

MARCOS RODRIGO TRINDADE PINHEIRO MENUCHI

**ESTUDO DA COORDENAÇÃO INTERPESSOAL NA
DINÂMICA DA MARCAÇÃO NO FUTEBOL: efeitos da
manipulação da tarefa em diferentes categorias de formação**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Área de Concentração:
Biodinâmica do Desempenho Humano

Orientador: Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro
Coorientador: Paulo Eduardo Ambrósio

FLORIANÓPOLIS (SC), 2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Menuchi, Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro

Estudo da coordenação interpessoal na dinâmica da marcação no futebol : efeitos da manipulação da tarefa em diferentes categorias de formação / Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Menuchi ; orientador, Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro ; coorientador, Prof. Paulo Eduardo Ambrósio . - Florianópolis, SC, 2016.

116 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Inclui referências

1. Educação Física. 2. dinâmica ecológica. 3. sinergia da marcação. 4. coordenação interpessoal. 5. futebol. I. Moro, Prof. Dr. Antônio Renato Pereira . II. , Prof. Paulo Eduardo Ambrósio. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

MARCOS RODRIGO TRINDADE PINHEIRO MENUCHI

**ESTUDO DA COORDENAÇÃO INTERPESSOAL NA
DINÂMICA DA MARCAÇÃO NO FUTEBOL:** efeitos da
manipulação da tarefa em diferentes categorias de formação

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina,
como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação
Física. Área de Concentração: Biodinâmica do Desempenho
Humano

Florianópolis, 30 de novembro de 2016.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro
Orientador (presidente)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Umberto Cesar Corrêa
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Juarez Vieira do Nascimento
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Juliano Dal Pupo
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Michél Angillo Saad
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Ao longo deste dinâmico processo de doutoramento, e muito antes deste, inúmeras pessoas contribuíram direta ou indiretamente, culminando nesta obra final que retrata o amadurecimento pessoal, profissional e científico. Na impossibilidade de nomear todas, gostaria de dirigir agradecimentos especiais aquelas com as quais desenvolvi interações mais próximas e influentes neste doutoramento:

Minha esposa Luciana: desde o início me incentivando e apoiando. Mesmo quando parecia impossível ela estava lá. Soube gerenciar as mais diversas dificuldades ao longo do processo, demonstrando sempre sua coragem e dedicação. Certamente, sem sua força (em todos os níveis) a finalização deste processo seria muito mais árduo ou até mesmo inviável. Obrigado por tudo e, principalmente, pelo nosso filho Lorenzo. Te amo minha linda.

Meu filho Lorenzo: Nascido juntamente com o Doutorado, hoje tem quase 4 anos de idade. Para muitos um filho neste momento pode significar dificuldades. Claro que há. Exige dedicação, envolvimento e entrega. Mas isso é recompensador e hoje percebo que você foi meu combustível. Momento de troca da parte intelectual para os momentos de diversão, brincadeira e muitas risadas. Você está aqui presente nesta tese meu filho: vamos brincar?

Pais e irmãos: Meu pai Edson e minha mãe Eliana nunca mediram esforços para uma boa educação. Incentivo por toda a vida é necessário para chegar até aqui. E vocês incentivaram, e muito. Aos irmãos Carlos Alexandre e Ana Claudia os quais tenho muito orgulho por serem como são. Obrigado por verem seu irmão mais velho como um exemplo. Isso traz obrigações, responsabilidades e respeito, fundamentais para me tornar o que sou hoje. Obrigado família. Amo vocês.

Professor Moro: Primeiramente por aceitar um orientando sem conhecê-lo. Acreditar cegamente, mesmo após a leitura de três projetos de pesquisa diferentes (cada um mais maluco que o outro). Respondeu prontamente a todas as dúvidas e inquietações ao longo do processo. Ofereceu todo o apoio logístico e estrutural ao colocar-me em contato com o BIOMEC. Grande amigo e muito presente nos períodos em que estive em

Florianópolis, principalmente no “cafezinho da presidência”. Muito obrigado por acreditar em mim. Obrigado por tudo.

Membros do BIOMEC: Logo no primeiro dia fui muito bem acolhido. Lá ninguém é indiferente. Apoio científico, risadas, almoços no RU, cafezinhos e tudo mais que uma pessoa que deixa a família necessita para ter força de avançar em seu projeto. O tempo é importante. Aproveitá-lo é essencial. Obrigado a todos.

Professor Juarez: Mesmo muito ocupado com as várias funções que exercia/exerce, sempre respondeu às minhas indagações. Inclusive no tapete vermelho da Pró-reitoria de Pesquisa. Sempre acreditou no meu potencial (mesmo quando eu mesmo não acreditava). Muito obrigado.

Professor Paulo Ambrósio: Mentor em minha própria casa, co-orientou-me com muita eficiência. Todo o apoio necessário, principalmente com a análise dos dados e a apresentação dos professores pesquisadores que hoje fazem parte do GEPECOM. Tenho certeza que esta parceria ainda renderá muitos frutos. Obrigado.

Membros do GEPECOM: Grupo de pesquisa em fase de crescimento no início do doutorado, passou a “engrossar o caldo” ao longo destes 4 anos. Alunos de graduação e pós-graduação, bolsistas e professores foram fundamentais para discutir diversos textos, conceitos e idéias que hoje estão descritas nesta tese. Obrigado a todos e que continuemos crescendo.

Aos colegas Professores da Educação Física da UESC: muito obrigado por possibilitarem a redução de carga horária e os afastamentos pontuais que se fizeram necessários neste processo de formação. Sei das dificuldades que passamos e dos desafios que enfrentaram. Obrigado.

Às agências de fomento da **CAPES** e **FAPESB** pelo auxílio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo desta tese foi analisar as tendências de coordenação interpessoal sob diferentes intensidades de marcação em diferentes categorias de idade do futebol. Especificamente, buscou-se mapear e descrever a dinâmica da coordenação interpessoal baseado nas ferramentas dos sistemas dinâmicos, onde foi possível verificar as tendências de coordenação que emergiram nos diferentes contextos apresentados. A intensidade da marcação foi manipulada alterando-se o espaço de jogo e o tempo de posse de bola no pequeno jogo de futebol popularmente conhecido como bobinho. Cinco participantes de cada categoria de idade (sub13, sub15, sub17 e sub20) realizaram a tarefa no próprio ambiente de treinamento, combinando 4 condições experimentais: espaço ampliado e posse de bola livre (AL), espaço ampliado e posse de bola restrita (AR), espaço reduzido e posse de bola livre (RL), e espaço reduzido e posse de bola restrita (RR). As variáveis independentes foram a categoria de idade (sub13, sub15, sub17 e sub20) e a intensidade da marcação (AL, AR, RL e RR). As variáveis dependentes foram o desempenho no jogo (medido pelo tempo de rali, velocidade da bola e frequência de passe), a topologia dos passes (medida pelas distâncias interpessoais, ângulo e velocidade do passe em cada passe) e a sinergia da marcação (medida pela associação entre as distâncias da bola do marcador e do centroide). Foram desenvolvidos procedimentos de análise e ferramentas que permitiram observar as tendências de coordenação interpessoal dos jogadores. Os resultados demonstraram que (1) marcador e passadores são fortemente acoplados (discutido aqui como a sinergia da marcação); (2) a sinergia da marcação emerge de uma flexível e adaptativa troca de passes; (3) a sinergia da marcação fortalece em função da intensidade da marcação; e (4) a sinergia da marcação fortalece em função da idade e experiência na modalidade. Conclui-se que a coordenação interpessoal na marcação (sinergia da marcação) pode ser analisada como um processo emergente e auto-organizado no contexto de ação, abrindo novas linhas de estudo e intervenção no esporte coletivo de invasão.

Palavras-chave: dinâmica ecológica, sinergia da marcação, coordenação interpessoal, futebol.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to analyze the trends of interpersonal coordination in different intensity of marking in different age categories of football. Specifically, we sought to map and describe the dynamics of interpersonal coordination based on dynamical systems tools where it was possible to verify the coordination trends that have emerged in different contexts presented. The intensity of marking was manipulated by changing the game space and the ball possession time in the small football game popularly known as "bobinho". Five participants from each age category (U13, U15, U17 and U20) performed the task in their own training environment combining four experimental conditions: expanded space and free ball possession (AL), expanded space and restricted ball possession (AR) reduced space and free ball possession (RL), and reduced space and restricted ball possession (RR). The independent variables were age category (U13, U15, U17 and U20) and the intensity of marking (AL, AR, RL and RR). The dependent variables were the performance in the game (measured by the time of the rally, speed of the ball and frequency of the pass), the topology of passes (measured by interpersonal distance, angle and velocity of the pass in each pass) and synergy of marking (measured by the association between the ball distances of the marker and centroid). Analysis procedures and tools that allowed to observe interpersonal coordination tendencies were developed. The results demonstrated that (1) the players are strongly coupled (discussed here as synergy of marking); (2) the synergy of marking emerges of flexible and adaptive exchange of passes; (3) the synergy of marking strengthens due to the intensity of marking; and (4) the synergy of marking strengthens according to age and experience in the sport. It is concluded that interpersonal coordination in marking (synergy of marking) can be analyzed as an emergent and self-organized process in the action context, opening new lines of study and intervention in the collective sports of invasion.

Keywords: ecological dynamics, synergy of marking, interpersonal coordination, soccer.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Ilustração das relações formadas em função da movimentação dos jogadores no espaço de jogo. Os círculos preenchidos representam os jogadores passadores. O círculo em branco representa o marcador. As setas representam as possibilidades mais favoráveis para o passe. A sequência de figuras sugere as alterações nas oportunidades do passador em função do posicionamento do marcador no espaço de jogo. 43
- Figura 2 - Imagem da tarefa experimental formada por quatro passadores localizados na periferia e um marcador localizado no centro. 46
- Figura 3 - Configuração da tarefa experimental com quatro passadores e um marcador (A) e as variáveis analisadas (B). DIm : distância interpessoal com o marcador; DIr : distância interpessoal com o receptor; $DImr$: distância interpessoal marcador-receptor; A_{passe} : ângulo de passe; e V_{passe} : velocidade do passe. 53
- Figura 4 - A: Ilustração da rede *perceptron* multicamadas (MLP) com 6 neurônios de entrada, 13 neurônios na camada intermediária (utilizado para ajuste da rede), e um neurônio para a camada de saída. B: tabela de validação cruzada, indicando a quantidade de valores de cada condição experimental que alimentaram a rede. 56
- Figura 5 - A: modelo da árvore de decisão do tempo de finalização. Os conectores indicam os agrupamentos que foram significativamente diferentes. B: histograma do tempo de finalização na matriz experimental (categorias de idade: sub13, sub15, sub17 e sub20; condições experimentais: AL, AR, RL e RR). A linha pontilhada indica o valor da média geral do tempo de finalização. 62
- Figura 6 - Árvore de decisão do tipo de finalização. Os conectores indicam os agrupamentos que foram significativamente diferentes. 63
- Figura 7. A: modelo da árvore de decisão da F_{passe} . Os conectores indicam os agrupamentos que foram significativamente diferentes. B: histograma do F_{passe} na matriz experimental (categorias de idade: sub13, sub15, sub17 e sub20; condições experimentais: AL, AR, RL e RR). A linha pontilhada indica o valor da média geral do F_{passe} 64

Figura 8 - A: modelo da árvore de decisão da <i>V</i> posse. Os conectores indicam os agrupamentos que foram significativamente diferentes. B: histograma do VMP na matriz experimental (categorias de idade: sub13, sub15, sub17 e sub20; condições experimentais: AL, AR, RL e RR). A linha pontilhada indica o valor da média geral do VMP.	66
Figura 9 - A: modelo da árvore de decisão do <i>T</i> posse. Os conectores indicam as diferenças estatísticas encontradas. B: histograma do <i>T</i> posse nas categorias de idade (sub13, sub15, sub17 e sub20) e espaço de jogo (AL e RL). A linha pontilhada indica o valor da média geral do <i>T</i> posse.	67
Figura 10 - Evolução temporal da Db para cada jogador nas quatro condições experimentais. AL: espaço de jogo ampliado e posse de bola livre. AR: espaço de jogo ampliado e posse de bola restrita. RL: espaço de jogo reduzido e posse de bola livre. RR: espaço de jogo reduzido e posse de bola restrita.....	70
Figura 11 - Evolução temporal do índice da bola para o centroide e o marcador nas quatro condições experimentais. AL: espaço de jogo ampliado e posse de bola livre. AR: espaço de jogo ampliado e posse de bola restrita. RL: espaço de jogo reduzido e posse de bola livre. RR: espaço de jogo reduzido e posse de bola restrita.....	71
Figura 12 - Evolução temporal da coordenação entre marcador e centroide nas quatro condições experimentais.	72
Figura 13 - Paisagem de padrões de interação entre o marcador e o centroide em cada categoria de idade (sub13, sub15, sub17 e sub20) e condição experimental (AL, AR, RL e RR).	73
Figura 14 - Média e desvio padrão ($M \pm SD$) ponto a ponto do coeficiente de correlação cruzada entre o Dm e Dcent nos diferentes <i>time lags</i> das quatro categorias de idade.	74
Figura 15 - Média e desvio padrão ($M \pm SD$) ponto a ponto do coeficiente de correlação cruzada entre o Dm e Dcent nos diferentes <i>time lags</i> das quatro condições experimentais. AL: espaço de jogo ampliado e posse de bola livre. AR: espaço de jogo ampliado e posse de bola restrita. RL: espaço de jogo reduzido e posse de bola livre. RR: espaço de jogo reduzido e posse de bola restrita.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de estudos baseados na perspectiva dinâmica ecológica, com destaque na modalidade, interação e variáveis de interesse.....	37
Tabela 2 - Características dos participantes do estudo.....	45
Tabela 3 - Quantitativo das tentativas e passes por condição e por categoria.....	49
Tabela 4 - Equações utilizadas para o cálculo das variáveis dependentes.....	54
Tabela 5 - Descrição dos quatro modelos de RNA, destacando os dados de entrada, os dados de saída e os resultados apresentados.....	68
Tabela 6 - Matriz de confusão gerada pela RNA. AL: espaço ampliado e posse de bola livre. AR: espaço ampliado e posse de bola restrita. RL: espaço reduzido e posse de bola livre. RR: espaço reduzido e posse de bola restrita. Os valores indicam a correspondência entre os dados reais (coluna) e os dados gerados pela rede (linha).	69
Tabela 7 - Descrição dos pesos das variáveis de entrada na rede. Quanto maior o valor, maior sua influência do padrão reconhecido.....	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. JUSTIFICATIVA	21
1.2. ESTRUTURAÇÃO DA TESE	22
1.3. OBJETIVO	23
1.3.1. Geral	23
1.3.2. Específicos	23
2. REVISÃO DA LITERATURA	25
2.1. EVIDÊNCIAS DA NEUROCIÊNCIA	25
2.2. EVIDÊNCIAS DOS SISTEMAS DINÂMICOS	27
2.2.1. Atratores, constrangimentos e auto-organização	28
2.2.2. Sinergias	30
2.3. ABORDAGEM DINÂMICA ECOLÓGICA	33
2.4. A ABORDAGEM DINÂMICA ECOLÓGICA NO ESTUDO DA INTERAÇÃO INTERPESSOAL: DIRECIONAMENTOS PARA O PROTOCOLO EXPERIMENTAL DO BOBINHO	37
2.4.1. O protocolo experimental do bobinho e a sinergia da marcação	42
3. MATERIAL E MÉTODO	45
3.1. PARTICIPANTES	45
3.2. PROCEDIMENTOS	46
3.2.1. Protocolo experimental	46
3.1.2. Videogrametria	48
3.3. CÁLCULO DAS VARIÁVEIS	51
3.3.1. Desempenho no jogo	51
3.3.2. Dinâmica da troca de passes	52
3.3.3. Topologia dos passes	52
3.3.4. Sinergia da marcação	53
3.4. ANÁLISE DOS DADOS	54
3.4.1. Comparações do desempenho do jogo, dinâmica da troca de passes e variáveis da topologia dos passes	54
3.4.2. Identificação e reconhecimento de padrões topológicos do passe	55
3.4.3. Comportamento do jogo	58
4. RESULTADOS	61

