Rodrigo Santos, Israel Teoldo

Resumo: O objetivo do estudo foi identificar o padrão das relações numéricas das equipes nas subáreas do espaço de jogo efetivo nos diferentes resultados das oportunidades de gol. A amostra foi composta por 506 sequências ofensivas finalizadas em gol (92), defesa do goleiro/trave (249) e interceptação do defensor (165) da Copa do Mundo FIFA[®] 2014. O espaço de jogo efetivo foi dividido em sete subáreas. As análises foram realizadas em quatro momentos específicos de cada sequência ofensiva: (M1) Momento em que o jogador que realizou a assistência recebe a bola; (M2) Momento em que esse jogador realizou a assistência; (M3) Momento em que o jogador que rematou recebeu a bola; (M4) Momento em que realizou o remate. A diferença da média da frequência de jogadores entre as equipes, em cada subárea do espaço de jogo efetivo, foi calculada através do ANOVA *one way*. Foi utilizado o *post-hoc* de *Tukey* para identificar entre quais momentos e houve diferença significativa. O *effect size* foi calculado através do *eta* quadrado. A incerteza das relações numéricas nas subáreas, foi calculada através da entropia de *Shannon*, H. O nível de significância foi definido como $p < 0,05$. Ao marcar o gol, as equipes não variaram a frequência de jogadores nas subáreas do espaço de jogo efetivo ao longo do tempo. Já nas sequências ofensivas em que foi criada oportunidade, mas não resultou em gol, as equipes que estavam atacando passaram a ter mais jogadores nas subáreas mais defensivas dentro do espaço de jogo efetivo, enquanto as equipes que estavam defendendo passaram a ter menos jogadores na subárea central ao longo do tempo. As equipes geram maior incerteza da relação numérica na subárea mais próxima ao gol adversário ao criar oportunidade de gol, sendo essa incerteza ainda maior quando o gol é marcado. Conclui-se que manter a frequência de jogadores nas subáreas ao longo do tempo e gerar incerteza próximo ao gol adversário em situações de oportunidades de gol, aumenta a probabilidade da equipe que está na atacando marcar o gol.

Palavras chave: futebol; análise de jogo; sistemas dinâmicos; interação coletiva.

Abstract: The aim of the study was to identify the pattern of numerical relations between teams in the subareas of the effective play-space, according to the different results of scoring opportunities. The sample was comprised by 506 offensive sequences concluded with goal (92), goalkeeper save/ball shot at the goalposts (249) and shot interception by a defender (165) during the 2014 FIFA World Cup. The effective play-space was divided in seven subareas. The analyses were conducted according to four specific moments of each offensive sequence: (M1) the moment when the player who made the assist received the ball; (M2) the moment when this same player made the assist; (M3) the moment when the attacker who made the shot received the ball; (M4) the moment when this same attacker made the shot. The mean difference of the frequency of players of the teams in each subarea of the effective play-space was calculated through One-Way ANOVA. Tukey's post hoc was used to identify differences between each of the four moments. The effect size was calculated through the eta-squared. The uncertainty of numerical relations in the subareas was calculated through Shannon's entropy, H . The significance level was set to $p < 0.05$. When they scored a goal, teams did not display variance in the frequency of players in the subareas of the effective play-space over time. On the other hand, in the offensive sequences that did not result in goals, the attacking teams had more players in the more defensive subareas within the effective play-space, whereas the defending teams had fewer players in the central subarea over time. The teams generated more uncertainty of the numerical relation in the subarea closer to the opponent's goal when they created goal-scoring opportunities. This uncertainty was even greater when a goal is scored. We conclude that preserving the frequency of players in the subareas over time and generating uncertainty closer to the opposing goal in scoring opportunities increases the likelihood of the attacking team scoring a goal.

Keywords: soccer; match analysis; dynamical systems; collective interaction.

1. Introdução

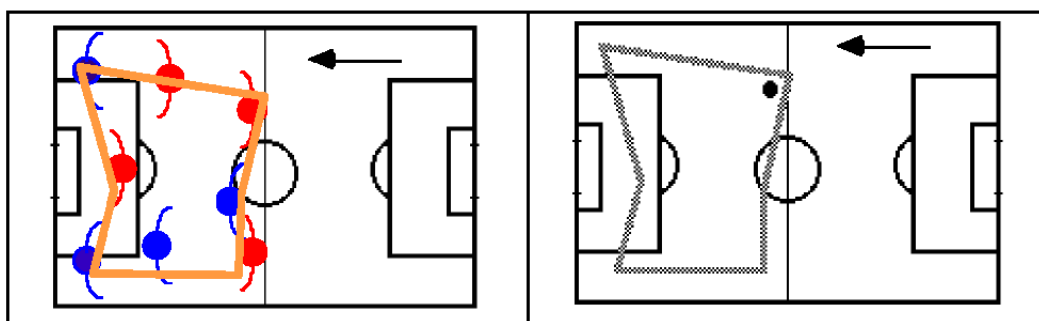
O futebol é uma modalidade esportiva complexa, na qual as interações dos jogadores geram padrões de comportamento coletivo que são diferentes da soma do desempenho de cada um de forma isolada (MAHLO, 1969; DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994). Sendo assim, é preciso que os jogadores possuam um entendimento dos comportamentos coletivos que emergem a partir das interações não lineares com os companheiros de time e com os adversários, as quais podem resultar em mudanças no estado do sistema (MCGARRY *et al.*, 2002; DUARTE; ARAÚJO; CORREIA; *et al.*, 2012). Tendo em vista que sistemas dinâmicos são compostos por elementos que interagem entre si (VON BERTALANFFY, 1968) e alteram constantemente seu estado de organização ao longo do tempo (ASHBY, 1947), é possível caracterizar o futebol a partir dessa concepção.

As dinâmicas de coordenação referem-se a uma linha de pesquisa baseada em pressupostos da teoria dos sistemas dinâmicos que busca identificar parâmetros e valores que determinam a geração ou perda de instabilidade através da coordenação dos indivíduos (DAVIDS *et al.*, 2003). As movimentações dos jogadores criam dinâmicas a partir de seus deslocamentos no campo, as quais são analisadas levando em consideração sua localização em determinado instante (GRÉHAIGNE; BOUTHIER; DAVID, 1997). A partir dessa movimentação dos jogadores no campo, na fase ofensiva, as equipes buscam desestabilizar o sistema defensivo adversário e criar oportunidades de gol (ARAÚJO *et al.*, 2004; GRÉHAIGNE; PAUL, 2014). Por outro lado, a equipe que está na fase defensiva busca maior estabilidade para tornar o jogo do adversário mais previsível e facilitar recuperação da posse de bola (ARAÚJO *et al.*, 2004).

A entropia de um sistema está relacionada a essa estabilidade, cuja variação tem relação direta com a probabilidade de transição de uma configuração momentânea do jogo para outra (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014). Nesse sentido, Vilar *et al.* (2013) analisaram a distribuição dos jogadores nas subáreas do espaço de jogo efetivo para compreender a estabilidade ou instabilidade coletiva ofensiva e defensiva das equipes. O espaço de jogo efetivo é definido como a “área poligonal obtida através da ligação entre todos os jogadores localizados à periferia do campo em um determinado instante”

(GRÉHAIGNE, J. F.; MAHUT, B.; FERNANDEZ, A., 2001, p.55) (figura 1). Para isso, Vilar et al. (2013) verificaram, dentro do espaço de jogo efetivo, como as equipes distribuíam seus jogadores durante a partida, onde predominava superioridade numérica e quais eram as principais subáreas de estabilidade e instabilidade das equipes. Os resultados apontaram que, na fase defensiva, as equipes criaram superioridade numérica na subárea mais próxima à sua própria baliza, tornando essa região mais segura. Por outro lado, a subárea central revelou-se a mais imprevisível em relação à quantidade de jogadores presentes de ambas as equipes, sendo a região do espaço de jogo efetivo em que ocorrem mais troca de jogadores ao longo de toda a partida. Entretanto, apenas uma partida foi analisada, o que torna difícil a generalização dos achados. Além disso, os autores não apontaram se esse padrão se mantém nas situações em que as equipes criam oportunidades de gol, momentos considerados cruciais e que alteram significativamente o estado do sistema (MCGARRY *et al.*, 2002).

Figura 1 Exemplo do espaço de jogo efetivo (Reproduzido de Gréhaigne, Mahut, Fernandez, 2001).



Apesar dos estudos mostrarem que as equipes tendem a se movimentar majoritariamente de forma sincronizada (FRENCKEN *et al.*, 2011; BARTLETT *et al.*, 2012; DUARTE; ARAÚJO; DAVIDS; *et al.*, 2012), a maioria das quebras de sincronia emerge antes de um passe que leva à criação de uma oportunidade de gol e instabilidade do adversário (BARNABE *et al.*, 2016). Como a consecução do gol é a principal medida de eficácia no futebol (BATE, 1988; POLLARD; REEP, 1997), pesquisadores têm buscado identificar padrões que levaram as equipes a criar oportunidades de gol (TENGA *et al.*, 2010). Para a criação de oportunidades de gol, espera-se que os jogadores da equipe que está atacando desestabilizem a relação

espaço-temporal com o adversário antes e após receber a bola, com o intuito de criar espaço em relação ao(s) marcador(es) e realizar um remate em direção ao gol (VILAR; ARAÚJO; *et al.*, 2014).