4.1. DESEMPENHO NO JOGO	61
4.1.1 Desempenho do marcador.....	61
4.1.2. Desempenho dos passadores	63
4.3. TOPOLOGIA DOS PASSES.....	68
4.4. COMPORTAMENTO DO JOGO.....	70
4.4.1. Descrição do jogo	70
4.4.2. Tendências de coordenação interpessoal	71
4.4.3. Latência da coordenação interpessoal	74
5. DISCUSSÃO	77
5.1. O PEQUENO JOGO BOBINHO COMO UM SISTEMA DINÂMICO COMPLEXO.....	77
5.1.1. Marcador e passadores apresentam forte acoplamento, podendo ser analisado como uma estrutura coordenativa: a sinergia da marcação.	78
5.1.2. A sinergia da marcação emerge de uma flexível topologia dos passes: o princípio da compensação recíproca na troca de passes	79
5.2. DINÂMICA DA COORDENAÇÃO INTERPESSOAL NAS DIFERENTES CATEGORIAS DE IDADE	81
5.3. DINÂMICA DA COORDENAÇÃO INTERPESSOAL NOS DIFERENTES CONSTRANGIMENTOS DA TAREFA	84
5.4. IMPLICAÇÕES PRÁTICAS	87
5.5. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E DIRECIONAMENTOS FUTUROS	89
6. CONCLUSÃO	91
7. REFERÊNCIAS.....	93
ANEXO.....	109
ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	110
APÊNDICE	113
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (MAIOR DE IDADE).....	114
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (MENOR DE IDADE)	115
APÊNDICE C – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (MENOR DE IDADE)	116

1. INTRODUÇÃO

Os esportes coletivos de invasão com bola são atividades em que um grupo de jogadores interage simultaneamente com metas de desempenho comuns e opostas, que se reorganizam continuamente conforme as circunstâncias de ataque e defesa que se alternam no jogo (BALAGUE et al., 2013). Quando a equipe está sem a posse de bola (circunstância de defesa), os jogadores se organizam para impedir o avanço adversário e assumir a posse de bola. Por outro lado, quando a equipe está com a posse de bola (circunstância de ataque), os jogadores se organizam para conservar a posse e avançar território (quadra, campo, pista, etc.) em direção à meta adversária (gol, cesto, etc.). Para atender tais circunstâncias, no campo territorial, as contínuas mudanças na localização e posicionamento dos jogadores traduzem um jogo dinâmico, complexo e adaptativo (CORRÊA et al., 2012a; DUARTE et al., 2013; GREHAIGNE et al., 1997; MCGARRY et al., 2012).

O jogo é *complexo* porque os elementos (jogadores) que compõem o sistema (jogo) são capazes de interagir uns com os outros em diferentes níveis (1 vs. 1, 2 vs. 2, muitos vs. muitos) para formar comportamentos que não são possíveis individualmente, como por exemplo, a eficiente troca de passes da equipe do Barcelona F.C. (ver *game style*, CHASSY, 2013; DI BERNARDO, 2014; PAIXÃO et al., 2015). O jogo é *dinâmico* porque diversos fatores continuamente constroem (*constraints*, NEWELL, 1986) estas interações, forçando a transitarem por diferentes estados de organização (PASSOS et al., 2013; TURVEY, 2007). Por exemplo, o status do jogo (PAIXÃO et al., 2015), a formação tática empregada (SAMPAIO e MAÇÃS, 2012; SILVA et al., 2014a), a fadiga dos jogadores (RAMPININI et al., 2008), a intensidade da marcação (BELOZO et al., 2016), dentre outros, são alguns constrangimentos que influenciam o comportamento do jogador, da equipe, ou do jogo como um todo. Por fim, o jogo é *imprevisível*, porque as soluções individuais e coletivas observadas são flexíveis, criativas e emergentes das demandas do contexto de ação, dificultado a previsão de eventos no jogo (FERRARINI, 2014).

Diversos fenômenos coletivos na natureza que manifestam estas características tem apresentado um mecanismo auto-

regulatório (TURVEY, 1992). Resumidamente, a auto-organização é um mecanismo intrínseco que existe em sistemas adaptativos complexos (como sistemas neurobiológicos, tais como insetos, animais e humanos), capaz de explicar como os elementos de um sistema (coletivo) assumem determinada organização (estrutura coordenativa) por meio de flutuações críticas da dinâmica intrínseca do próprio sistema (interações interpessoais) (KELSO, 1995). A presença de flutuações críticas pode ser devido a contínua movimentação e deslocamento das presas na presença de um predador, ou de um atacante na presença de um marcador.

Nesta perspectiva, os jogadores são considerados como elementos intrincados (graus de liberdade) acoplados pelo campo informacional disponível (por ex. acústico, visual e mecânico). Este campo informacional constrange os elementos (jogadores) a uma relação funcional e adaptativa no jogo (padrão de coordenação interpessoal). Algumas evidências empíricas apresentadas e discutidas ao longo desta tese demonstram, em diferentes modalidades, que as interações interpessoais são formadas a partir do comportamento exploratório dos jogadores no espaço de jogo, reguladas pelo intercâmbio informacional. Desta forma, modelado como um sistema dinâmico complexo, os padrões de interação interpessoal (ou coordenação interpessoal), tanto intra quanto inter equipes, podem emergir por meio de processos espontâneos auto-organizados, sob a influência dos diversos fatores que constroem o jogo.

No futebol, os jogadores (5 x 5 no futsal ou 11 x 11 no futebol de campo) interagem intra (companheiros de equipe) e inter equipes (adversário) com o objetivo de marcar gols. Na condição inicial, cada equipe se posiciona em um lado da quadra ou campo o qual devem proteger. Ao longo do jogo, cada equipe tentará manter/capturar a posse de bola e avançar território em direção ao gol adversário. Para isso, os jogadores devem circular a bola no espaço de jogo, passando ou driblando e conduzindo-a sob diferentes configurações durante o jogo (CLEMENTE et al., 2013a). Por exemplo, tem sido demonstrado que a troca de passes no jogo evolui no espaço e no tempo conforme a intensidade e densidade da marcação (RIC et al., 2016; WALLACE e NORTON, 2014; VILAR et al., 2012b; PERL, 2013; PAIXÃO et al., 2015).

Tem sido sugerido que a marcação constrange temporariamente os jogadores, formando agrupamentos funcionais que atuam como estruturas coordenativas (CORRÊA et al., 2012a; MARSH et al., 2006; MCGARRY, 2009). Por meio de conceitos e ferramentas dos sistemas dinâmicos, alguns estudos tem elucidado potenciais medidas espaciais e temporais (ex., medidas de distâncias, ângulos e velocidades) que descrevem a formação destas estruturas coordenativas (ARAÚJO et al., 2006; BALAGUE et al., 2013; CORRÊA et al., 2012b; PASSOS et al., 2013; VILAR et al., 2012a). A importância destas medidas tem sido reconhecida como um aspecto chave para o entendimento da coordenação interpessoal (PASSOS et al., 2009; RILEY et al., 2011; SILVA et al., 2016).

Baseado nestas medidas, a dinâmica do jogo pode ser vista como o resultado do gerenciamento espaço-temporal dos jogadores, tal como a formação, manutenção e diluição da marcação no jogo. Por exemplo, em um jogo de futsal o condutor da bola busca se afastar dos marcadores para criar espaço para o passe (linha de passe) ou chute (linha de chute), enquanto os defensores buscam minimizar tais espaços. Simultaneamente, o companheiro de equipe do condutor da bola tenta movimentar-se no campo para afastar-se do marcador e criar linhas de passe, enquanto os defensores buscam eliminar tais oportunidades (CORRÊA et al., 2012). O produto coletivo que emerge destas múltiplas interações dão ritmo e intensidade ao jogo e refletem o comportamento dos jogadores em seu contexto de ação.

No entanto, um aspecto ainda não enfatizado é o processo de marcação. Normalmente, os estudos tem demonstrado a relação atacantes-defensores em diferentes níveis (díades, sub-grupos e jogo formal) considerando os momentos de transição de fase. Ou seja, os momentos em que o sistema (jogo) muda seu estado de organização (por ex., transição entre ataque e defesa) bem como as ações (por ex., passe, drible e chute) que emergem, sustentam e desequilibram o estado de organização do sistema (MCGARRY et al., 2002). No presente estudo, o foco da análise está voltado para a dinâmica da marcação, onde se buscou analisar os padrões de coordenação interpessoal que emergem da contínua disputa da posse de bola em espaços reduzidos. Para isso, o pequeno jogo de manutenção de posse de bola conhecido como “bobinho” foi utilizado como protocolo

experimental para verificar como as interações interpessoais na marcação (chamado aqui de sinergia da marcação) são processos emergentes e auto-organizados em função dos constrangimentos que formam o contexto de ação. Especificamente buscou-se responder: (1) como marcador coordena seus movimentos com os passadores na marcação? (2) como a intensidade da marcação afeta a troca de passes no jogo? Como as diferentes categorias de idades se comportam em tais condições?

No bobinho, os jogadores envolvem-se em trocas de passes em espaços reduzidos e pressionados por um (ou mais) marcador(es). Esta configuração de jogo exige que os jogadores explorem o espaço disponível para manter a posse de bola (passadores) ou interceptá-la (marcador). Para manter a posse de bola os passadores se movimentam e trocam passes entre si envolvendo o marcador. O marcador, por sua vez, deve intensificar a marcação, pressionando os passadores no espaço de jogo a fim de forçar um erro de passe ou interceptar a bola. Esta relação recíproca marcador-passadores forma uma estrutura coordenativa da marcação, caracterizada e analisada nesta tese como a *sinergia da marcação*.

Para a identificação de tendências de coordenação interpessoal, técnicas computacionais da inteligência artificial, como a Rede Neural Artificial (RNA) e a Árvore de Decisão (*decision tree*) foram utilizadas para verificar padrões topológicos dos passes. Além disso, técnicas de correlação (corrida e cruzada) foram utilizadas para descrever a sinergia da marcação nas diferentes idades e condições experimentais. Com estas análises as hipóteses foram que:

H₁: marcador e o centroide apresentassem forte acoplamento espaço-temporal (caracterizado aqui de *sinergia da marcação*), regulado pelos constrangimentos do contexto de ação;

H₂: a sinergia da marcação emergisse de uma flexível e adaptável troca de passes (caracterizado aqui de *topologia dos passes*), evidenciado por padrões topológicos variados e correspondentes aos constrangimentos do contexto de ação;

H₃: as categorias de idade apresentassem contextos específicos de desempenho, evidenciado por: (i) uma

tendência de aumento do ritmo e velocidade da troca de passes em função da idade; e (ii) uma tendência de fortalecimento da sinergia da marcação em função da idade;

H₄: a intensidade da marcação constrangesse o ritmo e a velocidade da troca de passes bem como a sinergia da marcação, evidenciado por: (i) uma tendência de aumento do ritmo e velocidade da troca de passes; (ii) uma tendência de queda de desempenho dos passadores; (iii) uma tendência de fortalecimento da sinergia da marcação.

1.1. JUSTIFICATIVA

O processo de construção desta pesquisa originou de um interesse pessoal de construir uma equipe multidisciplinar capaz de investigar o fenômeno esportivo baseado em um paradigma teórico integrado e contemporâneo, englobando conceitos e ferramentas dos sistemas dinâmicos e novas técnicas de computação. A equipe formada até então tem entendido que o processo de ensino-aprendizagem-treinamento do esporte pode ser potencializado frente às novas metodologias e abordagens teóricas multidisciplinares. A parceria com o Núcleo de treinamento do Vasco da Gama em Ilhéus/BA possibilitou a aproximação com as problemáticas do contexto do treino, direcionando nossos esforços para a medição, modelagem e explicação das interações interpessoais no futebol de maneira que pudesse contribuir com o cotidiano do professor/treinador.

Uma primeira demanda levantada foi em relação ao processo de marcação do futebol. Temática pouco explorada na literatura científica, buscou-se analisar a sinergia da marcação nas diferentes categorias de formação bem como importantes manipulações da tarefa que podem influenciar tal sinergia. Nesta direção, uma intenção foi entender as tendências de coordenação interpessoal nas diferentes categorias do núcleo (sub13, sub15, sub17 e sub20) sob a mesma configuração de tarefa. Embora a literatura apresente alguns resultados substanciais de diferentes sub-fases e constrangimentos do jogo, poucos observaram as soluções táticas que emergem de situações sob pressão da marcação, como no caso do jogo do

bobinho. A possibilidade de medir e descrever a dinâmica deste jogo permitiu verificar também os efeitos da manipulação do espaço de jogo e da posse de bola nas referidas categorias de idade. O entendimento de tais manipulações são importantes, pois provocam mudanças na intensidade da marcação e, conseqüentemente, adaptações nos modos de interação no jogo.

Como expectativa individual espera-se que a abordagem integrada, funcionalista e baseada nos constrangimentos, conduzida ao longo da tese, contribua no entendimento de como as ações são coordenadas com os acontecimentos contextuais. Ou seja, compreender a relação contínua e emergente entre o praticante e o ambiente dinâmico do futebol (e outros esportes). Como expectativa geral, espera-se incentivar novas e continuadas pesquisas nesta direção, fornecendo descrições e princípios importantes para a intervenção profissional nos esportes.

1.2. ESTRUTURAÇÃO DA TESE

A presente tese foi estruturada de maneira a oferecer um referencial teórico que sustentasse a descrição e explicação da sinergia da marcação (i.é., sua dinâmica) por meio da interação entre jogadores e o contexto de ação como um sistema dinâmico complexo em escala ecológica. Na revisão de literatura, a interação interpessoal no esporte foi abordada com base no referencial teórico da perspectiva dinâmica ecológica. Alguns estudos são descritos para elucidar como o(s) jogador(es) se relacionam no jogo, destacando algumas técnicas de medição e análise contemporâneas que tem auxiliado na compreensão da aquisição e refinamento de comportamentos adaptativos dos jogadores e o papel dos constrangimentos na coordenação interpessoal. Finalmente, o protocolo experimental baseado no pequeno jogo do bobinho é apresentado como proposta para analisar os efeitos dos constrangimentos espaciais e temporais na coordenação interpessoal dos jogadores nas diferentes categorias de idade no futebol.

1.3. OBJETIVO

1.3.1. Geral

Analisar as tendências de coordenação interpessoal sob diferentes intensidades de marcação em diferentes categorias de idade do futebol.

1.3.2. Específicos

- (a) Mapear e descrever a dinâmica da coordenação interpessoal baseado nas ferramentas dos sistemas dinâmicos;
- (b) Verificar as alterações na dinâmica da coordenação interpessoal em função das categorias de formação no futebol;
- (c) Identificar as adaptações na dinâmica da coordenação interpessoal em função de manipulações de constrangimentos da tarefa nas diferentes categorias de formação no futebol.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nas últimas décadas, algumas abordagens tem sido desenvolvidas na tentativa de compreender os aspectos subjacentes ao controle dos movimentos (SCHMIDT, 1975), a aquisição e refinamento de habilidades motoras (REED, 1988) e ao acoplamento entre percepção e ação (SCHÖNER et al., 1998), caracterizando um campo multidisciplinar que combina áreas da biologia, psicologia, biomecânica e neurociência. Estas abordagens estão descritas neste capítulo de maneira a conduzir o leitor para a matriz teórica utilizada nesta tese: a abordagem dinâmica ecológica.

Este capítulo foi estruturado abordando inicialmente as evidências neurológicas e dinâmicas que sustentam os mecanismos internos e externos da interação interpessoal. Em seguida, a interação interpessoal é abordada pela perspectiva dinâmica ecológica, com considerações teóricas e metodológicas. Ainda, alguns recentes resultados que contribuíram para a problemática de pesquisa e as opções metodológicas adotadas nesta tese. Por fim, o protocolo experimental do pequeno jogo bobinho é apresentado.

2.1. EVIDÊNCIAS DA NEUROCIÊNCIA

Nas últimas décadas, a neurociência tem contribuído consideravelmente no entendimento das estruturas neurológicas envolvidas nas interações interpessoais. Especificamente, a identificação de estruturas neurais denominadas sistemas de neurônios espelhos (*mirror neuron systems*), que atuam em uma série de fenômenos sociais, tem sido uma das maiores contribuições para o entendimento dos mecanismos subjacentes ao controle de ações conjuntas (RIZZOLATTI e CRAIGHERO, 2004). Tais estruturas foram originalmente descobertas no córtex pré-motor de macacos (DI PELLEGRINO et al., 1992) e, posteriormente, em humanos (IACOBONI et al., 1999).

O sistema de espelho humano é uma rede neural complexa envolvendo ambas as regiões frontal e parietal. A mobilização destas estruturas e suas propriedades funcionais foram identificadas em tarefas de imitação e ações conjuntas (IACOBONI et al., 1999). Os resultados tem demonstrado que

estas estruturas são ativadas quando as ações de um co-autor ou comportamento similar são observadas. Ainda, a identificação de diferentes defasagens temporais (medido nestes estudos pelo tempo de reação) quando o movimento do co-autor é congruente ou incongruente. Por exemplo, Press et al. (2005) verificaram os efeitos de estímulos visuais na imitação de gestos manuais. Os participantes foram orientados a imitar os gestos de uma mão virtual disponibilizada em um monitor de computador em condições predefinidas (abrir ou fechar a mão direita de maneira congruente ou incongruente) conforme o estímulo apresentado. Os resultados mostraram que o tempo de reação foi maior quando os estímulos foram incongruentes quando comparado com a apresentação dos estímulos congruentes.

Um exemplo similar pode ser visto em Kilner et al. (2003). Neste estudo, os participantes produziram movimentos rítmicos dos braços no plano horizontal enquanto assistiam os movimentos de outro participante. Os resultados demonstraram alta variabilidade no plano não estruturado de seus movimentos (i.é., maior variabilidade de movimento no plano vertical) quando o movimento do outro participante assumiu um plano incongruente (i.é., movimentos horizontais vs. movimentos verticais). Ambos os resultados reforçam que a observação de um comportamento incongruente (ex., fechar as mãos) ativa representações que entram em conflito com os comandos motores previstos para a execução (ex., abrir a mão).

Kilner et al (2007) propôs que o sistema neural espelhado apresenta uma arquitetura hierárquica capaz de processar informações que vinculam as predições de comandos motores ao intencionado e, ao mesmo tempo, as predições cinemáticas no contexto da ação. Isto é, enquanto as conexões posteriores levam as predições dos níveis superiores aos inferiores, conexões anteriores conduzem os erros de predição dos níveis inferiores aos níveis superiores. Assim, a cinemática prevista pode ser comparada a cinemática observada, e o erro na predição pode ser usado para ajustar as representações superiores. A partir do processamento recíproco erro-predição, um observador pode derivar o objetivo mais provável da ação observada (i.é., tomada de decisão) (COEY et al., 2012).

Estas evidências neurológicas e comportamentais tem atraído os esforços científicos para suportar o entendimento de uma organização neuronal causal, ou um neuromecanismo do

comportamento social que sustente as interações interpessoais. O sistema espelhado tem sido o caminho mais promissor para entender como os indivíduos podem inferir e entender os objetivos de ações do outro, prever o comportamento futuro e estabelecer ações coordenadas (JACOB e JEANNEROD, 2005).

2.2. EVIDÊNCIAS DOS SISTEMAS DINÂMICOS

Para além dos processos neurais envolvidos, a interação interpessoal tem sido analisada com base nos princípios e ferramentas dos sistemas dinâmicos (MARSH et al., 2006; SCHMIDT et al., 2011; KUGLER e TURVEY, 1987; KELSO, 1995; WARREN, 2006). Este referencial teórico-metodológico assume uma conceitualização de causalidade diferente da ideia de estímulo-resposta. O comportamento não é entendido como uma resposta (*output*) às operações mecânicas de entrada (*input*) (COEY et al., 2012). Ao invés disso, o comportamento é entendido como um processo emergente e auto-organizado (KUGLER e TURVEY, 1987; KELSO, 1995).

O termo auto-organização é utilizado para referir-se aos padrões de comportamento (ordem) que emergem naturalmente do inter-relacionamento de forças e influências entre os componentes do sistema. Isto é, o comportamento é considerado como um padrão emergente resultante do equilíbrio dos constrangimentos que coordenam as interações dos componentes do sistema. Assim, o comportamento pode ser descrito e explicado pela *dinâmica* do sistema e pelas leis de evolução do comportamento do sistema (COEY et al., 2012; RILEY et al., 2011).

Um sistema dinâmico consiste de múltiplos subsistemas e funções que interagem entre si de maneira espontânea e *sem* um controlador central (KELSO, 1995). Na dinâmica do sistema, os componentes ou subsistemas atuam constrangidos por regras locais, sem necessariamente necessitar de informação (ou “consciência”) da organização do sistema como um todo. Baseado nestas regras, a evolução, mudança, desenvolvimento e adaptação do comportamento do sistema podem ser descritos e explicados pelos mesmos princípios abstratos (KELSO, 1995). Isso torna possível modelar e conceitualizar os componentes em

interação, como sistemas adaptativos complexos (DAVIDS, 2015).

Por exemplo, insetos e animais mantêm interações espaço-temporais coadaptativas no contexto de ação. Na presença de predador, as presas tendem a realizar manobras evasivas locais com o objetivo de aumentar a imprevisibilidade do comportamento coletivo, conhecido como efeito Trafalgar (TREHERNE e FOSTER, 1981). Este comportamento confunde os predadores, pois as evasivas locais excedem a velocidade de aproximação, buscando garantir uma margem segura para a dispersão e integridade do grupo. Organizações semelhantes podem ser verificadas em diversas espécies (HERBERT-READ, 2016). Nos esportes coletivos, evidências no rugby, basquetebol e futebol sugerem que estruturas mais complexas de comportamento (por ex., organização defensiva e ofensiva), semelhante aos insetos e animais, emergem dos ajustamentos ou interações locais que evoluem no jogo (BOURBOUSSON et al., 2010a e 2010b; PASSOS et al., 2008; PASSOS et al., 2013; VILAR et al., 2013b; VILAR et al., 2014b).

Neste entendimento, as regularidades no nível global emergem, são sustentadas e, eventualmente destruídas pela dinâmica da interação entre os componentes do sistema (KELSO, 1995). Assim, verificando como os componentes do sistema são acoplados entre si, pode-se entender melhor a produção (emergência) das regularidades e adaptações no comportamento em ambientes complexos.

2.2.1. Atratores, constrangimentos e auto-organização

A dinâmica não-linear é um ramo da física que providencia um tratamento formal para qualquer sistema que evolui no tempo e que pode ser formalmente modelado como um sistema numérico com sua própria equação do movimento (ARAÚJO et al., 2006). Conforme este quadro teórico, o comportamento de qualquer sistema vivo pode ser plotado como uma trajetória no espaço de fase (*state space*). Isto é, o conjunto de todos os possíveis estados do sistema (PASSOS et al., 2009). Neste espaço de fase, atratores são estados de repouso do sistema, que pode conter um ou mais atratores. O número e a configuração destes atratores influenciam o comportamento do sistema (PASSOS e DAVIDS, 2015). No sistema de movimento

humano, os atratores são equivalentes aos estados funcionais de coordenação dos graus de liberdade do sistema (KELSO, 1995). Estes atratores podem ser capturados, por exemplo, no confronto 1 vs. 1 no futebol. Enquanto o defensor permanece entre o atacante e o gol, o sistema permanece estável (conforme condição inicial), mesmo considerando as variações nos parâmetros que descrevem esta organização. Quando o atacante desestabiliza esta organização inicial e ultrapassa o defensor, uma mudança de fase é observada, assumindo um novo estado de organização (vantagem do atacante) (TRAVASSOS et al., 2012b; VILAR et al., 2012b).

O processo de auto-organização emerge da dinâmica intrínseca do sistema que autonomamente cria e destrói a estabilidade (atratores) do sistema. A transição entre os estados de organização (transição ordem-ordem) ocorre por diferentes tipos de acoplamentos entre os elementos do sistema (mecânico, químico, informacional). Assim, os estados estáveis são criados, mantidos e destruídos em relação a mudanças no campo físico (mecânico), químico (fisiológico) e perceptual (informacional), permitindo ao indivíduo assumir diferentes comportamentos (SILVA et al., 2016).

Por meio da natureza interativa dos componentes do sistema, a auto-organização caracteriza-se pela constante (re)estruturação organizacional sob a influência de constrangimentos, que podem limitar ou ampliar as possibilidades de comportamento (ARAÚJO et al., 2015). Os padrões resultantes são macroscópicos e, em muitos casos, mudanças espontâneas entre padrões macroscópicos ocorrem como uma transição de fase (onde o termo “fase” refere-se ao estado do sistema) (KELSO, 1995). Um bom exemplo de transição de fase é a mudança espontânea do padrão da marcha para o padrão da corrida quando a velocidade da locomoção é gradualmente aumentada, ou a relação atacante-defensor quando os papéis se invertem em função da posse de bola (ataque e defesa) ou quando o atacante ultrapassa o defensor em direção à meta adversária (ARAÚJO et al., 2015). Em ambos os exemplos, a transição de fase é acompanhada pela perda de estabilidade do padrão original. Assim, o estado de um sistema (ou fase) é estável quando a perturbação não é suficiente para alterar seu estado. Por outro lado, quando a estabilidade é

perdida, o sistema pode mudar para outro estado estável e preferencial (ou fase). Desta forma, mesmo que os padrões macroscópicos sejam gerados pelos subsistemas, eles “escravizam” os subsistemas, restringindo as estruturas microscópicas (KELSO, 1995). Estes estados do sistema são descritos por poucas variáveis, ou mesmo uma simples variável coletiva caracterizada como um parâmetro de ordem, capaz de descrever as propriedades dinâmicas de baixa dimensionalidade de um sistema (PASSOS et al., 2009).

O grande desafio científico que se coloca na literatura é a identificação de variáveis coletivas (e como medi-las) que capturam a dinâmica dos componentes do sistema (KELSO et al., 2013). Uma das formas que tem sido proposta é a análise das *sinergias* ou *estruturas coordenativas* (BERNSTEIN, 1967).

2.2.2. Sinergias

Uma sinergia é um acoplamento funcional temporário entre os componentes do sistema (KELSO, 1995). Organizando o sistema motor em estruturas sinérgicas é possível simplificar o problema do controle motor (problema do controle dos graus de liberdade; BERNSTEIN, 1967). Desde que coordenado para se comportar como uma unidade funcional, os graus de liberdade não necessitam ser controlados independentemente um do outro, e perturbações aplicadas aos componentes são automaticamente compensadas pelo acoplamento formado entre eles (RILEY et al., 2011). Assim, quando em sinergia, os componentes do sistema comportam-se como uma unidade funcional coerente com os estrangimentos do contexto de ação. Ou seja, os componentes do sistema motor humano (ex., neurônios, músculos, membros, indivíduos) auto-organizam para se comportar sinérgicamente em função dos estrangimentos dinâmicos de uma dada tarefa.

Uma importante característica de uma sinergia é a habilidade de um de seus componentes (ex., jogador) induzir a mudanças em outros (RILEY et al., 2011). Atuar em sinergia significa atuar como uma unidade funcional para atender a determinada demanda (SILVA et al., 2016). Isso implica na necessidade de analisar a interação interpessoal como um processo de exploração e descoberta de soluções funcionais aos estrangimentos durante o jogo. Ou seja, embora os padrões

possam assumir certa regularidade e similaridade, o desempenho habilidoso pode exibir novas e criativas soluções. A formação de sinergias pode explicar porque a consistência no resultado não requer a repetição de padrões individuais de movimento. Ao invés disso, os movimentos devem ser funcionalmente adaptativos (BARRIS et al., 2014).

A possibilidade de atingir o objetivo coletivo intencionado por diferentes maneiras é claramente significativo para a prática do esporte, tal como o futebol, onde o ambiente de jogo se caracteriza por sua imprevisibilidade (FERRARINI, 2014). Assim, apreciar e explorar as propriedades relacionais espaço-temporais de marcação no futebol é particularmente importante para que os jogadores ajustem-se à variabilidade dos constrangimentos do jogo. Por exemplo, dependendo do status do jogo (se ganhando ou perdendo), da estratégia da equipe (SAMPAIO e MAÇÃS, 2012), fadiga dos jogadores (RAMPININI et al., 2008) ou setores do campo (HEADRICK et al., 2012); os jogadores vivenciam diferentes intensidades de marcação (próxima/distante, zona/individual, etc.) que demandam a formação de sinergias funcionais e adaptativas. Assim, as decisões e ações dos jogadores quando pressionados pela marcação não devem ser vistas isoladamente, mas sim, como unidades sinérgicas emergentes.

Nos estudos com futebol (e também outros esportes coletivos de invasão), uma das variáveis utilizadas para descrever a sinergia do jogo tem sido o centroide (também conhecido como o centro do time, centro de gravidade ou centro geométrico) (PASSOS e DAVIDS, 2015). O centroide é obtido pela média das coordenadas posicionais (lateral e longitudinal) de cada jogador no espaço de jogo. Esta medida representa o posicionamento relativo do deslocamento de ambas as equipes no sentido médio-lateral e ântero-posterior da quadra ou campo, revelando importantes informações sobre a coordenação intra (ex., GONÇALVES et al., 2014) e inter-equipe (ex., FRENCKEN et al., 2011).

A sinergia de díades, sub-grupos e equipes tem sido analisada por ferramentas utilizadas para acessar a coordenação entre duas unidades oscilatórias (ex., o acoplamento ou a relação de fase entre dois jogadores ou centroides). Por exemplo, a sincronização de fase de dois sinais tem sido

previamente estudado em esportes coletivos por meio da análise de fase relativa (BOURBOUSSON et al., 2010a, 2010b) e correlação corrida (DUARTE et al., 2012b; FRENCKEN et al., 2013). O método de clusters também tem sido proposto para analisar a sincronia em sistemas com um pequeno número de unidades oscilatórias (FRANK e RICHARDSON, 2010; RICHARDSON et al., 2012). Por meio destas medidas tem sido verificado como elementos estruturalmente diferentes (jogadores com diferentes habilidades técnicas, físicas e táticas, por ex.) podem assumir uma mesma função ou obter o mesmo resultado (SEIFERT et al., 2016). Este fenômeno tem oferecido uma base conceitual para explicar o papel funcional da variabilidade nos padrões de movimento no desempenho esportivo. Por exemplo, Mason (2010) identificou algumas assinaturas nos elementos de um sistema na neurobiologia que auxilia o entendimento de como o desempenho de elite pode funcionalmente adaptar o comportamento motor para adquirir consistência no desempenho no esporte. Estas ideias sugerem que súbitas adaptações podem ocorrer em algumas partes de uma ação em andamento por meio de poucas mudanças nos padrões de interação intersegmentar e/ou interpessoal. Ou seja, a sinergia do jogo se mantém por diferentes formas.