Tenga, Ronglan e Bahr (2010), buscaram identificar diferenças no padrão de comportamento das equipes, durante a criação de oportunidades de gol, que as levassem a conseguir, ou não, marcar o gol. Os autores verificaram que o tipo de circulação da bola adotado, a zona de início da sequência ofensiva, o número e o tipo de passes não foram capazes de distinguir os diferentes resultados das oportunidades de gol dessas equipes entre essas situações. Assim, concluíram que, padrões equivalentes de comportamento poderiam levar a equipe a marcar, ou não, o gol. Contudo, os autores não levaram em consideração as interações entre os jogadores e as equipes nas análises, as quais são responsáveis por gerar os diferentes padrões de comportamentos que emergem durante a partida (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994). Por outro lado, lançando mão de um método de análise baseado nas dinâmicas de coordenação, Vilar et al. (2014) foram capazes de distinguir oportunidades de gol que resultaram em gol, defesa do goleiro/trave ou interceptação do defensor, a partir da relação do atacante que estava com a posse de bola e o marcador mais próximo. Foi apontado que a distância do atacante para o defensor, a velocidade relativa, a distância relativa de ambos para a baliza e o ângulo formado do defensor para o atacante e a baliza, são métricas sensíveis para distinguir a maior probabilidade de o atacante conseguir ou não marcar o gol. Contudo, os autores consideraram apenas as interações diádicas do atacante com o defensor, e não levaram em conta as interações das equipes na escala macro. Além disso, os resultados foram obtidos a partir da análise de comportamentos no jogo de futsal, modalidade esportiva que possui características distintas das observadas no futebol.

Como a Copa do Mundo FIFA[®], realizada a cada quatro anos com as melhores seleções nacionais, é o maior torneio de futebol do mundo, identificar variações nas relações numéricas que levam à criação de oportunidades de gol que geram diferentes resultados, pode revelar padrões de comportamento coletivo que ampliem as probabilidades de obtenção de sucesso, e que revelem características de desempenho transversais às equipes de futebol de alto nível. Portanto, o objetivo do presente estudo

é identificar o padrão das relações numéricas das equipes nas subáreas do espaço de jogo efetivo em sequências ofensivas finalizadas em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor. A hipótese do estudo é de que equipes que geram maior incerteza da relação numérica na subárea do espaço de jogo mais próximas ao gol adversário apresentam maior probabilidade de marcar o gol, enquanto as equipes mais estáveis defensivamente possuem maior probabilidade de sucesso defensivo.

2. Métodos

Amostra

A amostra foi composta por 506 sequências ofensivas finalizadas em gol (92), defesa do goleiro/trave (249) e interceptação do defensor (165), realizadas na Copa do Mundo FIFA[®] 2014. Com o intuito de evitar que características relacionadas ao modelo de jogo das equipes influenciassem os resultados, para a amostra do presente estudo foram considerados os jogos de todas as equipes que participaram da Copa do Mundo FIFA[®] 2014.

Procedimentos

Os jogos utilizados para análise foram coletados por meio de imagens obtidas através de uma câmera posicionada no alto de uma das arquibancadas situada atrás de um dos gols de cada um dos estádios, e foram cedidas para fins de pesquisa pela organizadora do evento. A edição das sequências ofensivas selecionadas foi realizada através do *software* Videobserver[®], Versão 1.3.68 (Videobserver, Lisboa, Portugal). As análises das variáveis foram realizadas em cada sequência ofensiva selecionada. As sequências ofensivas têm início no primeiro contato do jogador com a bola e terminam no último contato de um jogador da mesma equipe, durante a mesma ação de posse de bola (GARGANTA, 1997).

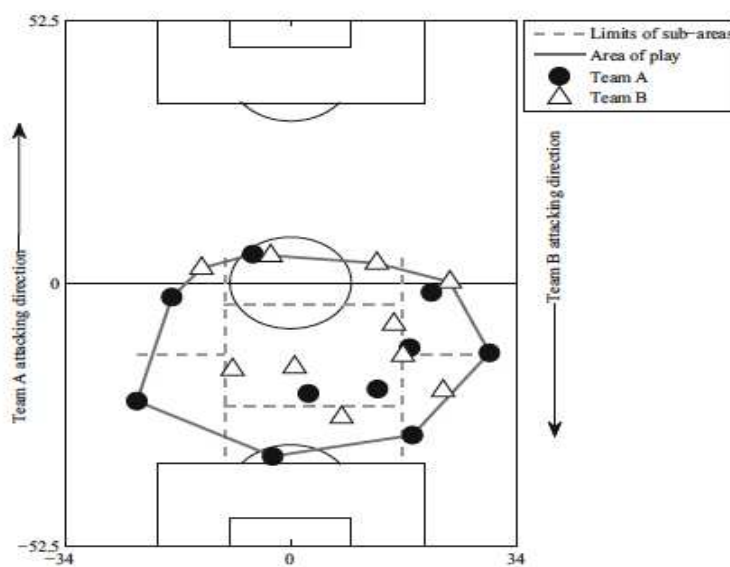
Análise dos dados

As análises foram realizadas em quatro momentos de cada sequência ofensiva: (M1), momento em que o jogador que realizou a assistência recebeu a bola; (M2), momento em que esse jogador realizou a assistência; (M3), momento em que o jogador que rematou recebeu a bola, (M4), momento em que realizou o remate. Esses momentos foram selecionados por representarem momentos antes e após o jogador

que finaliza receber a bola, pois, a maioria das quebras de sincronia emergem antes de uma passe que leva a uma oportunidade de gol (BARNABE *et al.*, 2016).

Para obter a posição dos jogadores no campo em determinado momento, selecionou-se quatro dos 19 pontos correspondentes às linhas de marcação do campo para obtenção das coordenadas posicionais, a partir da seleção da posição momentânea de cada jogador. Gerou-se o *script* (rotina de comandos), e através de uma transformação espacial, foi feita uma reconstrução 2D da localização dos jogadores através da função “*maketform*”. A partir da localização de todos os jogadores de linha no momento selecionado, o espaço de jogo efetivo (EJE) foi calculado por meio da função “*convex hull*”. O EJE foi dividido em sete subáreas (% da área total do EJE), como pode ser visto na figura 2: Defensiva Direita (12,5%); Defensiva Central (12,5%); Defensiva Esquerda (12,5%); Central (25%); Ofensiva Direita (12,5%); Ofensiva Central (12,5%); e Ofensiva Esquerda (12,5%) (VILAR *et al.*, 2013). Essa divisão foi adaptada do proposto por Di Salvo *et al.* (2007), na qual os autores dividiram o campo levando em consideração os diferentes perfis e atividades realizadas pelos jogadores nessas regiões. Todos os procedimentos computacionais foram realizados através do *software* MatLab[®], versão 2015a (MathWorks Inc., Natick, MA, EUA).

Figura 2. Exemplo do campo de futebol com os 20 jogadores de linhas dentro das subáreas do espaço de jogo efetivo (Reproduzido de Vilar, Araujo, Davids e Bar-Yam, 2013).



Análise Matemática

Foi calculada a frequência de jogadores de cada equipe dentro das diferentes subáreas do espaço de jogo efetivo, além da diferença numérica entre a equipe que estava atacando e a que estava defendendo em cada subárea.

A comparação da média da frequência de jogadores entre as equipes, em cada subárea do espaço de jogo efetivo nos momentos selecionados (assistente (M1), assistência (M2), finalizador (M3) e remate (M4)) foi realizada através do ANOVA *one way*. Foi utilizado o *post-hoc* de *Tukey* para identificar possíveis diferenças significativas entre os quatro momentos analisados. O *effect size* foi calculado através do *eta* quadrado: $\eta^2 = SS \text{ entre grupos} / SS \text{ total}$ (COHEN, 1973). A incerteza (instabilidade) das relações numéricas em todas as subáreas foi calculada em bits através da entropia de *Shannon*, H (SHANNON, 1948).