As análises da coordenação inter-equipes tem considerado a distância entre os dois centroides como uma medida de proximidade entre as equipes. Por exemplo, Frencken et al. (2011) observaram em pequenos jogos de futebol que a maioria das jogadas que finalizaram em gols precederam do cruzamento do centroide da equipe de ataque com o centroide da equipe de defesa. Os autores sugeriram que o cruzamento dos centroides pode ser um pré-requisito para aumentar a probabilidade de gols. Contudo, resultados diferentes foram reportados por Bartlett et al (2012) em jogos formais (11 vs. 11). Os autores não encontraram clara convergência dos centroides das equipes durante as jogadas que finalizaram em gols. Estas diferenças tem sido explicadas pelas diferentes funções que os jogadores assumem em campo, uma vez que o cálculo considera que os jogadores contribuem de maneira semelhante ao seu deslocamento, o que não representa as funções observadas no jogo formal.

Warren (2006) propôs uma extensão dos princípios dinâmicos para explicar como animais podem controlar seu relacionamento com o ambiente via informação perceptiva.

Warren considerou que o animal e o ambiente são acoplados sinergicamente um ao outro por meio de constrangimentos mecânicos e informacionais inerentes a uma tarefa particular. Partindo deste entendimento, os indivíduos podem agir intencionalmente aprendendo as leis de controle que mapeiam as forças físicas e informações perceptivas na dinâmica do sistema de ação. Assim, o comportamento humano adaptativo pode ser modelado como emergente das leis de interações entre variáveis perceptivas e motoras utilizando modelos dinâmicos de baixa-dimensionalidade (i.é., equações diferenciais). Por exemplo, Fajen e Warren (2003) demonstraram como o caminho intencionalmente objetivado de locomoção pode emergir das propriedades do sistema de ação do indivíduo e seu ambiente imediato. Utilizando componentes dinâmicos elementares, tal como atratores dinâmicos para explicar o caminho em direção ao alvo e repulsores dinâmicos para explicar o caminho dos obstáculos que devem ser desviados/evitados, os autores demonstraram que a seleção e mudança de rota locomotora são processos emergentes e auto-organizados. Assim, estas explicações baseadas nos princípios gerais da auto-organização, sinergia e emergência tem sido estendida para diferentes contextos do comportamento humano, tal como as interações interpessoais (SCHMIDT et al., 2011).

2.3. ABORDAGEM DINÂMICA ECOLÓGICA

A perspectiva dinâmica ecológica é uma matriz teórica que combina os conceitos e ferramentas dos sistemas dinâmicos, já destacados, ao campo da psicologia ecológica para explicar o controle motor em ambientes dinâmicos e complexos (ARAÚJO et al., 2006; SEIFERT et al., 2013). Como área de investigação, esta perspectiva tem possibilitado significativos avanços no entendimento da tomada de decisão nos esportes, aquisição de *expertise*, análise do desempenho, treinamento desportivo e detecção de talentos.

J. J. Gibson foi o autor que mais influenciou a abordagem dinâmica ecológica. Gibson (1966 e 1979) enfatizou seus estudos nas propriedades relacionais entre percepção e ação no ambiente imediato, buscando entender a percepção da informação com referência à capacidade de ação do indivíduo

que percebe. Percepção e ação passaram a ser analisadas como um fenômeno cíclico e interdependente: o indivíduo necessita perceber para agir, bem como agir para perceber. Para certificar-se desta interdependência, Gibson verificou que as matrizes energéticas do ambiente (mecânicas, ópticas, acústicas) são informacionais e especificadoras do contexto de ação (FAJEN et al., 2009). Assim, o ajustamento de órgãos periféricos, como o direcionamento dos olhos e cabeça tem um importante papel na aquisição de informações relevantes para a ação, onde observadores podem perceber a si mesmos e as mudanças entre eles e o ambiente imediato que compõe o contexto de ação.

O grande avanço nas observações de Gibson foi considerar a percepção como um fenômeno funcional (TURVEY, 1992; TURVEY e SHAW, 1999). Isto é, o observador não percebe o ambiente em termos físicos (ex. massa, comprimento, distância, tempo), mas em termos de oportunidades de ação (*affordances*). Segundo Fajen et al (2009), *affordances* são propriedades relacionais que descrevem o ambiente em termos de “como” o indivíduo pode agir, conforme o *layout* espaço-temporal e a capacidade de ação do indivíduo que percebe. Por exemplo, quando justapostas com propriedades únicas de um indivíduo, um objeto tal como uma cadeira pode oferecer diferentes *affordances*. A cadeira pode ser convidativa para um adulto sentar, mas pode servir como uma base de apoio para uma criança brincar. Neste caso, os *affordances* não são nem objetivo nem subjetivo, mas são definidos pela relação complementar entre propriedades físicas e propriedades ecológicas (propriedades do ambiente relativo ao indivíduo) (TURVEY e SHAW, 1999). *Affordances* são, portanto, propriedades ecológicas nas quais os indivíduos percebem e agem (TURVEY, 1992).

De acordo com Fajen et al (2009), os *affordances* são reais, específicos e definem uma relação funcional entre o indivíduo e o ambiente. Os *affordances* são reais porque são especificados por padrões de energia ambiental disponível e podem ser percebidas diretamente. Os *affordances* são específicos porque não são propriedades do ambiente, mas sim, propriedades que relacionam o indivíduo no ambiente (i.é., definidos conforme as capacidades de ação do indivíduo). Finalmente, os *affordances* são funcionais porque o que os indivíduos percebem no ambiente não é uma simples descrição

métrica em unidades de distância, luz, volume ou temperatura, mas sim, suas relações contextuais com o ambiente. Isto é, o indivíduo capta propriedades invariantes do ambiente (ex., foco de expansão óptica) as quais especificam a sua ação, determinando por exemplo, se um objeto está suficientemente próximo para ser agarrado ou se o defensor está longe o suficiente para que seu passe não seja interceptado. Importante destacar, por fim, que os *affordances* são dinâmicos. Quando o indivíduo se movimenta ou se locomove, oportunidades de ação surgem, persistem e dissolvem, mesmo que o ambiente seja estático. Assim, súbitas mudanças nos movimentos/deslocamentos podem gerar múltiplas variações nas oportunidades das ações subseqüentes (TURVEY e SHAW, 1999).

A situação de ataque no futebol é um bom exemplo do exposto acima. Durante o ataque, ambas as equipes interagem entre si, formando acoplamentos dinâmicos intra-equipes (relações dinâmicas entre jogadores da mesma equipe) e inter-equipes (relações dinâmicas entre jogadores de equipes opostas). O objetivo da equipe que está atacando é “destruir” ou “quebrar” a simetria do sistema, livrando-se dos jogadores defensores e direcionando-se ao gol. Por outro lado, a equipe defensora tentará manter a simetria, impedindo a progressão do ataque e recuperando a posse da bola. Para que as decisões possam ser tomadas, as informações disponíveis durante o andamento da jogada (tais como posições, movimento e velocidade dos companheiros de equipe e adversários) são avaliadas continuamente. Baseado nestas informações, os jogadores tentam manter/diluir as simetrias formadas, favorecendo oportunidades para o passe/chute (equipe atacante) ou interceptação da bola e mudança de posse de bola (equipe defensora). Segundo Araújo et al (2006), pequenas alterações no curso de ação podem originar múltiplas variações nas oportunidades de ação, o que implica na necessidade de atualização permanente da informação que guia a interação entre jogadores e o envolvimento. Da mesma maneira, a mediação nos constrangimentos da tarefa inicia novo processo de ajustes na observação das informações e manifestação de respostas de ação.

Embora Gibson tenha sido o mais influente pesquisador para o desenvolvimento da abordagem dinâmica ecológica, outros autores precursores da Psicologia Ecológica podem ser destacados, principalmente no fortalecimento de fundamentos que sustentam o comportamento a partir de seu contexto. Brunswik (1956, apud BRUNSWIK, 2003) desenvolveu a idéia de *design* representativo (*representative design*) para referir-se ao arranjo das condições experimentais para representar o contexto de ação. O *design* é representativo quando torna a observação válida, ou seja, quando a observação e análise do comportamento possui validade ecológica. Para Brunswik, a compreensão do comportamento só é possível quando as condições "irregulares" (mas absolutamente comuns) do contexto de ação são apresentadas ao indivíduo. Só assim, sua relação com o meio pode ser observada e estudada.

Em termos práticos, um *design* representativo de pesquisa deve conter variáveis independentes que representem as circunstâncias nas quais os resultados serão utilizados e aplicados (BEEK, 2009). Desta maneira, o comportamento funcional pode ser capturado para análise (HAMMOND e BATEMAN, 2009). Contudo, Hamond e Bateman (2009) reforçam que um *design* representativo não significa um experimento realístico representativo da vida real. No entanto, requer que os investigadores se preocupem com as condições nas quais os resultados do experimento serão obtidos. De acordo com Araújo et al (2007), o conceito de *design* representativo sugere que os experimentos e observações científicas representem as percepções e ações (comportamento) presentes no contexto real. Desta forma, o laboratório ou situações experimentais podem ser iguais à vida real [*it is not true that the laboratory can never be like life [...] The laboratory must be like life!*] GIBSON, 1979, p.3]; uma vez que as propriedades ambientais (constrangimentos) sejam garantidas (ARAÚJO et al., 2004).

Ao analisar e descrever o contexto de ação, Barker demonstrou regularidades e estruturas que constroem o comportamento para determinado padrão, enfatizando as características estruturais e relacionais do contexto de ação como "*behaviour setting*" (ARAÚJO e DAVIDS, 2009). Um *behavior setting* compreende um padrão particular de relações (dinâmicas sociais) geradas e mantidas por seus ocupantes. Esta relação de componentes interjacentes (isto é, pessoas e objetos)

que geram, mantêm e auto-regulam o *behaviour setting* circundante (KAMINSKI, 2009). Reciprocamente, o *behaviour setting*, como uma estrutura dinâmica de alta ordem, restringe as possibilidades de ações (comportamento) dos ocupantes. Ou seja, o *behaviour setting* não determina o comportamento individual ou coletivo, mas sim, os constroem. Segundo Barker, o comportamento: (1) é um fenômeno que ocorre em função da interação entre indivíduos; (2) possui uma localização geográfica específica; (3) possui limites temporais (início e fim) auto-regulados pelos indivíduos no *behaviour setting*; (4) possui um estado de estabilidade dinâmica (quase estável), preservando um certo padrão; e (5) é interdependente de outros comportamentos no *behaviour setting*.

2.4. A ABORDAGEM DINÂMICA ECOLÓGICA NO ESTUDO DA INTERAÇÃO INTERPESSOAL: DIRECIONAMENTOS PARA O PROTOCOLO EXPERIMENTAL DO BOBINHO

Diante do desafio de selecionar parâmetros que pudessem descrever as interações interpessoais no pequeno jogo do bobinho, uma série de estudos de diferentes modalidades esportivas de invasão baseados na abordagem dinâmica ecológica foram revisados (TABELA 1). Estes estudos foram organizados em uma tabela para facilitar a identificação dos parâmetros que vem sendo utilizados nos diferentes jogos ou sub-fases do jogo.

Tabela 1 - Relação de estudos baseados na perspectiva dinâmica ecológica, com destaque na modalidade, interação e variáveis de interesse.

Estudo	Modalidade	Interação	Variáveis
Bourbousson et al (2010b)	Basquetebol	Jogo não oficial	Centróide e índice de dispersão
Clemente et al (2013b)	Futebol	Diversos (revisão)	Centróide e índice de dispersão
Correia et al (2011b)	Rugby	Jogo oficial	Distância de avanço da equipe (distance gained)
Correia et al (2011a)	Rugby	1 vs. 1 em jogo oficial	Variável <i>Tau</i> entre atacante e defensor; duração, distância e ângulo de passe
Esteves et al (2011)	Basquetebol	1 vs. 1	Postura do defensor e atacante; direção do

Passos et al (2011b)	Rugby	4 vs. 2 + 2	deslocamento
Duarte et al (2012c)	Futebol	3 vs. 3	Posicionamento relativo ao defensor mais próximo
Duarte et al (2012b)	Futebol	1 vs. 1	Centróide (centro do time); área de superfície (espaço ocupado)
Corrêa et al (2012b)	Futsal	Jogo oficial	Fase relativa (desvio padrão e entropia aproximada)
Correia et al (2012)	Rugby	1 vs. 2	Ângulo de passe (ângulo relativo entre passador, receptor e marcadores)
Headrick et al (2012)	Futebol	1 vs. 1	Resultado do desempenho (<i>try or tackle</i>); velocidade média dos jogadores; tempo da tentativa.
Travassos et al (2012a)	Futsal	Jogo não oficial	Distância do defensor à bola; distância do atacante à bola
Travassos et al (2012b)	Futsal	Jogo não oficial	Fase relativa; distância interpessoal
Vilar et al (2012b)	Futsal	Jogo oficial	Tempo para interceptação da bola e distância interpessoal
Corrêa et al (2014b)	Futsal	Jogo amador	Fase relativa; ângulo entre atacante, gol e bola
Correia et al (2016)	Rugby	1 vs. 1	Distância interpessoal; distância de interceptação
Vilar et al (2014a)	Futsal	Jogo oficial	Gráficos temporais, correlações corridas e correlações cruzadas para o deslocamento atacante-defensor
			Ângulo entre atacante, defensor e gol; distância relativa ao gol; distância interpessoal; velocidade relativa

De maneira geral, constata-se que os pesquisadores vêm focando suas análises em medidas biofísicas que relacionam jogadores e constrangimentos chaves (companheiros, adversários, locais no campo ou quadra, alvo, bola, etc.) em diferentes modalidades esportivas. Modelado como um sistema dinâmico, os fenômenos investigados têm proporcionado

evidências de formação de padrões de comportamento, tanto localmente (coordenação interpessoal – drible, passe, chute, etc.), quanto globalmente (coordenação intequipes – ataque e defesa). Em ambos os níveis de análise, medidas de associações revelam os momentos de estabilidade e instabilidade, investigados principalmente por medidas de coordenação (simetria, antissimetria e quebra de simetria).

Globalmente (ou coletivamente), alguns autores têm proposto a análise do centroide como uma métrica para descrever e avaliar a dinâmica entre as equipes em disputa (CLEMENTE et al., 2013b). Nos estudos revisados por Clemente et al (2013b), a descrição dos centroides das equipes geralmente se apresentam em-fase, ou seja, deslocam-se de maneira simétrica. Normalmente são analisados os eixos longitudinal e lateral, sendo que os maiores valores de correlação positiva entre os centroides são observados no eixo longitudinal. Também tem sido observado a existência de transições de fase (isto é, momentos de não sincronização entre as equipes) em situações particulares, como perdas de posse de bola ou transições defesa-ataque ou ataque-defesa (TRAVASSOS et al., 2012a; DUARTE et al., 2012c).

Duarte et al (2012c), por exemplo, mediram o centroide para descrever a dinâmica no pequeno jogo de futebol de 3 vs. 3. Ao correlacionar os centroides das equipes, os autores verificaram que os centroides perdem estabilidade coordenativa quando próximos de cruzarem (uma equipe toma vantagem territorial sobre a outra). Os resultados também enfatizaram que as maiores mudanças aconteceram em função das trocas de passes, onde novas oportunidades podem surgir. Os autores concluíram que, ao criar/prevenir oportunidades para o ataque, as equipes se organizam espacial e temporalmente a fim de produzir ações cooperativas (coordenação intra-equipe) e competitivas (coordenação inter-equipe) ao mesmo tempo.

Em relação ao confronto direto do drible, a distância interpessoal associada à velocidade relativa entre atacante e defensor tem sido identificadas como potenciais parâmetros espaço-temporais que constroem a tomada de decisão da diáde. Análises das séries temporais indicam que a velocidade relativa aumenta quando a distância interpessoal assume valores diminutos. Esta associação tem sido verificada tanto em

simulações experimentais quanto em contextos reais competitivos (TRAVASSOS et al., 2012a; TRAVASSOS et al., 2012b; VILAR et al., 2012a; VILAR et al., 2014a; CORRÊA et al., 2012b; CORRÊA et al., 2014b), principalmente analisando a relação que se estabelece entre as distâncias interpessoais (e suas derivadas) e o ângulo de passe (ângulo formado pelo passador, marcador e receptor) e suas derivadas.

Travassos et al (2012a) mediram as distâncias interpessoais (e sua variabilidade) entre passador, receptor e marcadores imediatos em um jogo formal. Os resultados mostraram que o desempenho do passe foi constrangido pela convergência nos valores de distância interpessoal entre os jogadores analisados (passador, receptor e marcadores imediatos). Ainda, que a eficiência do passe foi favorecida por mudanças nos valores de distância interpessoal entre o receptor e seu correspondente marcador. Em outro estudo, Travassos et al (2012b) exploraram como os defensores interceptam a trajetória do passe. Além das mesmas medidas de distância interpessoal analisadas no estudo anterior, calcularam também o tempo para a interceptação da bola (pelo receptor e pelo marcador). Os resultados revelaram que no momento da iniciação do passe, as distâncias dos defensores à bola constrangeram as possibilidades de interceptação, onde a variação da velocidade (velocidade relativa à trajetória da bola) foi considerada fundamental para o sucesso de interceptação. Assim, os autores incluíram a variável velocidade relativa (marcador-trajetória da bola) como fundamental na análise do passe.

Vilar et al (2012b) analisaram 13 sequências de jogadas que finalizaram em gols em um torneio profissional de futsal. Baseado em medidas angulares e distâncias interpessoais, os autores verificaram que os atacantes tentam quebrar a simetria (alinhamento com o defensor) produzindo deslocamentos laterais para aumentar o ângulo de passe ou chute, e também, diminuindo a distância em relação ao gol e ao receptor. Por outro lado, os marcadores tentam manter a simetria do sistema (ângulos diminutos), colocando-se próximo ao receptor e entre o atacante/passador ou alvo. Em síntese, os dados sugerem que os gols foram preditos por mais de um processo de quebra de simetria, tanto pela distância relativa de atacante, defensores e o gol, quanto o ângulo formado com o gol. Estas observações

iniciais implicam que a habilidade de desestabilizar ou (re)estabilizar estes subsistemas pode ser considerada uma característica marcante de jogadores habilidosos.

Posteriormente, Vilar et al (2014a) focaram suas observações na coordenação entre atacante e defensor para favorecer/desfavorecer oportunidades para o chute. Para tanto, os deslocamentos do atacante e do defensor foram analisados em jogadas que finalizaram em gols, que foram interceptadas pelo goleiro, ou interceptadas por um defensor. Estas jogadas foram analisadas em três momentos específicos: (1) recepção da bola que inicia o ataque; (2) momentos de passes; (3) recepção da bola pelo atacante chutador; e (4) momento do chute. Análises estatísticas indicaram que nas jogadas finalizadas em gol, o ângulo formado entre o defensor, atacante e o gol, apresentaram-se menores. Isso quer dizer que os atacantes foram hábeis em moverem-se por uma mesma distância com velocidades iguais ou superiores aos defensores, mantendo ou aumentando as oportunidades para o chute.

Especificamente interessado na direção do passe, Corrêa et al (2012b) investigaram medidas espaciais e temporais de interações interpessoais no futsal. A variável de interesse para estudar as tendências de coordenação entre os jogadores foi o ângulo relativo. Os resultados mostraram que a direção do passe foi constrangida pelo ângulo relativo entre (1) o vetor formado pelo passador e receptor e o vetor formado pelo passador e o mais próximo marcador; e (2) o vetor formado pelo passador e receptor e o vetor formado pelo passador e o defensor mais próximo do receptor. Os autores sugeriram que as decisões para a direção do passe no futsal emergem de valores críticos de variação angular, bem como de sua velocidade.

Corrêa et al (2014b) procuraram verificar o comportamento da variação angular das interações interpessoais em função da velocidade do passe no futsal. Os resultados mostraram que a velocidade do passe foi constrangida pela variação angular criada pelos vetores passador-receptor e passador-defensor mais próximo do receptor. Especificamente, a velocidade do passe foi semelhante no raio de mudança angular compreendido entre $-18.16^\circ/\text{s}$ e $11.26^\circ/\text{s}$. Os autores sugeriram que além destes valores, as relações angulares entre os participantes parecem entrar em um estado crítico, emergindo novas velocidades para o

sucesso do passe. Estes achados mostraram que a velocidade do passe no contexto de ação do futsal foi regulada pelo raio de mudança do ângulo de interação entre passador-receptor e passador-marcador mais próximo do receptor.

Em conjunto, os resultados observados em relação às distâncias interpessoais e ângulos relativos (e suas derivadas) parecem ser potenciais parâmetros que regulam a dinâmica local de interação interpessoal. Assim, a posição e movimento do passador (jogador com a posse de bola), marcador (adversário), receptores (jogadores passíveis de receber a bola), e a bola, mantém uma relação funcional e adaptativa no contexto de ação (DAVIDS et al., 2013). De maneira geral, as explicações tem sido baseadas no conceito de *affordances*. Contudo, ainda não está claro como os *affordances* formam, mantêm e diluem a simetria da marcação (ORTH et al., 2014).

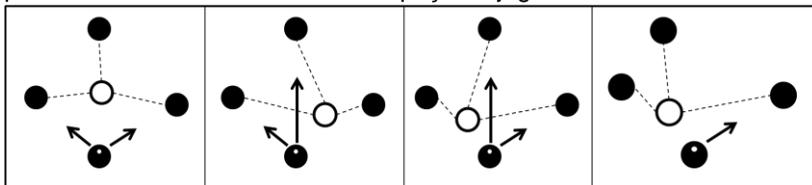
2.4.1. O protocolo experimental do bobinho e a sinergia da marcação

Nesta direção, o protocolo experimental idealizado aqui fornece uma oportunidade para investigar a interação interpessoal que emerge da troca de passes sob marcação (sinergia da marcação) comumente contextualizadas como sub-grupos ou sub-fases do jogo (PASSOS et al., 2011b; TRAVASSOS et al., 2011; CORREIA et al., 2012; HEADRICK et al., 2012; VILAR et al., 2012b; VILAR et al., 2014a; CORRÊA et al., 2012a; CORRÊA et al., 2012b; CORRÊA et al., 2014b; CORRÊA et al., 2014a).

O desenho experimental deste estudo foi baseado no pequeno jogo de futebol conhecido como bobinho. Além de apresentar os elementos necessários para verificar princípios dinâmicos da interação interpessoal na marcação, este pequeno jogo tem grande importância no contexto de ensino-aprendizagem-treinamento do futebol (DI BERNARDO, 2014), principalmente no que se refere ao desenvolvimento de habilidades para atuar em espaços reduzidos. Importante destacar também que este jogo é uma atividade realizada nos diversos cenários de prática do futebol, podendo ser observada em diferentes países e contextos de desempenho (recreacional, educacional e profissional).

No contexto competitivo do bobinho, jogadores em círculo se relacionam espacial e temporalmente com o objetivo de garantir a estabilidade da formação, evitando que um jogador localizado no centro deste círculo (denominado aqui de marcador) recupere a bola ou desequilibre a organização inicial, forçando a um erro. Para atingir este objetivo, os jogadores que formam o círculo (denominado aqui de passadores) trocam passes entre si, ao mesmo tempo em que o marcador tenta recuperar a bola. A constante movimentação (cooperação e competição) que ocorrem no bobinho pode ser esquematizada na figura 1.

Figura 1 - Ilustração das relações formadas em função da movimentação dos jogadores no espaço de jogo. Os círculos preenchidos representam os jogadores passadores. O círculo em branco representa o marcador. As setas representam as possibilidades mais favoráveis para o passe. A sequência de figuras sugere as alterações nas oportunidades do passador em função do posicionamento do marcador no espaço de jogo.



Conforme ilustração acima, as oportunidades para o passe (representadas por setas) dependem da relação que se estabelece entre passadores (círculos preenchidos) e marcador (círculo em branco). Ao longo do jogo, tais oportunidades são criadas, mantidas e destruídas conforme a movimentação dos jogadores.

O papel e importância dada às propriedades relacionais entre indivíduo(s) e ambiente implica que o comportamento do jogo emerge de uma relação multifatorial (PASSOS et al., 2008), onde as oportunidades para a ação (*affordances*) são detectadas pelo(s) jogador(es) com base na informação disponível no jogo. Isto é, propriedades que especificam a realidade ecológica (superfície, espaços, bola, jogadores, etc.) de acordo com suas capacidades para agir (habilidades técnicas, fadiga, experiência, etc.) (ARAÚJO et al., 2004; CHOW et al., 2006; CHOW et al., 2011). Deste modo, a movimentação e o controle das ações

devem ser entendidos em termos de acoplamento percepção-ação, no qual o indivíduo utiliza de forma contínua a informação disponível no contexto para guiar suas ações.

Conforme apresentado na sessão anterior, a maioria dos estudos analisam as interações interpessoais em eventos discretos no jogo, isto é, analisam-se recortes relacionados aos eventos de dribles, passes, chutes, etc., relacionando ao sucesso ou insucesso das ações. Por outro lado, o protocolo experimental do pequeno jogo do bobinho permite investigar também o contínuo relacionamento que se estabelece na marcação, caracterizado aqui como a sinergia da marcação.

Baseado nos estudos de diferentes modalidades esportivas, o comportamento do jogo emerge como um resultado da auto-organização dos acoplamentos entre os jogadores no contexto de ação (DAVIDS et al., 2005; MCGARRY et al., 2002 e MCGARRY et al., 1999). McGarry e Franks (2007) destacaram que modos específicos de coordenação interpessoal podem emergir sobre a confluência de constrangimentos no contexto de ação, tanto em nível mais básico (como as relações espaço-temporais), quanto em nível mais macro (como os treinamentos, instruções dos treinadores e nível de experiência na modalidade).

Desta forma, espera-se observar que: (1) os jogadores apresentam forte interação, podendo ser analisado como uma unidade sinérgica (sinergia da marcação); (2) as interações interpessoais são capazes de produzir diferentes padrões de comportamentos no jogo, evidenciado pela topologia dos passes (i.é., relação passador-marcador-receptor); (3) o jogo possui uma tendência inerente para a auto-organização (isto é, a dinâmica interpessoal empurra o sistema para um estado de ordem) em função dos constrangimentos do contexto de ação (regras envolvidas); e (4) interações interpessoais podem apresentar respostas similares obtidas por meio de diferentes ações ou configurações de comportamento.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. PARTICIPANTES

Participaram deste estudo vinte ($n = 20$) jogadores do sexo masculino pertencentes a um núcleo de treinamento e detecção de talentos de uma equipe de futebol profissional do Rio de Janeiro. Os participantes foram selecionados de maneira distribuída em quatro categorias de idade: sub-13 ($n=5$), sub-15 ($n=5$), sub-17 ($n=5$) e sub-20 ($n=5$). Os dados de cada grupo podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características dos participantes do estudo.

Categoria	Idade (meses)		Massa (kg)		Estatura (m)		Tempo competições (meses)	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
Sub13	163	5,7	47,5	7,8	1,5	0,15	24	33,9
Sub15	180	6,9	51,3	3,9	1,7	0,12	81	24,7
Sub17	205	11,5	66,6	7,1	1,8	0,1	79,2	33,5
Sub20	224	7,6	71,2	4,8	1,8	0,13	96	39,8

Os critérios de inclusão previamente estabelecidos foram: (1) pertencer ao núcleo de treinamento a pelo menos 1 ano; (2) praticar a modalidade em uma posição de linha (zagueiro, meio campo ou atacante); e (3) participar de competições oficiais (regionais, estaduais e/ou federal).

A necessidade de pertencer ao núcleo de treinamento a pelo menos 1 ano e participar de competições oficiais foi exigida para que pudesse garantir participantes com engajamento no clube e que fossem familiarizados com seus colegas de categoria, características importantes para garantir a observação do *behaviour setting* (ARAÚJO e DAVIDS, 2009; KAMINSKI, 2009). Assumiu-se que as diferentes categorias de formação caracterizam diferentes *behaviour setting*, compreendendo metas, desafios, tipos e intensidades de prática específicas (SCHMIDT et al., 1999).

Todos os participantes foram informados sobre os objetivos e requerimentos do experimento de maneira verbal e escrita. Após manifestarem entendimento da proposta do estudo, assinaram os devidos termos de participação (APÊNDICE A,

APÊNDICE B e APÊNDICE C). Os procedimentos atenderam a Resolução CNS nº 466/2012 e foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Santa Cruz (CEP/UESC), sob o número de protocolo CAAE: 28947714.7.0000.5526 (ANEXO A).

3.2. PROCEDIMENTOS

3.2.1. Protocolo experimental

A tarefa experimental caracterizou-se por um jogo de troca de passes pressionados por um marcador. Para acessar os parâmetros biofísicos capazes de responder aos objetivos do estudo, optou-se por uma configuração de jogo composta de quatro ($n = 4$) passadores e um ($n = 1$) marcador (FIGURA 2).

Figura 2 - Imagem da tarefa experimental formada por quatro passadores localizados na periferia e um marcador localizado no centro.



Quatro condições experimentais foram apresentadas de maneira sequencial: (1) espaço de jogo ampliado e posse de bola livre (AL), (2) espaço de jogo ampliado e posse de bola restrita (AR), (3) espaço de jogo reduzido e posse de bola livre (RL), e (4) espaço de jogo reduzido e posse de bola restrita (RR).

Na condição de espaço de jogo ampliado, os participantes puderam se deslocar internamente a uma dimensão espacial circular de 9 m de diâmetro. Por outro lado, na condição de espaço de jogo reduzido, os participantes puderam se deslocar internamente a uma dimensão espacial circular de 6 m de diâmetro. Em ambas as condições o marcador iniciou a tarefa no centro da circunferência e os passadores puderam se organizar em qualquer local internamente às áreas limitadoras.

Nas condições de posse de bola livre os passadores não tiveram restrições quanto à posse de bola, podendo mantê-la sobre controle, de maneira estática ou dinâmica, quando e onde quisessem. Por outro lado, nas condições de posse de bola restrita, os passadores foram impedidos de manter a posse de bola, devendo efetuar apenas um contato com a bola (passe direto).