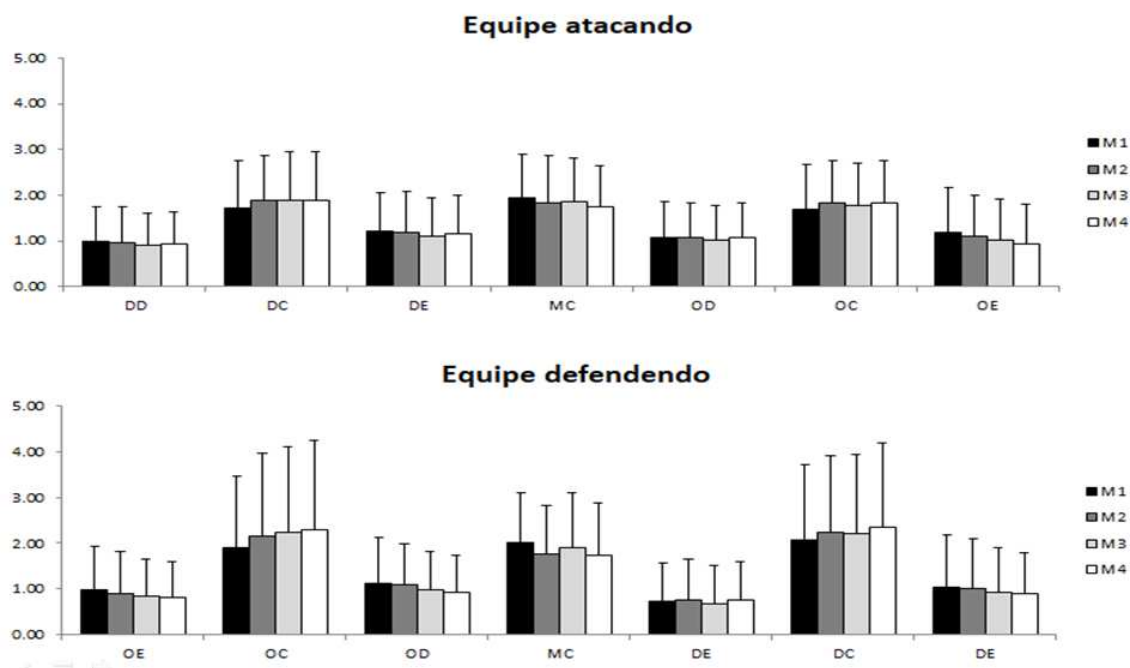
Para obter o controle da qualidade das análises, os operadores realizaram duas semanas de treinamento que consistiu na análise de uma ou duas sequências de oportunidades de gol por dia. Para o cálculo da fiabilidade foi utilizado o teste *Kappa* de *Cohen*, apontando valores de fiabilidade intra e inter avaliadores classificados como “quase perfeitos” (LANDIS; KOCH, 1977). Os resultados apresentaram fiabilidade intra avaliador com valores situados entre 0,86 e 1 (Erro padrão médio = 0,004). Para a fiabilidade inter avaliador, os resultados situaram-se entre 0,813 e 1 (Erro padrão médio = 0,004).

O nível de significância foi definido como $p < 0,05$. Todos os procedimentos descritos foram realizados através dos *softwares* IBM[®] SPSS, v.22, GENES[®], v. 1990.2017.59 (CRUZ, 2016) e MatLab[®], v. 2015a (MathWorks Inc., Natick, MA, EUA).

3. Resultados

A Figura 3 apresenta os valores de média e desvio padrão da frequência de jogadores nas subáreas do espaço de jogo efetivo, em cada um dos quatro momentos, nas situações em que a sequência ofensiva foi finalizada em gol.

Figura 3. Comparação da média da frequência de jogadores das equipes que estavam atacando e defendendo em cada subárea do espaço de jogo efetivo entre cada um dos quatro momentos selecionados nas sequências ofensivas terminadas em gol.

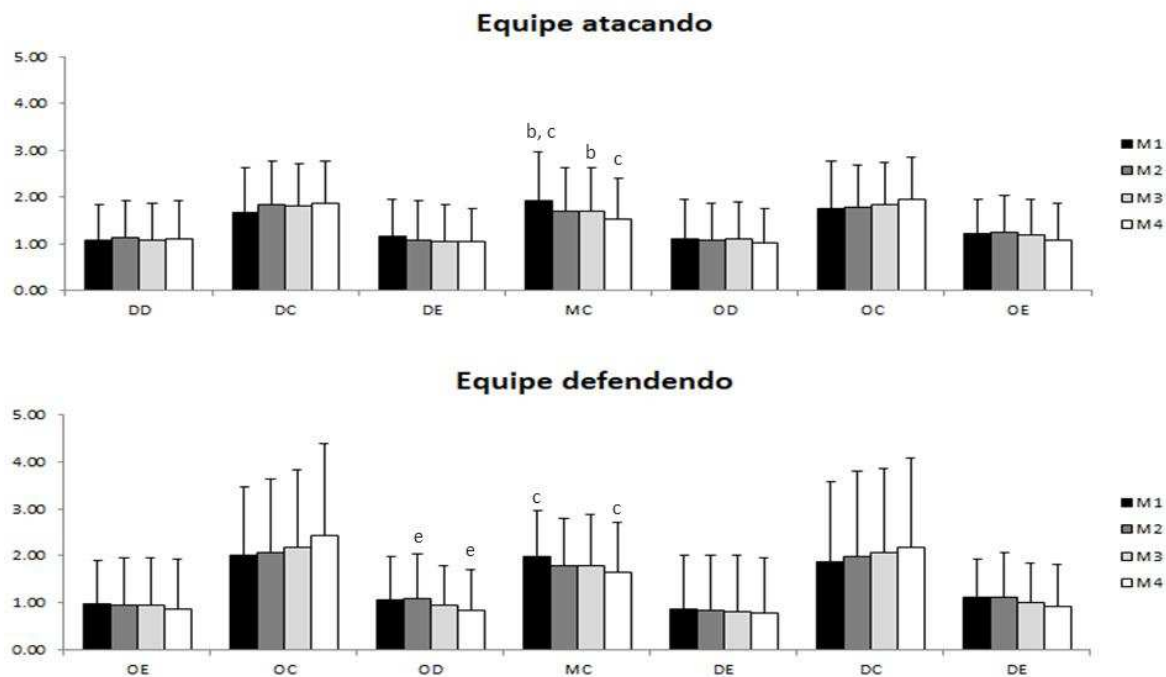


Nas sequências ofensivas finalizadas em gol, não houve diferença significativa da frequência de jogadores das equipes que estavam atacando e defendendo entre os quatro momentos, em nenhuma das subáreas.

A Figura 4 apresenta os valores de média e desvio padrão da frequência de jogadores nas subáreas do espaço de jogo efetivo, em cada um dos quatro momentos, nas situações em que a sequência ofensiva foi finalizada com defesa do goleiro/trave.

Nas sequências terminadas em defesa do goleiro/trave, para as equipes que estavam atacando, o teste ANOVA *one way* apontou diferença na subárea central entre o momento em que o jogador que realizou a assistência (M1) e o momento em que o jogador que realizou o remate (M3), receberam a bola ($p = 0,046$), e entre o momento em que o assistente recebeu a bola (M1) e o momento em que ocorreu o remate (M4) ($p < 0,001$). Em ambos os casos, ao atacar, as equipes apresentaram maior frequência de jogadores no primeiro momento, tendo a frequência de jogadores diminuído ao longo da sequência ofensiva.

Figura 4. Comparação da média da frequência de jogadores das equipes que estavam atacando e defendendo em cada subárea do espaço de jogo efetivo entre cada um dos quatro momentos selecionados nas sequências ofensivas terminadas em defesa do goleiro/trave.



^b Diferença significativa entre os momentos M1 e M3

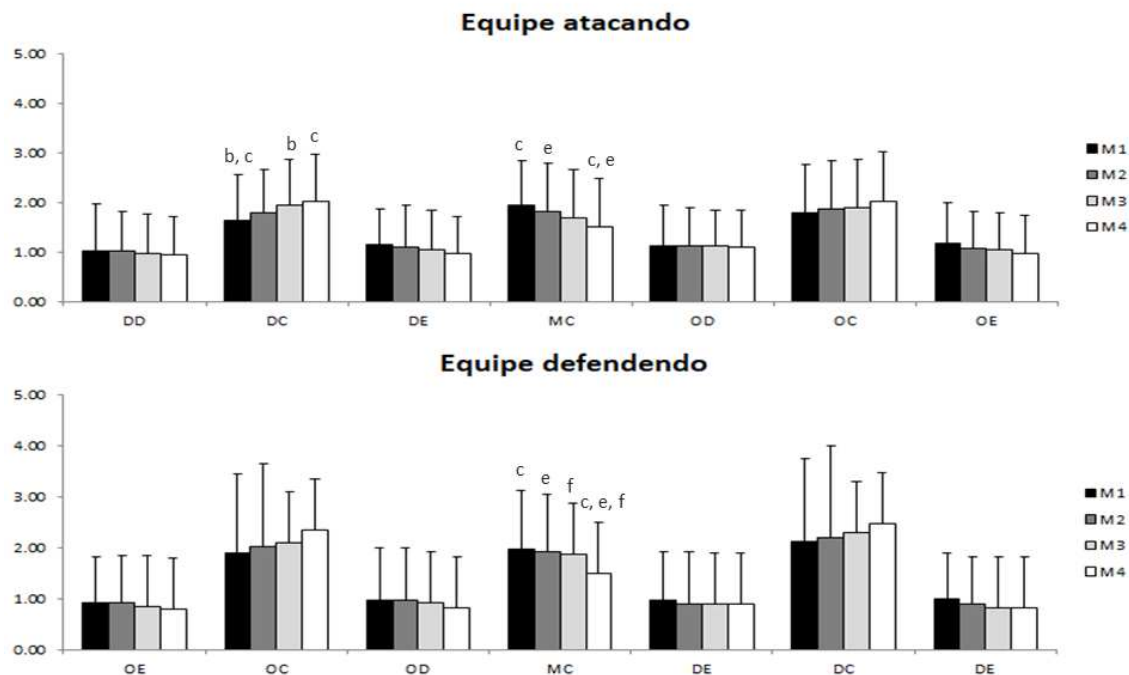
^c Diferença significativa entre os momentos M1 e M4

^e Diferença significativa entre os momentos M2 e M4

Em relação às equipes que estavam defendendo, o teste ANOVA *one way* apontou diferença significativa nas subáreas ofensiva direita e subárea central do espaço de jogo efetivo. Na subárea ofensiva direita, as equipes apresentaram maior frequência de jogadores no momento em que o assistente realizou a assistência (M2), em relação ao momento em que foi realizado o remate (M4) ($p = 0,036$). O mesmo ocorreu na subárea central, na qual houve diminuição da frequência de jogadores ao longo dos momentos, uma vez que os achados apontaram menor frequência de jogadores no momento em que o jogador realizou o remate (M4), em comparação ao momento em que o jogador que realizou a assistência recebeu a bola (M1) ($p = 0,004$).

A Figura 5 apresenta os valores de média e desvio padrão da frequência de jogadores nas subáreas do espaço de jogo efetivo, em cada um dos quatro momentos, nas situações em que a sequência ofensiva foi finalizada em remate interceptado por um defensor.

Figura 5. Comparação da média da frequência de jogadores das equipes que estavam atacando e defendendo em cada subárea do espaço de jogo efetivo entre cada um dos quatro momentos selecionados nas sequências ofensivas terminadas em remate interceptado por um defensor.



^b Diferença significativa entre os momentos M1 e M3

^c Diferença significativa entre os momentos M1 e M4

^e Diferença significativa entre os momentos M2 e M4

^f Diferença significativa entre os momentos M3 e M4

Para a equipe em fase ofensiva, nas sequências finalizadas em remates interceptados por um defensor, o teste ANOVA *one way* indicou diferença da frequência de jogadores entre as subáreas defensiva central e central do espaço de jogo efetivo. Na subárea defensiva central, as equipes que estavam atacando apresentaram menor frequência de jogadores no momento em que o assistente recebeu a bola (M1), em comparação aos momentos em que o finalizador recebeu a bola (M3) ($p = 0,018$) e o momento em que foi realizado o remate (M4) ($p < 0,001$). Já a subárea central apresentou diminuição da frequência de jogadores ao longo dos momentos, uma vez que se observou mais jogadores nos momentos em que o assistente recebeu a bola (M1) ($p < 0,001$) e no momento em que esse jogador realiza a assistência (M2) ($p = 0,022$), em comparação ao último momento, em que o jogador realizou o remate (M4).

Em relação às equipes que estavam defendendo, o teste ANOVA *one way* apontou que, na subárea central, houve diferença dos três primeiros momentos da sequência ofensiva (M1 ($p < 0,001$), M2 ($p = 0,005$) e M3 ($p = 0,018$)) em comparação

ao momento do remate (M4). Em todos os casos, o momento do remate apresentou menor frequência de jogadores nessa subárea.

A Figura 6 apresenta os valores de entropia das relações numéricas entre as equipes que estavam atacando e defendendo, nas sequências ofensivas concluídas em gol, defesa do goleiro/trave e remate interceptado por um defensor, em cada uma das subáreas do espaço de jogo efetivo (ver exemplo do posicionamento das subáreas na figura 5).

Figura 6. Incerteza da relação numérica das equipes nas sequências ofensivas terminadas em gol, defesa do goleiro/trave e interceptação de um defensor nas diferentes subáreas do espaço de jogo efetivo. O eixo x apresenta a oposição das subáreas das equipes que estavam atacando e as que estavam defendendo, respectivamente: Defensiva direita (DD) x ofensiva esquerda (OE); Defensiva central (DC) x ofensiva central (OC); Defensiva esquerda (DE) x ofensiva direita (OD); Meio central (MC) x meio central (MC); Ofensiva direita (OD) x defensiva esquerda (DE); Ofensiva central (OC) x defensiva central; Ofensiva esquerda (OE) x defensiva direita (DD).

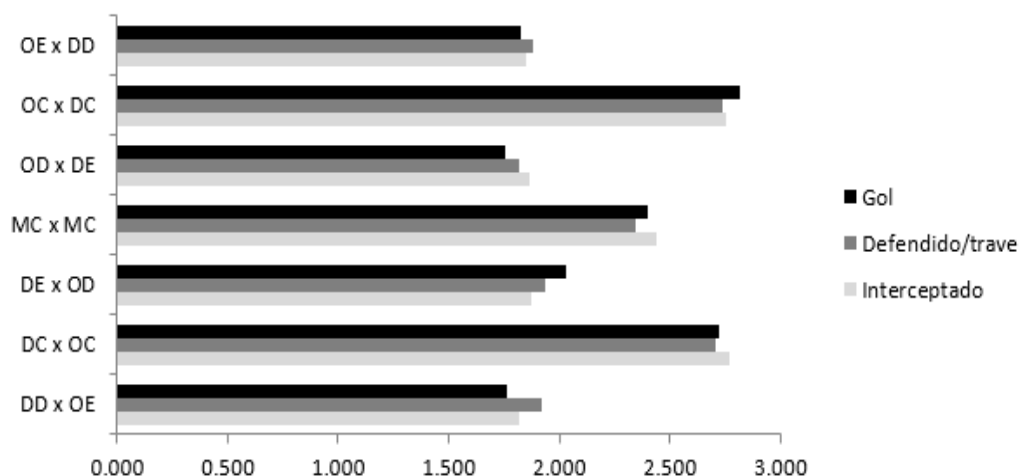


Figura 7. Exemplo da relação numérica e da localização das diferentes subáreas do espaço de jogo efetivo.



Os valores de entropia indicaram que, nas sequências ofensivas concluídas em gol (2,82 bits) e defesa do goleiro/trave (2,73 bits), a subárea que apresentou maior incerteza da relação numérica foi a subárea ofensiva central da equipe que estava atacando (OC x DC), seguido pela subárea defensiva central (DC x OC) (gol: 2,72 bits; defendido: 2,72 bits). Já para as sequências ofensivas finalizadas remate interceptado um defensor, a subárea que apresentou maior incerteza da diferença numérica foi a defensiva central (DC x OC) da equipe que estava atacando (2,77 bits), seguida pela subárea ofensiva central (OC x DC, 2,75 bits).

Percebe-se que nos diferentes resultados das oportunidades de gol na subárea ofensiva central da equipe que estava atacando (OC x DC), houve maior incerteza da relação numérica na consecução do gol (2,82 bits), seguida pelas sequências finalizadas em remates interceptados por um defensor (2,75 bits) e defesa do goleiro/trave (2,74 bits).

4. Discussão

Nesse estudo, buscou-se identificar o padrão das relações numéricas das equipes nas subáreas do espaço de jogo efetivo durante as sequências ofensivas finalizadas em gol, defesa do goleiro/trave e remate interceptado por um defensor. Comparou-se a variação da distribuição dos jogadores dentro do espaço de jogo efetivo ao longo das sequências ofensivas e o grau de incerteza da diferença numérica, em cada uma das subáreas, entre as equipes que estavam atacando e defendendo.

Nas sequências finalizadas em defesa do goleiro/trave, em média, as equipes que estavam atacando tendem a deslocar os jogadores da subárea central do espaço de jogo efetivo para outras subáreas ao longo do tempo, enquanto as equipes que estavam defendendo tendem a retirar jogadores da subárea central e em uma das subáreas ofensivas. Estes achados são corroborados pelo estudo de Couceiro et al. (2014), o qual apontou que os jogadores que atuam no meio campo são os que apresentam maior variabilidade no seu posicionamento ao longo da partida. Vilar et al. (2013) reforçam esses achados ao apontarem que a subárea central é a mais imprevisível em relação ao número de jogadores, e que as equipes que estão defendendo alocam mais jogadores do que o adversário nas subáreas mais próximas ao seu gol, com o intuito de manter a estabilidade. Portanto, ao deslocar os jogadores para as subáreas mais próximas ao seu

próprio gol, as equipes que estavam defendendo aumentaram a proteção à baliza e, conseqüentemente, a probabilidade de ocorrência de defesa do goleiro ou remate na trave.

Já nas sequências ofensivas concluídas em remate interceptado por um defensor, em média, as equipes que estavam atacando deslocaram jogadores da subárea central para a subárea defensiva central, enquanto as equipes que estavam defendendo deslocaram jogadores da subárea central para outras subáreas. Com isso, é possível inferir que, nas situações em que a equipe que está atacando recua alguns jogadores das subáreas mais ofensivas do espaço de jogo efetivo, aumenta a probabilidade da equipe que está defendendo se organizar para conseguir interceptar o remate em uma oportunidade de gol. Esses achados vão ao encontro dos resultados reportados por Ric et al. (2016), que apontam que a superioridade numérica é importante para que a defesa mantenha a estabilidade e consiga obter sucesso, e que a inferioridade numérica do ataque promove menos comportamentos imprevisíveis, tidos como essenciais para a consecução do gol (ARAÚJO *et al.*, 2004).

No entanto, nas sequências ofensivas finalizadas em gol, tanto as equipes que estavam atacando quanto as que estavam defendendo mantiveram o padrão de distribuição dos jogadores no espaço de jogo efetivo, desde o momento em que o jogador que realizou a assistência recebeu a bola, até o momento em que foi realizado o remate à baliza. Contudo, entendendo esses resultados juntamente com a maior incerteza da relação numérica das equipes nas situações de gol, percebe-se que as equipes mantêm a quantidade de jogadores, porém, com mais trocas de posição entre os jogadores, de forma a tornar mais imprevisível a relação numérica dos atacantes em relação aos defensores, característica essencial para que a equipe que está atacando obtenha sucesso (GRÉHAIGNE; PAUL, 2014).