Cada condição experimental (AL, AR, RL e RR) teve duração de 5 minutos ininterruptos, totalizando 20 minutos de atividade para análise. Entre cada condição foi dado um intervalo de descanso suficiente (aproximadamente 5 minutos) para recuperação física dos jogadores. Este procedimento foi adotado para que possíveis efeitos de fadiga pudessem influenciar o desempenho dos participantes.

Aos passadores foi dada a orientação para evitarem a interceptação da bola pelo marcador, podendo trocar passes entre si conforme as configurações de cada condição. Além disso, os jogadores deveriam realizar os passes rasteiros, mantendo a bola rente ao chão. Ao marcador foi dada a orientação para interceptar a bola, podendo ser um leve toque ou um controle total da bola. Ambos os jogadores (passadores e marcador) realizaram a tarefa conforme as regras da modalidade do futebol. Quando os passadores perderam a posse de bola, seja por passe ou domínio inadequado, confronto direto ou interceptação da bola pelo marcador; a tarefa foi cessada e uma tentativa (ou rali) foi computada. Para as tentativas subsequentes, o jogador responsável pelo erro na tentativa anterior assumiu a posição do marcador para recomeçar uma nova tentativa. A bola utilizada para o jogo atendeu às medidas oficiais de cada categoria investigada.

A tarefa foi realizada no campo de futebol do núcleo de treinamento e foi precedida por um aquecimento contendo corridas leves, passes de bola e alongamentos de membros superiores e inferiores, conforme procedimentos adotados por Gonçalves et al (2014).

Os dados de interesse foram obtidos por meio dos procedimentos videogramétricos obtidos por uma filmadora digital da marca SONY *HD Progressive* - modelo HDR-XR260 configurada para a gravação de 25 quadros por segundo (25 Hz). A filmadora foi posicionada em suporte específico a uma

distância e altura que correspondesse aproximadamente um ângulo de 45° com o centro das áreas limitadoras (local do posicionamento inicial do marcador). O foco da filmadora foi direcionado para o centro de maneira que capturasse os deslocamentos dos cinco jogadores e da bola bem como toda a área limitadora. As configurações adotadas para a filmagem foram de acordo com as orientações de Duarte et al (2010).

3.1.2. Videogrametria

Após a filmagem da tarefa, o vídeo foi analisado no laboratório para identificar as tentativas válidas para videogrametria. Para que a tentativa fosse válida, adotaram-se os seguintes critérios:

- (1) A movimentação dos jogadores e da bola deveriam respeitar os limites espaciais da condição experimental (6 ou 9m de diâmetro);
- (2) Todos os passes deveriam ser efetuados rente ao chão (passes rasteiros); e
- (3) Conter, no mínimo, quatro passes sem interceptação do marcador ou perda de controle da bola.

Respeitado estes critérios, as imagens foram cortadas em pontos específicos que corresponderam ao início e fim de cada tentativa. O início da tentativa foi determinado pelo momento em que um passador recebe o passe do marcador (contato com a bola) e o final da tentativa foi determinado pelo momento de interceptação pelo marcador ou pelo último contato com a bola antes de perder o controle da mesma (erro de passe ou erro no domínio). Ao final, foi possível a análise de 816 passes distribuídos em 134 ralis, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Quantitativo das tentativas e passes por condição e por categoria.

Categorias	Condição	tentativas	Passes
Sub13	AL	7	43
	AR	9	43
	RL	10	46
	RR	10	59
Sub15	AL	8	50
	AR	8	55
	RL	9	48
	RR	9	54
Sub17	AL	9	56
	AR	9	55
	RL	10	52
	RR	7	49
Sub20	AL	7	50
	AR	8	50
	RL	8	55
	RR	6	51
Total		134	816

O procedimento videogramétrico foi realizado pelo *software Digital Video for Windows* (Laboratório de Biomecânica e Instituto de Computação – Unicamp, 1998 – versão 5.10; BARROS et al., 1999), compreendendo os processos de captura, desentrelaçamento, digitalização, calibração e reconstrução bidimensional.

Para a análise das filmagens foram consideradas apenas as sequencias de imagens desejadas, recortadas em pontos específicos (captura) e armazenadas no computador na forma de arquivos AVI (*Áudio Vídeo Interlace*). Juntamente com a captura dos eventos de interesse, o *software* possibilitou o desentrelaçamento dos *fields* e a compactação das imagens pelo compactador *Indeo video 5.11*, permitindo, assim, que estes novos arquivos de vídeo pudessem ser visualizados em qualquer computador.

A digitalização caracterizou-se pelo processo de medição, onde o *software* identifica o deslocamento de cada ponto de interesse ao longo do tempo (deslocamento espaço-temporal). Esta análise foi realizada por meio de rastreamento semi-automático, utilizando funções de identificação e rastreamento

automático e, quando necessário, o *mouse* do computador, tomando como referência a projeção do alinhamento do tronco ao chão para o registro dos jogadores e o centro da bola para o registro da bola, conforme estudos desta natureza (McGARRY et al., 2002; McGARRY, 2009). Por fim, a digitalização permitiu registrar quadro a quadro (*frame a frame*) o posicionamento, em *pixels*, dos passadores, marcador e bola ao longo de cada tentativa.

A transformação da unidade de medida em *pixels* para centímetro (reconstrução bidimensional) foi feita pelas coordenadas espaciais obtidas por meio de 13 discos (utilizados para marcação de pontos no campo durante o treinamento) distribuídos uniformemente ao longo do espaço de jogo. Como referência, o primeiro ponto medido foi considerado como a origem ($x = 0$ e $y = 0$) deste sistema e, assim, todos os outros pontos foram formados com base nesta origem. O eixo “*x*” correspondeu ao sentido médio-lateral do campo e o eixo “*y*” correspondeu ao sentido longitudinal do campo. A distribuição e filmagem do espaço de calibração foram realizadas anteriormente ao início da tarefa e também foram capturadas, desentrelaçadas e suas 13 coordenadas medidas, obtendo-se assim, os arquivos de calibração (arquivos no formato “.cal”). Por fim, a conversão da medição das coordenadas gravadas virtualmente em *pixels* para coordenadas métricas conhecidas foi feita por meio do método de equações de Transformação Linear Direta (2D-DLT - *Direct Linear Transformation*) (DUARTE et al., 2010), obtendo-se um arquivo (com extensão .txt) contendo as coordenadas bidimensionais (2D) “*x*” e “*y*” dos pontos medidos quadro a quadro. As séries temporais medidas foram filtradas no *software* MATLAB (Matlab 6.5, The Matworks Inc., 1998) para separar o sinal de possíveis ruídos. Para isso foi utilizado o filtro *Butterworth* de baixa passagem a uma frequência de corte de 6 Hz (WINTER, 2005).

Para verificar a precisão e confiabilidade do rastreamento no processo de digitalização das imagens, uma das imagens consideradas para a análise foi selecionada aleatoriamente para ser redigitalizada pelo mesmo pesquisador (avaliação intra avaliador) e por um pesquisador diferente (avaliação inter avaliador). Este procedimento foi adotado para calcular, respectivamente, o erro técnico de medida (*technical error of measurement - TEM*) e o coeficiente de confiabilidade (*coefficient*

of reliability - R) (GOTO; MASCIE-TAYLOR, 2007; VILAR et al., 2012b). O erro técnico de medida foi calculado pela fórmula $\sqrt{(\sum D^2/2N)}$, onde “D” corresponde a diferença entre as duas medidas e “N” é o tamanho da amostra. O coeficiente de confiabilidade pode variar de zero (não confiável) a um (completamente confiável) e foi calculado por $1-(TEM^2/DP^2)$, onde “DP” é o desvio padrão de todas as medidas. O erro técnico de medida intra-avaliador apresentou valores de 0.091m para os jogadores e 0.021m para a bola. O coeficiente de confiabilidade intra-avaliador apresentou valores de *R* (0,951) para os jogadores e *R* (0,984) para a bola. Para a avaliação inter-avaliador, os valores de erro técnico de medida foram de 0,107m para os jogadores e 0,023m para a bola. Por fim, o coeficiente de confiabilidade foi de *R* (0,908) para os jogadores e *R* (0,980) para a bola.

3.3. CÁLCULO DAS VARIÁVEIS

Diante dos objetivos deste estudo, duas variáveis independentes foram controladas para observação: a categoria de idade (sub13, sub15, sub17 e sub20) e os constrangimentos espaciais (amplo e reduzido) e temporais (com ou sem a manutenção da posse de bola). As combinações entre estas variáveis formaram os diferentes contextos de ação que foram analisados e comparados.

As variáveis dependentes propostas foram selecionadas com base em recentes achados na literatura da ciência do esporte e buscaram capturar a configuração interpessoal nos momentos dos passes (topologia dos passes) e a evolução temporal das interações interpessoais (sinergia da marcação). Para verificar o desempenho no jogo foram calculados o tempo de duração do rali e o tipo de finalização. Por fim, para verificar a dinâmica da troca de passes foram calculadas a frequência de passes e a velocidade média dos passes.

3.3.1. Desempenho no jogo

O desempenho no jogo foi descrito pelo tempo de duração do rali e a forma de finalização. A duração do rali indicou o tempo que o marcador levou para desestabilizar a troca de passes e

finalizar o rali. Ralis mais longos indicam vantagem dos passadores (maior tempo de posse de bola). Ralis mais curtos conferem vantagem ao marcador, que atinge seu objetivo interceptando a bola ou forçando os passadores ao erro de passe ou recepção (tipo de finalização). A finalização por "interceptação" foi caracterizada pelo contato direto do marcador com a trajetória da bola. Por outro lado, a finalização por "controle" foi caracterizada por erro no passe ou erro na recepção, computada quando a bola extrapolou as demarcações do campo sem o contato do marcador.

3.3.2. Dinâmica da troca de passes

A dinâmica da troca de passes foi definida pela frequência (F_{passe}) e velocidade dos passes (V_{passe}). A frequência dos passes foi calculada pela razão entre o número total de passes pelo tempo total de rali. A velocidade dos passes foi calculada pela média da velocidade da bola em cada passe (descrição abaixo). Ainda, nas condições de posse de bola livre, o tempo de posse por passe (T_{passe}) foi calculado pelo intervalo temporal entre a recepção e o passe.

3.3.3. Topologia dos passes

As variáveis que compuseram a topologia dos passes podem ser visualizadas na Figura 3 e foram descritas como:

- (a) Distância Interpessoal entre o passador e o marcador (DI_m): medido por meio da distância euclidiana entre o posicionamento do passador e o posicionamento do marcador;
- (b) Distância Interpessoal entre o passador e o receptor (DI_r): medido por meio da distância euclidiana entre o posicionamento do passador e o posicionamento do receptor;
- (c) Distância Interpessoal entre o marcador e o receptor (DI_{mr}): medido por meio da distância euclidiana entre o posicionamento do marcador e o posicionamento do receptor;
- (d) Ângulo de Passe (A_{passe}): medido pela lei dos cosenos considerando os vetores DI_m e DI_r ; e

(e) Velocidade Média do Passe (V_{passe}): medido pela razão da variação espacial e o intervalo temporal entre o passe e a recepção.

Figura 3 - Configuração da tarefa experimental com quatro passadores e um marcador (A) e as variáveis analisadas (B). D_{Im} : distância interpessoal com o marcador; D_{Ir} : distância interpessoal com o receptor; D_{Imr} : distância interpessoal marcador-receptor; A_{passe} : ângulo de passe; e V_{passe} : velocidade do passe.



3.3.4. Sinergia da marcação

A variável utilizada para descrever a sinergia da marcação foi a distância da bola (Db), medida por meio da distância euclidiana entre o posicionamento de cada jogador e o posicionamento da bola. Com estas medidas, a associação entre marcador e centroide pode ser medida em cada instante no tempo (em cada *frame*). Assim, a sinergia da marcação pode ser descrita com base na coordenação entre o centroide (D_{cent}) e o marcador (D_m).

Todas as variáveis foram calculadas em ambiente Matlab conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Equações utilizadas para o cálculo das variáveis dependentes.

Cálculo	Fórmula
Distância euclidiana	$D = \sqrt{(P_2x - P_1x)^2 + (P_2y - P_1y)^2}$, onde “D” é a distância e “P ₁ ” e “P ₂ ” referem-se aos dois pontos de interesse
Lei dos cosenos	$\text{Cos } \theta = a^2 - (b^2 + c^2) / - 2.b.c$, onde “a”, “b” e “c” referem-se às distâncias entre os pontos que formam o ângulo de interesse
Centróide	$\text{cent} = (D_{p1} + D_{p2} + D_{p3} + D_{p4})/4$, onde “D _p ” refere-se à distância euclidiana do passador em relação à origem
Velocidade média	$V = \Delta D / \Delta t$, onde “D” refere-se à distância euclidiana e “t” é o tempo

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

3.4.1. Comparações do desempenho do jogo, dinâmica da troca de passes e variáveis da topologia dos passes

Cada variável que compôs o desempenho do jogo, a dinâmica da troca de passes e a topologia dos passes foram analisadas individualmente pela técnica da árvore de decisão (*decision tree*). A árvore de decisão é um método probabilístico estatístico que consegue segmentar os dados por meio de uma série de regras simples de instruções lógicas, classificando os dados por processo repetitivo de divisão (TSO e YAU, 2007).

O presente estudo utilizou a detecção de interação automática por meio de cálculos Chi-quadrados (*chi-squared automatic interaction detection* - CHAID). O CHAID funciona com base em um processo recursivo de agregação das classes (conjunto dos valores de cada condição) da variável alvo até atingir o melhor conjunto (menor probabilidade de significância), maximizando a diferença estatística entre os nós da árvore de decisão, em relação ao nó “pai” (nó principal). Desta forma, a árvore de decisão consegue demonstrar a “separabilidade” dos dados conforme as significâncias estatísticas das diferenças.

Para a detecção das diferenças, inicialmente a normalidade e homogeneidade de variância dos dados são

analisados em cada nó pelo teste Shapiro_Wilk's W. Se os dados atenderem os pressupostos estatísticos, a árvore executa, em cada nó, uma série de ANOVA que combina as quatro categorias de formação (sub13, sub15, sub17 e sub20) e as quatro manipulações experimentais (AL, AR, RL e RR), onde as diferenças são apontadas pelo teste *Post Hoc* de Bonferroni. Por outro lado, se os pressupostos estatísticos não são satisfeitos, a árvore calcula automaticamente os testes de Qui-quadrado (RITSCHARD, 2010).

A grande vantagem da árvore de decisão é que ela apresenta um modelo de classificação de fácil interpretação, tanto qualitativamente quanto quantitativamente (TSO e YAU, 2007). Além disso, este modelo de análise possibilita a análise independente (i.é., 16 condições experimentais: 4 categorias de idade X 4 constrangimentos da tarefa) bem como comparações combinadas (ex. espaço ampliado (AL e AR) x espaço reduzido (RL e RR); posse de bola (AL e RL) x passe direto (AR e RR); sub13 e sub15 x sub17 e sub20, etc.). Desta forma, a árvore de decisão permite uma visualização mais clara de possíveis tendências ou efeitos de cada condição experimental.

Todas as análises foram realizadas pelo *software* estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (versão 20.0 - SPSS Inc.), onde o nível de significância adotado foi de 0,05.