Ao analisar a incerteza da relação numérica nas subáreas do espaço de jogo efetivo de duas equipes de elite em uma partida de futebol, Vilar et al. (2013) observaram que a subárea central é a mais imprevisível, e também aquela em que ocorre maior deslocamento de jogadores de ambas as equipes. Por outro lado, no presente estudo, a subárea mais imprevisível em relação a quantidade de jogadores foi a subárea ofensiva central da equipe que estava atacando, a mais próxima à baliza

adversária. Apesar disso, foram analisadas apenas as situações em que as equipes geraram oportunidades de gol, ou seja, aquelas em que as equipes que estavam atacando conseguiram causar perturbação à equipe que estava defendendo (HUGHES; DAVID; DORKIN, 2001). Outra característica que diferencia esse estudo diz respeito ao fato de se ter analisado todas as equipes que disputaram a Copa do Mundo FIFA[®]. O intuito da utilização dessa amostra foi o de reduzir quaisquer vieses relativos ao modelo de jogo das equipes, o que não se observou no estudo de Vilar et al. (2013), que considerou apenas duas equipes em uma única partida.

Já os resultados da dissertação de Santos (2015) corroboram o presente estudo ao revelarem que, nas sequências ofensivas concluídas em gol da seleção campeã da Copa do Mundo FIFA[®] 2014, a subárea com maior incerteza da diferença numérica entre as equipes que estavam atacando e defendendo foi a ofensiva central da equipe que estava atacando. O presente estudo avança com esses achados, ao apontar que as equipes geram maior incerteza da relação numérica nessa mesma subárea tanto quando conseguem marcar o gol, quanto quando criam oportunidades não concluídas em gol. Contudo, percebe-se que, nas situações de gol, essa imprevisibilidade é ainda maior do que as situações em que ocorre defesa do goleiro/trave e remate interceptado por um defensor. Sendo assim, esses resultados vão ao encontro do que afirmam Gréhaigne e Paul (2014), que sugerem que o objetivo da equipe que está atacando é gerar instabilidade, enquanto a equipe que está defendendo deve buscar a estabilidade para aumentar a chance de obter sucesso.

Após analisar as situações em que as equipes criaram oportunidades de gol, Tenga, Ronglan e Bahr (2010), não encontraram diferença nos padrões de comportamento que levam as equipes a marcar o gol, concluindo que o mesmo padrão poder levar as equipes à consecução do gol ou apenas à criação de situações de perigo não concluídas em gol. Entretanto, os autores desconsideraram a dinâmica de interação dos jogadores com o ambiente, as quais são responsáveis pela criação dos padrões de comportamentos coletivos das equipes (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994). Lançando mão de um método de análise baseado nas dinâmicas de coordenação através da análise diádica da relação do atacante com o defensor, os resultados de Vilar et al. (2014) corroboram os achados do presente estudo, ao apontarem diferenças entre

as oportunidades de gol que resultaram em gol, defesa do goleiro ou remate interceptado por um defensor.

A partir da análise de um número limitado de equipes, como nos estudos de Vilar et al. (2013) e Santos (2015), os respectivos modelos de jogo dessas equipes podem ter influenciado os resultados, pois o comportamento dos jogadores e das equipes pode variar de um jogo para outro em contextos diferentes (MCGARRY, 2009). Ao analisar todas as equipes na Copa do Mundo FIFA® 2014, principal competição de futebol que reúne as melhores seleções e jogadores do mundo, o presente estudo considera todo o contexto, podendo assim apresentar características de desempenho transversais à modalidade (MCGARRY, 2009).

5. Conclusão

Conclui-se que, na fase ofensiva, as equipes apresentam maior probabilidade de marcar um gol ao gerar maior incerteza da relação numérica na subárea ofensiva central do espaço de jogo efetivo, do momento em que o assistente recebe a bola até o momento da finalização. Ou seja, deve-se buscar aumentar o fluxo de jogadores na região mais próxima ao gol adversário nas situações de oportunidade de gol. Além disso, não recuar os jogadores das subáreas mais ofensivas para as mais defensivas, nesses momentos, aumenta a probabilidade de marcar o gol. Já na fase defensiva, há aumento da probabilidade de evitar o gol ao manter a relação numérica mais estável na subárea central defensiva do momento que o assistente recebe a bola até o momento da finalização. Ou seja, deixar mais previsível a quantidade de jogadores presentes próximo ao seu gol. Recuar os jogadores do da subárea central do espaço de jogo efetivo nesses momentos também aumenta a probabilidade de conseguir evitar que o adversário marque o gol ao aumentar a quantidade de jogadores que estarão protegendo a baliza.

6. Implicações práticas

Esses achados apontam que, na fase ofensiva, além de buscar superioridade numérica próximo ao gol da equipe que está defendendo, a equipe que está atacando deve deixar essa região mais imprevisível em relação a quantidade de jogadores presentes. Ao realizar constantes movimentações nos momentos em que conseguem

gerar desestabilidade no bloco defensivo, aumenta a probabilidade de conseguir marcar o gol. Com isso, a comissão técnica deve buscar desenvolver exercícios nos treinamentos que favoreçam o aumento do fluxo de jogadores (trocas de posição) próximo ao gol adversário, quando forem buscar criar situações que irão gerar oportunidades de gol.

7. Agradecimentos

Agradeço às agências de fomento que possibilitaram a realização deste trabalho: CAPES, SEESP-MG através da LIE, FAPEMIG, CNPq, FUNARBE, Reitoria, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo verificar se, e como, o(s) padrão(ões) de comportamento das equipes condicionam o resultado das oportunidades de gol no futebol, a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos. Com os resultados encontrados, percebe-se que os padrões de organização, tanto a nível das interações diádicas quanto coletivo, condicionam as equipes a aumentar ou diminuir a probabilidade de marcar o gol.

Estudos exploratórios que analisaram o futebol a partir da perspectiva da teoria dos sistemas dinâmicos são recentes na literatura. Pesquisadores tem utilizado conceitos dessa teoria por entenderem que não se deve analisar o comportamento de cada indivíduo de forma isolada, pois, o desempenho que resulta da interação com os outros elementos será diferente da soma dos desempenhos isolados (MAHLO, 1969). Dentre esses estudos, são predominantes as análises de pequenos grupos de jogadores em experimentos controlados, desconsiderando a influência das ações dos outros companheiros e adversários no resultado desses experimentos. Contudo, é possível analisar as interações diádicas e de pequenos grupos de jogadores no ambiente do jogo formal, como realizado por (SHAFIZADEH *et al.*, 2016) ao analisar a interação do atacante com o goleiro adversário no jogo. Caso seja necessário controlar o ambiente, deve-se buscar aproximar ao máximo o contexto do jogo formal para preservar as propriedades do ambiente em que está sendo simulado o exercício e gerar oportunidades de ações próximas as oportunidades que emergem nas partidas (HAMMOND; STEWART, 2001).

Em ambas as escalas, micro e macro, na fase ofensiva as equipes buscam criar espaços para gerar desequilíbrios no sistema defensivo adversário, enquanto na fase defensiva buscam diminuir os espaços para manter o sistema estável (MCGARRY *et al.*, 2002). Após conseguir gerar esse desequilíbrio, é considerado que as equipes obtiveram sucesso quando geraram uma oportunidade de gol que resulta em remate em direção à baliza (HARRIS; REILLY, 1988). Analisar o padrão de comportamento que antecede as oportunidades de gol é um método utilizado para modelar e entender como as equipes conseguem criar as situações de oportunidade de gol (FRANKS; GOODMAN, 1986). Dessa forma, a presente dissertação buscou identificar os padrões

de interação na escala diádica e coletiva que caracterizam as oportunidades de gol. Além disso, buscou-se apresentar informações que fossem transversais ao futebol ao considerar o resultado de todas as equipes no maior torneio de futebol do mundo.

Ao analisar a relação do atacante com o defensor mais próximo na escala diádica, foi apontada influência de diferentes métricas no resultado das oportunidades de gol. Corroborando Vilar et al. (2014), o defensor diminui a probabilidade do jogador que está com a posse de bola realizar um passe que resultará em gol ao aumentar o ângulo formado entre ele, o atacante e o centro da baliza. Portanto, o defensor deve buscar se posicionar entre o atacante e a baliza para diminuir a probabilidade do jogador realizar uma assistência em uma posição favorável para seu companheiro marcar o gol. Já em relação ao companheiro que irá receber a assistência, ele deve se posicionar próximo ao defensor para tê-lo como referência. Deve buscar estar o mais próximo possível da baliza, pois o maior número de gols ocorre em regiões próximas a baliza (GÓMEZ *et al.*, 2012; MICHAILIDIS; MICHAILIDIS; PRIMPA, 2013). Também aumenta a probabilidade de marcar o gol se estiver na mesma linha ou mais próximo da baliza do que o defensor mais próximo, estando a uma baixa distância relativa dele e do defensor para a baliza, e, conseqüentemente, formando um ângulo menor do defensor para o atacante e o centro da baliza. Não permitir que o defensor se posicione entre o atacante e a baliza, aumenta a probabilidade do atacante desestabilizar o sistema defensivo adversário, aumentando também, a chance de conseguir marcar o gol (DAVIDS; ARAÚJO; SHUTTLEWORTH, 2005). Portanto, percebe-se que pequenos detalhes na relação direta do atacante com o defensor mais próximo poderão aumentar ou diminuir a probabilidade de o atacante conseguir marcar o gol, de defesa do goleiro/trave, ou de um defensor interceptar o remate.

Realizar uma conexão dos detalhes posicionais numa escala micro (diádico) com as análises na escala macro (coletivo) pode resultar em avanços significativos das informações, as quais, concomitantemente podem favorecer com que as equipes tenham sucesso nas oportunidades criadas durante a partida (ARAÚJO *et al.*, 2015). Nesse sentido, para análise coletiva, buscou-se identificar o padrão das relações numéricas das equipes nas subáreas do espaço de jogo efetivo nos diferentes resultados das oportunidades de gol. Para isso, foi comparada a variação da distribuição dos

jogadores dentro do espaço de jogo efetivo ao longo das sequências ofensivas e o grau de incerteza da diferença numérica, em cada uma das subáreas, entre as equipes que estavam atacando e defendendo.

A probabilidade de conseguir marcar o gol aumenta nas sequências ofensivas em que as equipes mantêm a frequência de jogadores nas diferentes subáreas do espaço de jogo efetivo, do momento que o jogador que realizou a assistência recebeu a bola, até o momento da finalização. A probabilidade de não marcar o gol aumenta quando, em média, a equipe que está atacando desloca jogadores da subárea central para outras subáreas e aumenta a frequência de jogadores na subárea defensiva central, do momento da recepção do assistente até o momento da finalização. Simultaneamente, as equipes que estavam defendendo aumentam a probabilidade de não sofrer o gol ao diminuir a frequência de jogadores na subárea central e em uma das subáreas ofensivas, também do momento da recepção do assistente, até o momento da finalização. Portanto, as equipes que estão defendendo devem buscar alocar mais jogadores do que o adversário nas subáreas mais próximas ao seu gol, com o intuito de manter a estabilidade do sistema defensivo (RIC *et al.*, 2016). Por outro lado, a inferioridade numérica do ataque promove menos comportamentos imprevisíveis, os quais são essenciais para a consecução do gol (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Para além de analisar a frequência de jogadores de ambas as equipes no espaço de jogo efetivo, o presente estudo aponta que aumenta a probabilidade da sequência ofensiva resultar em gol, quando aumenta a incerteza da relação numérica na subárea ofensiva central. Esses achados vão contra o encontrado por Vilar *et al.* (2013), estudo no qual os autores apontam que a subárea central apresenta maior incerteza da relação numérica durante uma partida inteira. Contudo, os resultados do presente estudo corroboram Santos (2015), no qual foram analisadas as sequências ofensivas concluídas em gol da seleção campeã da Copa do Mundo FIFA[®] 2014. Foi encontrado que a subárea com maior incerteza da diferença numérica foi a ofensiva central da equipe que estava atacando. Portanto, é possível inferir que, apesar das equipes apresentarem maior fluxo dos jogadores na subárea central durante a partida, nos momentos em que criam oportunidades de gol, aumenta o fluxo de jogadores na subárea ofensiva central.

Com isso, percebe-se a reciprocidade das escalas diádicas e coletivas (ARAÚJO *et al.*, 2015), onde ambas ocorrem de forma simultânea e geram padrões de comportamentos fundamentais para as equipes aumentarem ou diminuïrem a probabilidade de conseguir marcar o gol após produzirem oportunidades de gol. As equipes aumentam a probabilidade de marcar quando coletivamente não permitem que o adversário aumente a superioridade numérica nas regiões de maior risco, ao mesmo tempo em que aumentam o fluxo de jogadores de ambas as equipes nessas regiões, nos momentos em que estão buscando criar situações de oportunidade de gol. Além disso, os atacantes devem se atentar na sua relação com o defensor mais próximo, mantendo uma distância curta para tê-lo como referência, buscar se posicionar o mais próximo possível da baliza, manter-se na linha do defensor para estar à mesma distância ou mais próximo da baliza do que o defensor e criar o menor ângulo possível entre o defensor, ele próprio e o centro da baliza.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M.; GONÇALVES, B.; BOTELHO, G.; LEMMINK, K.; SAMPAIO, J. Footballers' movement behaviour during 2-, 3-, 4- and 5-a-side small-sided games. **Journal of Sports Sciences**, v.33, n.12, p.1259-1266. 2015.
- ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; BENNETT, S. J.; BUTTON, C.; CHAPMAN, G. Emergence of sport skills under constraints. In: A. M. Williams e N. J. Hodges (Ed.). **Skill acquisition in sport: Research, theory and practice**. London: Routledge, Taylor & Francis, 2004, p.409-433.
- ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; HRISTOVSKI, R. The ecological dynamics of decision making in sport. **Psychology of Sport and Exercise**, v.7, n.6, p.653-676. 2006.
- ARAÚJO, D.; PASSOS, P.; ESTEVES, P.; DUARTE, R.; LOPES, J.; HRISTOVSKI, R.; DAVIDS, K. The micro-macro link in understanding sport tactical behaviours: Integrating information and action at different levels of system analysis in sport. **Movement & Sport Sciences**, v.3, n.89, p.53-63. 2015.
- ASHBY, W. R. Principles of the self-organizing dynamic system. **The Journal of general psychology**, v.37, n.2, p.125-128. 1947.
- BALAGUE, N.; TORRENTS, C.; HRISTOVSKI, R.; DAVIDS, K.; ARAUJO, D. Overview of complex systems in sport. **Journal of Systems Science & Complexity**, v.26, n.1, p.4-13. 2013.
- BARNABE, L.; VOLOSSEVITCH, A.; DUARTE, R.; FERREIRA, A. P.; DAVIDS, K. Age-related effects of practice experience on collective behaviours of football players in small-sided games. **Human Movement Science**, v.48, p.74-81. 2016.
- BARROS, R. M.; MISUTA, M. S.; MENEZES, R. P.; FIGUEROA, P. J.; MOURA, F. A.; CUNHA, S. A.; ANIDO, R.; LEITE, N. J. Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. **Journal of sports science & medicine**, v.6, n.2, p.233. 2007.
- BARTLETT, R.; BUTTON, C.; ROBINS, M.; DUTT-MAZUMDER, A.; KENNEDY, G. Analysing team coordination patterns from player movement trajectories in soccer: methodological considerations. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v.12, n.2, p.398-424. 2012.
- BATE, R. Football chance: tactics and strategy. In: T. Reilly, A. Lees, K. Davids e W. J. Murphy (Ed.). **Science and football**. London: E & FN Spon, 1988, p.293 - 301.
- BOURBOUSSON, J.; SÈVE, C.; MCGARRY, T. Space-time coordination dynamics in basketball: Part 1. Intra- and inter-couplings among player dyads. **Journal of sports sciences**, v.28, n.3, p.339-347. 2010a.
- _____. Space-time coordination dynamics in basketball: Part 2. The interaction between the two teams. **Journal of Sports Sciences**, v.28, n.3, p.349-358. 2010b.
- BRADLEY, P. S.; LAGO-PENAS, C.; REY, E.; GOMEZ DIAZ, A. The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. **Journal of Sports Sciences**, v.31, n.12, p.1261-1270. 2013.
- CARLING, C.; WILLIAMS, A. M.; REILLY, T. **Handbook of soccer match analysis: A systematic approach to improving performance**. London and New York: Routledge. 2005. 163 p.
- CASTELLANO, J.; ALVAREZ-PASTOR, D.; BRADLEY, P. S. Evaluation of research using computerised tracking systems (Amisco® and Prozone®) to analyse physical performance in elite soccer: A systematic review. **Sports medicine**, v.44, n.5, p.701-712. 2014.
- CASTELLANO, J.; BLANCO-VILLASEÑOR, A.; ALVAREZ, D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. **International journal of sports medicine**, v.32, n.06, p.415-421. 2011.
- COHEN, J. Eta-squared and partial eta-squared in fixed factor ANOVA designs. **Educational and psychological measurement**, v.33, n.1, p.107-112. 1973.
- COUCEIRO, M. S.; CLEMENTE, F. M.; MARTINS, F. M. L.; TENREIRO MACHADO, J. A. Dynamical stability and predictability of football players: The study of one match. **Entropy**, v.16, n.2, p.645-674. 2014.
- CRUZ, C. D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v.38, n.4, p.547-552. 2016.
- DAVIDS, K.; ARAÚJO, D.; SHUTTLEWORTH, R. Applications of Dynamical Systems Theory to Football. In: T. Reilly, J. Cabri e D. Araújo (Ed.). **Science and Football V: The Proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football**. Oxon, UK: Routledge, 2005, p.537-550.
- DAVIDS, K.; GLAZIER, P.; ARAUJO, D.; BARTLETT, R. Movement systems as dynamical systems. **Sports medicine**, v.33, n.4, p.245-260. 2003.