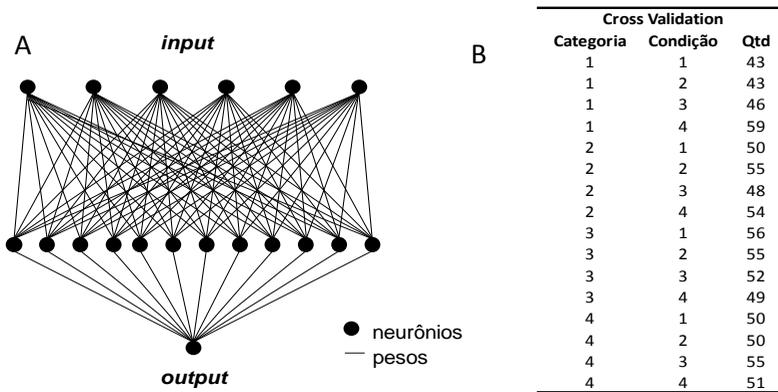
3.4.2. Identificação e reconhecimento de padrões topológicos do passe

A técnica de rede neural artificial (RNA) foi utilizada para identificar possíveis padrões topológicos do passe. As Redes Neurais Artificiais (RNA) podem operar funções não lineares, possibilitando desenvolver funções complexas de transformação de dados capazes de adaptar a variações do ambiente e tolerar falhas e ruídos de dados (NILSSON, 1983; PRAGA et al., 2000). Por isso, são capazes de reconhecer padrões e generalizar respostas, resultando no modelamento do fenômeno observado. Assim, a utilização da RNA foi selecionada para classificar e reconhecer padrões de interação interpessoal em função da categoria de formação e dos constrangimentos espaciais e

temporais manipulados. Ao final, a RNA permite prever a topologia dos passos conforme a condição experimental.

As redes foram confeccionadas em ambiente Matlab através de seu *toolbox* de redes neurais denominado *nntool* (*Neural Network Toolbox*), versão 8.0. Foi utilizado o algoritmo de retropropagações de sinais (*backpropagation*¹) do tipo *perceptron* multicamadas (MLP). Sua arquitetura foi elaborada por 6 neurônios de entrada (*input*), 13 neurônios na camada intermediária como algoritmos de retropropagação de sinais para o aprendizado, e 1 neurônio de saída (*output*) (FIGURA 4). A rede foi configurada para operar a uma taxa de aprendizado de 0,3, com número máximo de 3000 ciclos e com valor do erro médio quadrático mínimo de 0,01. Estes valores de configuração foram obtidos previamente em estudos piloto (MENCHI et al., 2014; MENCHI et al., 2015 e ANDRADE et al., 2015).

Figura 4 - A: Ilustração da rede *perceptron* multicamadas (MLP) com 6 neurônios de entrada, 13 neurônios na camada intermediária (utilizado para ajuste da rede), e um neurônio para a camada de saída. B: tabela de validação cruzada, indicando a quantidade de valores de cada condição experimental que alimentaram a rede.



¹ Algoritmo baseado na análise do sinal de saída, comparando com um determinado erro médio quadrático. Caso o sinal de saída não satisfaça, ele é retropropagado para as camadas anteriores, ajustando os pesos sinápticos associados a cada neurônio. Antes de cada sinal ser propagado o mesmo é submetido a uma função de ativação ou transferência, que irá converter o valor da soma de entrada para uma faixa de valores aceitáveis (HAYKIN, 1998).

Quatro estruturas-modelos para criação das RNA's foram confeccionadas. As diferenças entre os modelos foram relacionadas ao grupo de variáveis que funcionaram como sinais de entrada e saída da rede. Os modelos estruturados foram:

1. **Modelo 1:** Teste de reconhecimento e classificação da categoria de idade: para verificar se é possível prever a idade dos jogadores com base nos dados de entrada.

- **Entrada:** DIPM, DIPR, DIMR, AP, VMP e condição experimental (se AL, AR, RL ou RR).
- **Saída:** Uma das quatro categorias de idade (se sub13, sub15, sub17 ou sub20).

2. **Modelo 2:** Teste de reconhecimento e classificação da condição experimental: para verificar se é possível prever a condição experimental com base nos dados de entrada.

- **Entrada:** DIPM, DIPR, DIMR, AP, VMP e categoria de idade (se sub13, sub15, sub17 ou sub20).
- **Saída:** uma das quatro condições experimentais (se AL, AR, RL ou RR).

3. **Modelo 3:** Teste de reconhecimento e classificação do tipo de passe: para verificar se é possível prever o tipo de passe (i.é., se livre ou restrito) com base nos dados de entrada.

- **Entrada:** DIPM, DIPR, DIMR, AP, VMP e categoria de idade (se sub13, sub15, sub17 ou sub20).
- **Saída:** uma das duas opções agrupadas pelo tipo de passe (se livre – AL e RL ou restrito – AR e RR).

4. **Modelo 4:** Teste de reconhecimento e classificação do espaço de jogo: para verificar se é possível prever o espaço de jogo (i.é., se ampliado ou reduzido) com base nos dados de entrada.

- **Entrada:** DIPM, DIPR, DIMR, AP, VMP e categoria de idade (se sub13, sub15, sub17 ou sub20).
- **Saída:** uma das duas opções agrupadas pelo espaço de jogo (se ampliado – AL e AR ou reduzido – RL e RR).

Com estes dados de entrada, os quatro modelos de RNA foram inicialmente treinados com 50% dos dados (408 passes),

onde os dados de entrada e saída foram oferecidos. Após a rede ter apresentado estabilidade nos valores de erro, seu funcionamento foi interrompido para que a fase de teste fosse iniciada. Nesta fase a rede foi alimentada com os outros 50% dos dados de entrada, mas não foram oferecidos os dados de saída. Assim, os dados de saída apresentados pela rede (com base na aprendizagem anterior) são comparados com os dados reais em uma matriz de confusão. Baseado nesta matriz foi possível verificar a correspondência entre os dados reais e gerados pela rede. Quando a rede convergiu para uma ou algumas saídas, padrões foram reconhecidos e as variáveis puderam ser classificadas. Por outro lado, quando a rede não apresentou convergência, significou que os parâmetros de entrada não foram suficientes para a identificação e reconhecimento de padrões.

3.4.3. Comportamento do jogo

A técnica de correlação corrida (*running correlations*) foi utilizada para descrever as tendências de coordenação interpessoal entre marcador e passadores ao longo de cada rali. Esta técnica busca analisar continuamente a relação dos deslocamentos dos jogadores ao longo do tempo. De acordo com Corbetta e Thelen (1996), a correlação corrida pode auxiliar a identificação de tendências de coordenação (i) sincrônica ou em-fase, (ii) assincrônica ou anti-fase e (iii) não sincronizada ou fora de fase (ver também KELSO et al., 1981; MEADOR et al., 2002; ARAÚJO et al., 2006; CORREIA et al., 2016). Em conformidade com os procedimentos destes estudos, a correlação corrida foi calculada entre as variáveis D_m e D_{cent} . Para isso, uma janela de 0.4s (i.e., 9 pontos) foi deslocada quadro a quadro (i.e., a cada 0.04s) e, em cada deslocamento, um valor de correlação foi calculado. Com isso foi possível obter uma função de correlação contínua que descreveu as tendências de coordenação ao longo do tempo.

Para poder perceber as tendências de coordenação, o conjunto de valores de correlação medido em cada tentativa foi colocado em um único histograma de frequência. Este histograma de frequência foi obtido dividindo-se o conjunto de valores de correlação de -1 a 1 em 20 categorias ordinais. Posteriormente, as frequências foram normalizadas dividindo-se pelo número total de valores de correlação de cada rali. A forma

de distribuição obtida indicou as tendências de coordenação em fase, anti-fase ou fora de fase.

Análises de correlação-cruzada (*cross-correlation*) também foram aplicadas às séries temporais D_m e D_{cent} . Esta análise foi realizada para indicar o grau e a defasagem temporal (*lag*) entre o marcador e o centroide. O deslocamento do tempo utilizado na análise compreendeu 10 *lags* para ambas as direções positiva e negativa: $t - k$ e $t + k$, $k_{lag} = 0.08s$ (AMBLARD et al., 1994; MULLINEAUX et al., 2001; CORREIA et al., 2016).

Em ambas as análises (correlação corrida e cruzada) foram calculadas as médias e desvios padrão para a comparação entre as condições experimentais por meio da árvore de decisão. Os resultados de ambas as correlações também foram analisados qualitativamente, com a confecção de gráficos de séries temporais, onde o acoplamento entre marcador e o centroide pode ser visualizado.

4. RESULTADOS

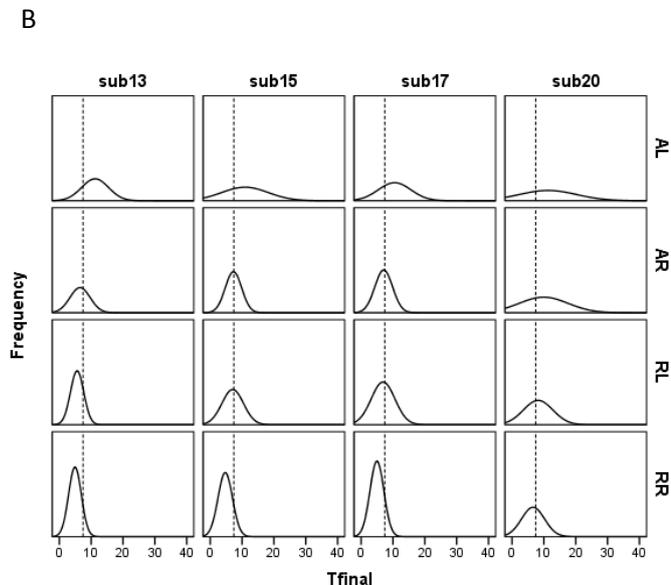
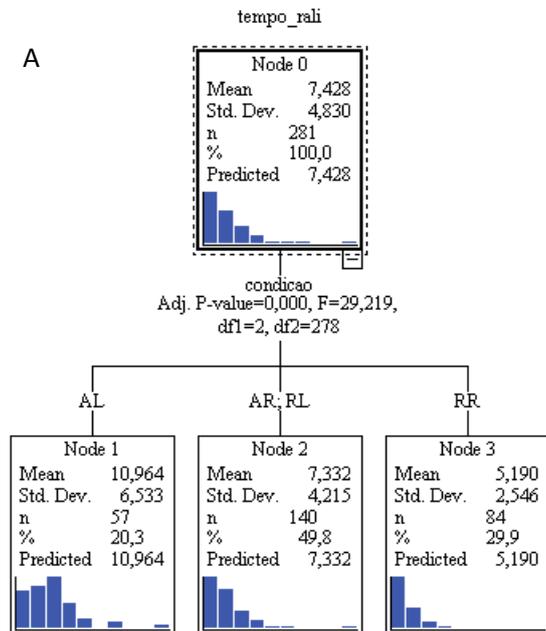
Os resultados estão apresentados em quatro sub-sessões que englobam o *desempenho no jogo*, a *dinâmica de troca de passes*, a *topologia dos passes* e a *sinergia da marcação*. Os dados foram organizados a fim de demonstrar as tendências de comportamento das diferentes categorias de idade (sub13, sub15, sub17 e sub20) nas diferentes condições experimentais (AL, AR, RL e RR). As comparações estatísticas foram realizadas pela técnica CHAID e apresentadas conforme a força das diferenças por meio da árvore de decisão (*decision tree*), considerando como nível de significância $p < 0,05$. Gráficos de distribuição dos dados foram confeccionados para indicar possíveis tendências conforme as matriz experimental. Gráficos de frequência e de séries temporais também foram apresentados para ilustrar as tendências de coordenação interpessoal.

4.1. DESEMPENHO NO JOGO

4.1.1 Desempenho do marcador

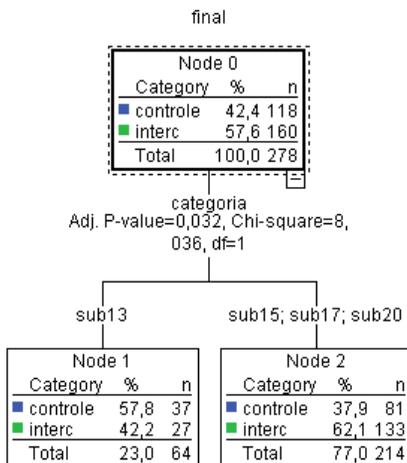
O modelo da árvore de decisão para o tempo de finalização (FIGURA 5A) indicou diferenças significativas apenas entre as condições experimentais ($F_{2,278} = 29,219$; $p \leq 0,0001$), onde AL foi maior que as condições AR e RL ($ES = 0,675$) e que a condição RR ($ES = 1,272$). As condições AR e RL não apresentaram diferença entre si, mas foram maiores que a condição RR ($ES = 0,633$). O histograma da matriz experimental (FIGURA 5B) descreveu uma tendência de redução da média e da variabilidade do tempo de finalização em função tanto do espaço de jogo quanto do tempo de posse de bola.

Figura 5 - A: modelo da árvore de decisão do tempo de finalização. Os conectores indicam os agrupamentos que foram significativamente diferentes. B: histograma do tempo de finalização na matriz experimental (categorias de idade: sub13, sub15, sub17 e sub20; condições experimentais: AL, AR, RL e RR). A linha pontilhada indica o valor da média geral do tempo de finalização.



Em relação ao tipo de finalização, o modelo da árvore de decisão indicou diferenças significativas apenas entre as categorias de idade ($\chi^2 = 8,036$, $df = 1$, $p = 0,032$; FIGURA 6), onde a categoria sub13 apresentou uma taxa de interceptação significativamente menor (42%) quando comparada com as categorias sub15, sub16 e sub17 (62.1%).

Figura 6 - Árvore de decisão do tipo de finalização. Os conectores indicam os agrupamentos que foram significativamente diferentes.

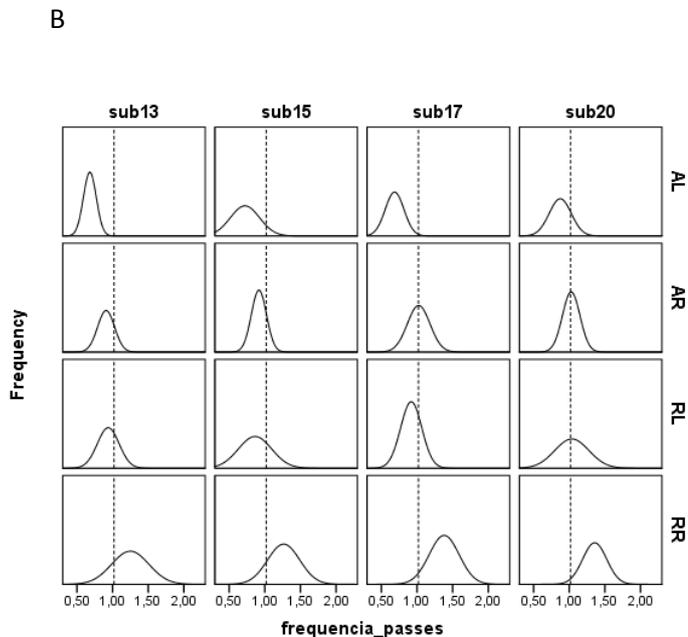
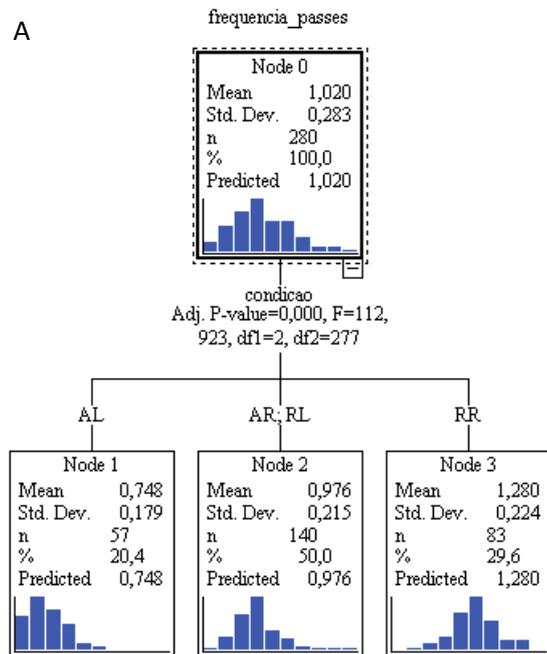


4.1.2. Desempenho dos passadores

O desempenho dos passadores foi verificado pela frequência (F_{passe}) e velocidade (V_{passe}) da troca de passes. Ainda, nas condições de posse de bola livre, o tempo de posse por passe (T_{passe}) também foi considerado.