- DAVIDS, K.; HANDFORD, C.; WILLIAMS, M. The natural physical alternative to cognitive theories of motor behaviour: An invitation for interdisciplinary research in sports science? **Journal of Sports Sciences**, v.12, n.6, p.495-528. 1994.
- DAVIDS, K.; HRISTOVSKI, R.; ARAÚJO, D.; BALAGUÉ, N.; BUTTON, C.; PASSOS, P. **Complex systems in sport**. London and New York: Routledge, v.7. 2013. 354 p.
- DI SALVO, V.; BARON, R.; TSCHAN, H.; MONTERO, F. C.; BACHL, N.; PIGOZZI, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. **International journal of sports medicine**, v.28, n.03, p.222-227. 2007.
- DUARTE, R.; ARAÚJO, D.; CORREIA, V.; DAVIDS, K. Sports teams as superorganisms: implications of sociobiological models of behaviour for research and practice in team sports performance analysis. **Sports Medicine**, v.42, n.8, p.633-642. 2012.
- DUARTE, R.; ARAÚJO, D.; CORREIA, V.; DAVIDS, K.; MARQUES, P.; RICHARDSON, M. J. Competing together: Assessing the dynamics of team–team and player–team synchrony in professional association football. **Human Movement Science**, v.32, n.4, p.555-566. 2013.
- DUARTE, R.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; TRAVASSOS, B.; GAZIMBA, V.; SAMPAIO, J. Interpersonal coordination tendencies shape 1-vs-1 sub-phase performance outcomes in youth soccer. **Journal of sports sciences**, v.30, n.9, p.871-877. 2012.
- 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. **Hum Mov Sci**, v.31, n.6, p.1639-1651. 2012.
- DUARTE, R.; ARAÚJO, D.; GAZIMBA, V.; FERNANDES, O.; FOLGADO, H.; MARMELEIRA, J.; DAVIDS, K. The ecological dynamics of 1v1 sub-phases in association football. **Journal of Sports Sciences**, v.9, n.30, p.871-877. 2010.
- FOLGADO, H.; DUARTE, R.; MARQUES, P.; SAMPAIO, J. The effects of congested fixtures period on tactical and physical performance in elite football. **Journal of Sports Sciences**, v.33, n.12, p.1238-1247. 2015.
- FOLGADO, H.; LEMMINK, K. A.; FRENCKEN, W.; SAMPAIO, J. Length, width and centroid distance as measures of teams tactical performance in youth football. **European Journal of Sport Science**, v.14, n.sup1, p.487-492. 2014.
- FRANKS, I. M.; GOODMAN, D. A systematic approach to analysing sports performance. **Journal of Sports Sciences**, v.4, n.1, p.49-59. 1986.
- FRENCKEN, W.; LEMMINK, K. Team kinematics of small-sided soccer games: A systematic approach. In: T. R. F. Korkusuz (Ed.). **Science and football VI - Proceedings on the Sixth World Congress of Science and Football**. London: Routledge, 2009, p.167-172.
- 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**, v.11, n.4, p.215-223. 2011.
- FRENCKEN, W.; POEL, H. D.; VISSCHER, C.; LEMMINK, K. Variability of inter-team distances associated with match events in elite-standard soccer. **Journal of Sports Sciences**, v.30, n.12, p.1207-1213. 2012.
- FRIAS, T.; DUARTE, R. Man-to-man or zone defense? Measuring team dispersion behaviors in small-sided soccer games. **Trends in Sport Sciences**, v.21, n.3, p.135-144. 2014.
- GAMA, J.; DIAS, G.; COUCEIRO, M.; PASSOS, P.; DAVIDS, K.; RIBEIRO, J. An ecological dynamics rationale to explain home advantage in professional football. **International Journal of Modern Physics C**, v.27, n.9. 2016.
- GARGANTA, J. **Modelação táctica do jogo de futebol: Estudo da organização da fase ofensiva em equipas de alto rendimento**. 1997. 292 p. (Doutorado). Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade do Porto, Porto, 1997. 292 p.
- _____. Trends of tactical performance analysis in team sports: bridging the gap between research, training and competition. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.9, n.1, p.81-89. 2009.
- GARGANTA, J.; GRÉHAIGNE, J.-F. Abordagem sistêmica do jogo de futebol: moda ou necessidade? **Movimento**, v.5, n.10, p.40-50. 1999.
- GIBSON, J. J. **The ecological approach to visual perception**. New York and London: Psychology Press. 1979. 315 p.
- GÓMEZ, M. A.; GÓMEZ-LOPEZ, M.; LAGO, C.; SAMPAIO, J. Effects of game location and final outcome on game-related statistics in each zone of the pitch in professional football. **European Journal of Sport Science**, v.12, n.5, p.393-398. 2012.

- GONCALVES, B. V.; FIGUEIRA, B. E.; MACAS, V.; SAMPAIO, J. Effect of player position on movement behaviour, physical and physiological performances during an 11-a-side football game. **Journal of Sports Sciences**, v.32, n.2, p.191-199. 2014.
- GRÉHAIGNE, J.-F.; BOUTHIER, D.; DAVID, B. Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer. **Journal of Sports Sciences**, v.15, n.2, p.137-149. 1997.
- GRÉHAIGNE, J.-F.; GODBOUT, P. Tactical knowledge in team sports from a constructivist and cognitivist perspective. **Quest**, v.47, n.4, p.490-505. 1995.
- GRÉHAIGNE, J.; PAUL, G. Dynamic Systems Theory and Team Sport Coaching. **Quest**, v.66, n.1, p.96-116. 2014.
- GRÉHAIGNE, J. F.; MAHUT, B.; FERNANDEZ, A. Qualitative observation tools to analyse soccer. **Int J Perform Anal Sport**, v.1, n.1, p.52-61. 2001.
- HAMMOND, K. R.; STEWART, T. R. **The essential Brunswik: Beginnings, explications, applications**. New York: Oxford University Press. 2001. 540 p.
- HARRIS, S.; REILLY, T. Space, teamwork and attacking success in soccer. In: T. Reilly, A. Lees, K. Davis e W. Murphy (Ed.). **Science and Football - Proceedings on the First World Congress of Science and Football**. London-New York: E. & F.N. Spon, 1988, p.322-328.
- HEADRICK, J.; DAVIDS, K.; RENSHAW, I.; ARAÚJO, D.; PASSOS, P.; FERNANDES, O. Proximity-to-goal as a constraint on patterns of behaviour in attacker-defender dyads in team games. **Journal of Sports Sciences**, v.30, n.3, p.427-453. 2012.
- HILL-HAAS, S. V.; DAWSON, B.; IMPELLIZZERI, F. M.; COUTTS, A. J. Physiology of small-sided games training in football. **Sports medicine**, v.41, n.3, p.199-220. 2011.
- HUGHES, M.; DAVID, R.; DORKIN, N. Perturbations in play and goal-scoring opportunities in soccer. In: M. Hughes (Ed.). **Notational Analysis of Sport III**. Cardiff: UWIC, 2001, p.108-116.
- HUGHES, M.; DAWKINS, N.; DAVID, R.; MILLS, J. The perturbation effect and goal opportunities in soccer. **Journal of Sports Sciences**, v.16, n.1, p.20. 1998.
- HUGHES, M.; FRANKS, I. Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. **Journal of sports sciences**, v.23, n.5, p.509-514. 2005.
- HUGHES, M.; FRANKS, I. M. **The Essentials of Performance Analysis: an Introduction**. New York: Routledge. 2008. 312 p.
- JAMES, N.; REES, G. D.; GRIFFIN, E.; BARTER, P.; TAYLOR, J.; HEATH, L.; VUCKOVIC, G. Analysing soccer using perturbation attempts. **Journal of Human Sport and Exercise**, v.7, n.2, p.413-420. 2012.
- JAMES, N.; REES, G. D.; GRIFFIN, E.; BARTER, P.; TAYLOR, J.; HEATH, L.; VUČKOVIĆ, G. Analysing soccer using perturbation attempts. **Journal of Human Sport and Exercise**, v.7, n.SPECIALISSUE.2, p.413-420. 2012.
- JUARRERO, A. **Dynamics in action: Intentional behavior as a complex system**. Cambridge: MA: MIT press. 1999.
- KELSO, J. Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. **American Journal of Physiology**, v.246, n.6, p.1000-1004. 1984.
- KELSO, J.; JEKA, J. J. Symmetry breaking dynamics of human multilimb coordination. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.18, n.3, p.645. 1992.
- KELSO, J. S.; ENGSTROM, D. A. **The complementary nature**. Cambridge and London: MIT press. 2006. 317 p.
- KELSO, J. S.; SCHÖNER, G. Self-organization of coordinative movement patterns. **Human Movement Science**, v.7, n.1, p.27-46. 1988.
- KUGLER, P.; KELSO, J.; TURVEY, M. On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence. In: G.Stelmach e J. Requin (Ed.). **Tutorials in motor behavior**. Amsterdam: North Holland, v.45, 1980, p.3-45.
- LAGO-PEÑAS, C. The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. **Journal of Sports Sciences**, v.27, n.13, p.1463-1469. 2009.
- LAGO-PEÑAS, C.; LAGO-BALLESTEROS, J.; DELLAL, A.; GÓMEZ, M. Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the Spanish soccer league. **Journal of sports science & medicine**, v.9, n.2, p.288. 2010.
- LAMES, M. Modelling the interaction in game sports-Relative phase and moving correlations. **Journal of Sports Science & Medicine**, v.5, n.4, p.556. 2006.

- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174. 1977.
- MAHLO, F. **L'acte tactique en jeu**. Paris: Vigot. 1969.
- MCGARRY, T. Soccer as a Dynamical System: Some Theoretical Considerations. In: J. C. E. D. A. T. Reilly (Ed.). **Science and Football V: The Proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football**. Oxon, UK: Routledge, 2005, p.551-560.
- MCGARRY, T. Applied and theoretical perspectives of performance analysis in sport: Scientific issues and challenges. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v.9, n.1, p.128-140. 2009.
- MCGARRY, T.; ANDERSON, D. I.; WALLACE, S. A.; HUGHES, M. D.; FRANKS, I. M. Sport competition as a dynamical self-organizing system. **Journal of Sports Sciences**, v.20, n.10, p.771-781. 2002.
- MCGARRY, T.; FRANKS, I. M. Development, application, and limitation of a stochastic Markov model in explaining championship squash performance. **Research quarterly for exercise and sport**, v.67, n.4, p.406-415. 1996.
- MCGARRY, T.; KHAN, M. A.; FRANKS, I. M. On the presence and absence of behavioural traits in sport: An example from championship squash match-play. **Journal of Sports Sciences**, v.17, n.4, p.297-311. 1999.
- MICHAILIDIS, Y.; MICHAILIDIS, C.; PRIMPA, E. Analysis of goals scored in European Championship 2012. **Journal of Human Sport and Exercise**, v.8, n.2, p.367-375. 2013.
- OLTHOF, S. B. H.; FRENCKEN, W. G. P.; LEMMINK, K. A. P. M. The older, the wider: On-field tactical behavior of elite-standard youth soccer players in small-sided games. **Human Movement Science**, v.41, p.92-102. 2015.
- PALUT, Y.; ZANONE, P.-G. A dynamical analysis of tennis: Concepts and data. **Journal of Sports Sciences**, v.23, n.10, p.1021-1032. 2005.
- PASSOS, P.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; GOUVEIA, L.; MILHO, J.; SERPA, S. Information-governing dynamics of attacker-defender interactions in youth rugby union. **Journal of Sports Sciences**, v.26, n.13, p.1421-1429. 2008.
- PASSOS, P.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; GOUVEIA, L.; SERPA, S. Interpersonal dynamics in sport: The role of artificial neural networks and 3-D analysis. **Behavior research methods**, v.38, n.4, p.683-691. 2006.
- PASSOS, P.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; GOUVEIA, L.; SERPA, S.; MILHO, J.; FONSECA, S. Interpersonal pattern dynamics and adaptive behavior in multiagent neurobiological systems: Conceptual model and data. **Journal of Motor Behavior**, v.41, n.5, p.445-459. 2009.
- POLLARD, R.; REEP, C. Measuring the effectiveness of playing strategies at soccer. **Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)**, v.46, n.4, p.541-550. 1997.
- PRIGOGINE, I. **From being to becoming: Time and complexity in the physical sciences**. New York: W. H. Freeman and Company. 1980. 272 p.
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **Order out of chaos: man's new dialogue with nature**. New York: Bantam. 1984. 349 p.
- PUIG-DIVÍ, A.; PADULLÉS-RIU, J. M.; BUSQUETS-FACIABEN, A.; PADULLÉS-CHANDO, X.; ESCALONA-MARFIL, C.; MARCOS-RUIZ, D. Validity and Reliability of the Kinovea Program in 2 Obtaining Angular and Distance Dimensions 3. **Preprints**, v.1, p.1-23. 2017.
- RIC, A.; HRISTOVSKI, R.; GONCALVES, B.; TORRES, L.; SAMPAIO, J.; TORRENTS, C. Timescales for exploratory tactical behaviour in football small-sided games. **Journal of Sports Sciences**, v.34, n.18, p.1723-1730. 2016.
- SAMPAIO, J.; MACAS, V. Measuring Tactical Behaviour in Football. **International Journal of Sports Medicine**, v.33, n.5, p.395-401. 2012.
- SAMPAIO, J. E.; LAGO, C.; GONÇALVES, B.; MAÇÃS, V. M.; LEITE, N. Effects of pacing, status and unbalance in time motion variables, heart rate and tactical behaviour when playing 5-a-side football small-sided games. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.17, n.2, p.229-233. 2013.
- SANTOS, R. **Padrões de coordenação interpessoal no Futebol: análise das relações numéricas relativas em sequências ofensivas finalizadas em gol**. 2015. 69 p. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. 69 p.
- SARMENTO, H.; MARCELINO, R.; ANGUERA, M. T.; CAMPANIÇO, J.; MATOS, N.; LEITÃO, J. C. Match analysis in football: a systematic review. **Journal of sports sciences**, v.32, n.20, p.1831-1843. 2014.

- SCHMIDT, R.; O'BRIEN, B.; SYSKO, R. Self-organization of between-persons cooperative tasks and possible application to sport. **International Journal of Sport Psychology**, v.30, n.4, p.558-579. 1999.
- SEABRA, F.; DANTAS, L. E. Space definition for match analysis in soccer. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v.6, n.2, p.97-113. 2006.
- SERRANO, J.; SHAHIDIAN, S.; FERNANDES, O. Validation of a manual position tracking software (TACTO) to quantify the football movements. **International Journal of Sports Science**, v.4, n.6A, p.28-34. 2014.
- SHAFIZADEH, M.; DAVIDS, K.; CORREIA, V.; WHEAT, J.; HIZAN, H. Informational constraints on interceptive actions of elite football goalkeepers in 1v1 dyads during competitive performance. **Journal of Sports Sciences**, v.34, n.17, p.1596-1601. 2016.
- SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. **The Bell System Technical Journal**, v.27, n.1, p.379-423, 623-656. 1948.
- SILVA, P.; AGUIAR, P.; DUARTE, R.; DAVIDS, K.; ARAUJO, D.; GARGANTA, J. Effects of Pitch Size and Skill Level on Tactical Behaviours of Association Football Players During Small-Sided and Conditioned Games. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v.9, n.5, p.993-1006. 2014.
- SILVA, P.; CHUNG, D. T.; CARVALHO, T.; CARDOSO, T.; DAVIDS, K.; ARAUJO, D.; GARGANTA, J. Practice effects on intra-team synergies in football teams. **Human Movement Science**, v.46, p.39-51. 2016.
- SILVA, P.; DUARTE, R.; SAMPAIO, J.; AGUIAR, P.; DAVIDS, K.; ARAUJO, D.; GARGANTA, J. Field dimension and skill level constrain team tactical behaviours in small-sided and conditioned games in football. **Journal of Sports Sciences**, v.32, n.20, p.1888-1896. 2014.
- TENGA, A.; HOLME, I.; RONGLAN, L. T.; BAHR, R. Effect of playing tactics on goal scoring in Norwegian professional soccer. **Journal of Sports Sciences**, v.28, n.3, p.237-244. 2010.
- TENGA, A.; RONGLAN, L. T.; BAHR, R. Measuring the effectiveness of offensive match-play in professional soccer. **European Journal of Sport Science**, v.10, n.4, p.269-277. 2010.
- TEOLDO, I.; GARGANTA, J.; GRECO, P.; MESQUITA, I. Princípios táticos do jogo de futebol: conceitos e aplicação. **Motriz**, v.15, n.3, p.657-668. 2009.
- TRAVASSOS, B.; ARAUJO, D.; DAVIDS, K.; VILAR, L.; ESTEVES, P.; VANDA, C. Informational constraints shape emergent functional behaviours during performance of interceptive actions in team sports. **Psychology of Sport and Exercise**, v.13, n.2, p.216-223. 2012.
- TRAVASSOS, B.; ARAÚJO, D.; DUARTE, R.; MCGARRY, T. Spatiotemporal coordination behaviors in futsal (indoor football) are guided by informational game constraints. **Human Movement Science**, v.31, n.4, p.932-945. 2012.
- TRAVASSOS, B.; DAVIDS, K.; ARAUJO, D.; ESTEVES, P. T. Performance analysis in team sports: Advances from an Ecological Dynamics approach. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v.13, n.1, p.83-95. 2013.
- TRAVASSOS, B.; GONCALVES, B.; MARCELINO, R.; MONTEIRO, R.; SAMPAIO, J. How perceiving additional targets modifies teams' tactical behavior during football small-sided games. **Human Movement Science**, v.38, p.241-250. 2014.
- TRAVASSOS, B.; VILAR, L.; ARAUJO, D.; MCGARRY, T. Tactical performance changes with equal vs unequal numbers of players in small-sided football games. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v.14, n.2, p.594-605. 2014.
- TRNINIĆ, S.; JELASKA, I.; PAPIĆ, V. Global nonlinear model for efficacy evaluation in team sports. **Sport Science**, v.2, n.2, p.73-80. 2009.
- VILAR, L.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; BAR-YAM, Y. Science of winning soccer: Emergent pattern-forming dynamics in association football. **Journal of systems science & complexity**, v.26, n.1, p.73-84. 2013.
- VILAR, L.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; BUTTON, C. The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. **Sports Medicine**, v.42, n.1, p.1-10. 2012.
- VILAR, L.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; TRAVASSOS, B.; DUARTE, R.; PARREIRA, J. Interpersonal coordination tendencies supporting the creation/prevention of goal scoring opportunities in futsal. **European journal of sport science**, v.14, n.1, p.28-35. 2014.
- VILAR, L.; DUARTE, R.; SILVA, P.; CHOW, J. Y.; DAVIDS, K. The influence of pitch dimensions on performance during small-sided and conditioned soccer games. **Journal of Sports Sciences**, v.32, n.19, p.1751-1759. 2014.

VON BERTALANFFY, L. **General System Theory. Foundations, Development, Applications.** New York: George Braziller. 1968. 40 p.

WALLACE, J. L.; NORTON, K. I. Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: Game structure, speed and play patterns. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.17, n.2, p.223-228. 2014.