O modelo da árvore de decisão para a F_{passe} (FIGURA 7A) indicou diferenças significativas apenas entre as condições experimentais ($F_{2,277} = 112,923$; $p < 0,0001$), onde AL foi maior que as condições AR e RL ($ES = 0,805$) e que a condição RR ($ES = 1,879$). As condições AR e RL não apresentaram diferença entre si, mas foram maiores que a condição RR ($ES = 1,074$). O histograma da matriz experimental (FIGURA 7B) descreve a tendência de aumento da F_{passe} em função tanto do espaço de jogo quanto do tempo de posse de bola.

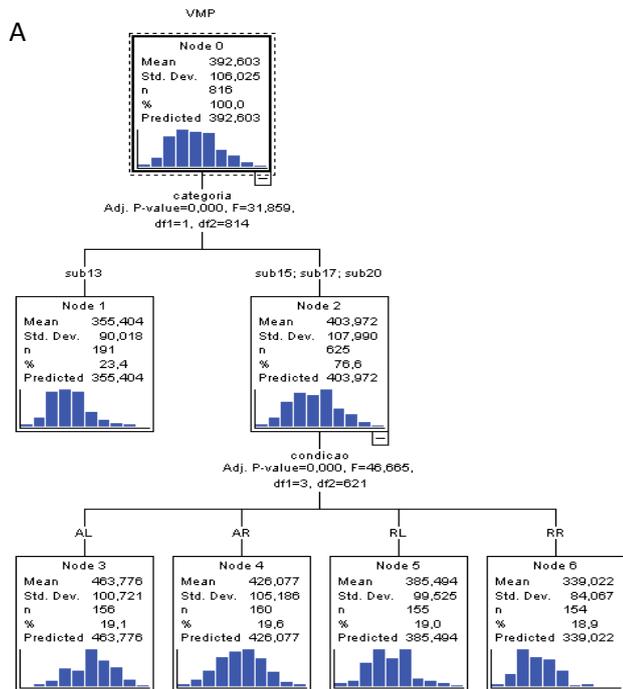
Figura 7. A: modelo da árvore de decisão da *F*passé. Os conectores indicam os agrupamentos que foram significativamente diferentes. B: histograma do *F*passé na matriz experimental (categorias de idade: sub13, sub15, sub17 e sub20; condições experimentais: AL, AR, RL e RR). A linha pontilhada indica o valor da média geral do *F*passé.



O modelo da árvore de decisão para a *V*passse (FIGURA 8A) indicou diferenças significativas entre as categorias de formação ($F_{2,814} = 31,859$; $p < 0,0001$), onde a categoria sub13 apresentou valores menores que as categorias sub15, sub17 e sub20 ($ES = 0,458$). As categorias sub15, sub17 e sub20 não apresentaram diferenças significativas e foram agrupadas. Neste agrupamento, diferenças foram apontadas entre as condições experimentais ($F_{2,621} = 46,665$; $p < 0,0001$), onde AL foi maior que AR ($ES = 0,349$), maior que RL ($ES = 0,724$) e maior que RR ($ES = 1,155$). A condição AR foi maior que RL ($ES = 0,375$) e maior que RR ($ES = 0,806$). Por fim, RL foi maior que RR ($ES = 0,430$). O histograma da matriz experimental (FIGURA 8B) não demonstrou uma tendência clara entre as condições experimentais e categorias de idade.

Finalmente, o modelo da árvore de decisão para o *T*passse (FIGURA 9A) indicou diferenças significativas entre as categorias de formação ($F_{2,132} = 13,914$; $p \leq 0,002$), onde as categorias sub13 e sub20 apresentaram valores menores que as categorias sub15 e sub17 ($ES = 0,616$). As categorias sub13 e sub20 bem como as categorias sub15 e sub17 não apresentaram diferenças significativas e foram agrupadas. Não foram apontadas diferenças entre as condições experimentais.

Figura 8 - A: modelo da árvore de decisão da *Vpasse*. Os conectores indicam os agrupamentos que foram significativamente diferentes. B: histograma do VMP na matriz experimental (categorias de idade: sub13, sub15, sub17 e sub20; condições experimentais: AL, AR, RL e RR). A linha pontilhada indica o valor da média geral do VMP.



B

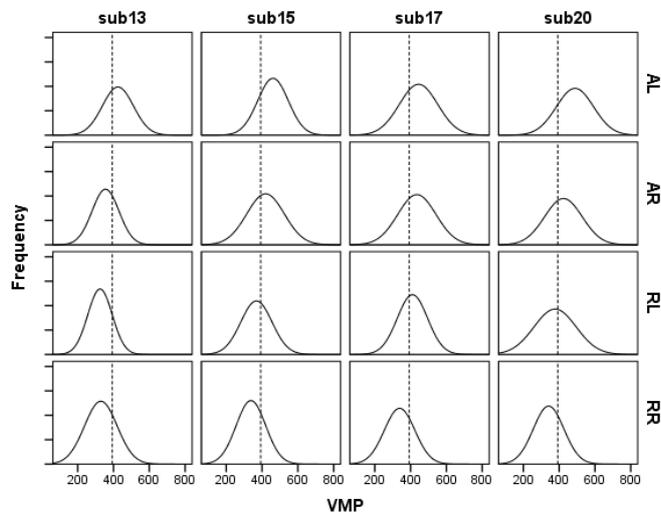
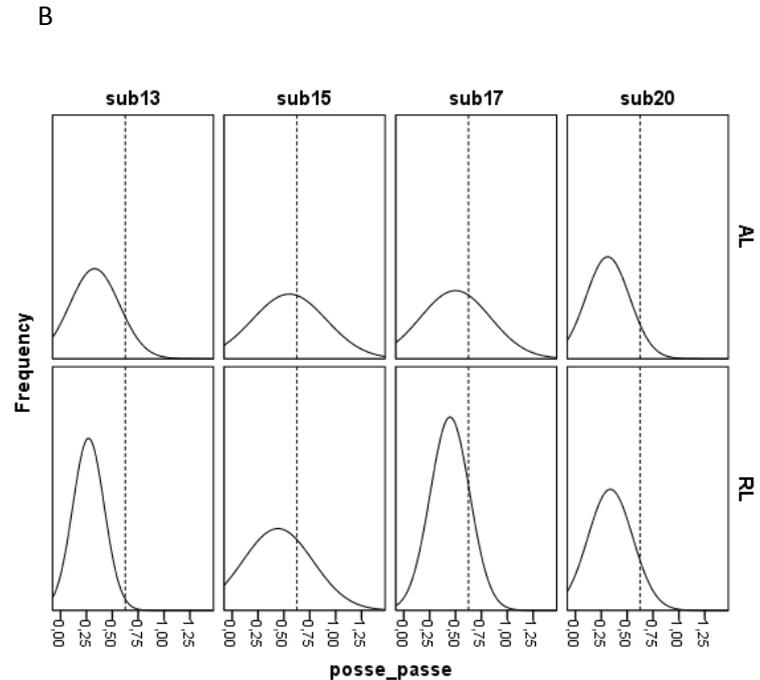
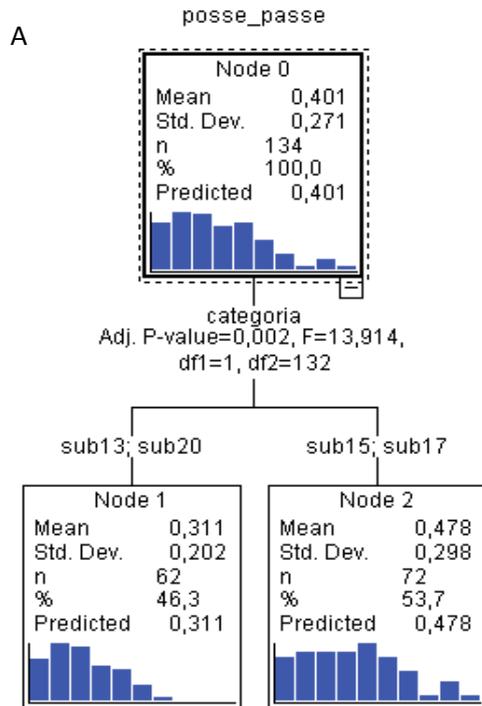


Figura 9 - A: modelo da árvore de decisão do Tposse. Os conectores indicam as diferenças estatísticas encontradas. B: histograma do Tposse nas categorias de idade (sub13, sub15, sub17 e sub20) e espaço de jogo (AL e RL). A linha pontilhada indica o valor da média geral do Tposse.



4.3. TOPOLOGIA DOS PASSES

Os resultados dos quatro modelos de rede estão sumarizados na tabela 5.

Tabela 5 - Descrição dos quatro modelos de RNA, destacando os dados de entrada, os dados de saída e os resultados apresentados.

RNA	Entrada	Saída	Resultado
Modelo 1	<i>Dim</i> , <i>Dir</i> , <i>DImr</i> , <i>Apasse</i> , <i>Vpasse</i> e condição experimental	1 (sub13), 2 (sub15), 3 (sub17) ou 4 (sub20)	Insatisfatório
Modelo 2	<i>Dim</i> , <i>Dir</i> , <i>DImr</i> , <i>Apasse</i> , <i>Vpasse</i> e categoria de idade	1 (AL), 2 (AR), 3 (RL) ou 4 (RR)	Insatisfatório
Modelo 3	<i>Dim</i> , <i>Dir</i> , <i>DImr</i> , <i>Apasse</i> , <i>Vpasse</i> e tipo de passe	1 (AL e RL) ou 2 (RL e RR)	Insatisfatório
Modelo 4	<i>Dim</i> , <i>Dir</i> , <i>DImr</i> , <i>Apasse</i> , <i>Vpasse</i> e espaço de jogo	1 (AL e AR) ou 2 (RL e RR)	Satisfatório

Os três primeiros modelos não apresentaram resultados satisfatórios, significando que as saídas exibidas pela rede e as saídas reais não foram convergentes. Como o valor de erro médio quadrático mínimo não foi atingido, o critério de parada para essa situação foi estabelecido pelo número de ciclos. Esta é uma divergência causada principalmente pelo valor do gradiente descendente, que atinge seu ponto mínimo de convergência, fazendo com que seus valores em ciclos posteriores se tornem desfavoráveis para os valores de saída. Assim, os resultados indicaram que não existe separabilidade ou uma relação classificatória entre os valores apresentados pelas categorias de idade e pelas condições experimentais (observadas individualmente ou agrupadas pelo tipo de passe - livre ou restrito).

O modelo de rede 4 apresentou convergência em seus resultados, possibilitando reconhecer padrões diferenciados referentes ao espaço de jogo. A matriz de confusão é apresentada na tabela 6.

Tabela 6 - Matriz de confusão gerada pela RNA. AL: espaço ampliado e posse de bola livre. AR: espaço ampliado e posse de bola restrita. RL: espaço reduzido e posse de bola livre. RR: espaço reduzido e posse de bola restrita. Os valores indicam a correspondência entre os dados reais (coluna) e os dados gerados pela rede (linha).

condição	AL	AR	RL	RR
AL	95	91	11	2
AR	84	93	21	4
RL	2	10	111	78
RR	1	8	105	99

Por meio da matriz de confusão foi possível verificar uma separação entre as condições experimentais, onde as condições de espaço de jogo ampliado (AL e AR) e reduzido (RL e RR) puderam ser visualmente destacadas (maiores valores de correspondência em ambos os blocos). Ou seja, foi possível realizar uma classificação dos dados, demonstrando que existe uma separabilidade ou uma relação classificatória entre os espaços de jogo ampliado e reduzido, considerando as variáveis de entrada que descreveram a topologia dos passes. A acurácia da rede pode ser calculada dividindo-se o total de acertos (756) pelo total de registros (815), resultando em uma taxa de 92% entre o valor real e o valor obtido pela rede.

Por fim, a tabela 7 apresenta os pesos de cada variável dependente (representado pela taxa de influência na classificação) no reconhecimento do padrão. Observa-se que as variáveis relacionadas às distâncias interpessoais foram as que mais influenciaram a classificação, seguido pelo ângulo de passe, velocidade do passe e, por fim, a categoria de idade.

Tabela 7 - Descrição dos pesos das variáveis de entrada na rede. Quanto maior o valor, maior sua influência do padrão reconhecido.

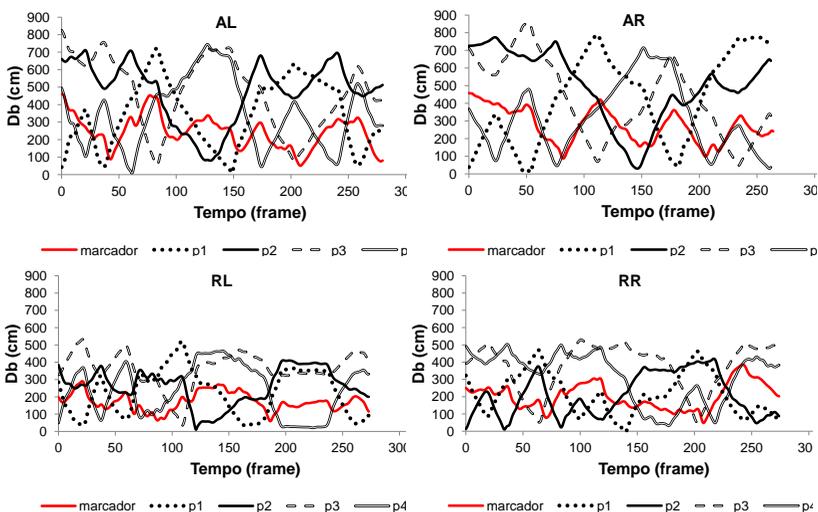
Peso (%)					
D _{lm}	D _{lr}	D _{l_{mr}}	A _{passe}	V _{passe}	Categ
18.82	25.79	14.78	14.29	12.95	13.37

4.4. COMPORTAMENTO DO JOGO

4.4.1. Descrição do jogo

A distância da bola (Db) permitiu descrever as interações espaço-temporais dos jogadores no jogo. Nota-se nos exemplos ilustrativos da figura 10 que a troca de passes possui característica periódica, conforme o contexto de ação apresentado. Cada linha do gráfico representa um jogador. Os vales² indicam os jogadores que fizeram contato com a bola e os momentos e duração destes contatos. Vales mais largos indicam manutenção da posse de bola entre a recepção e o passe (como por exemplo, o penúltimo passe da condição RL). Vales estreitos indicam contato direto com a bola.

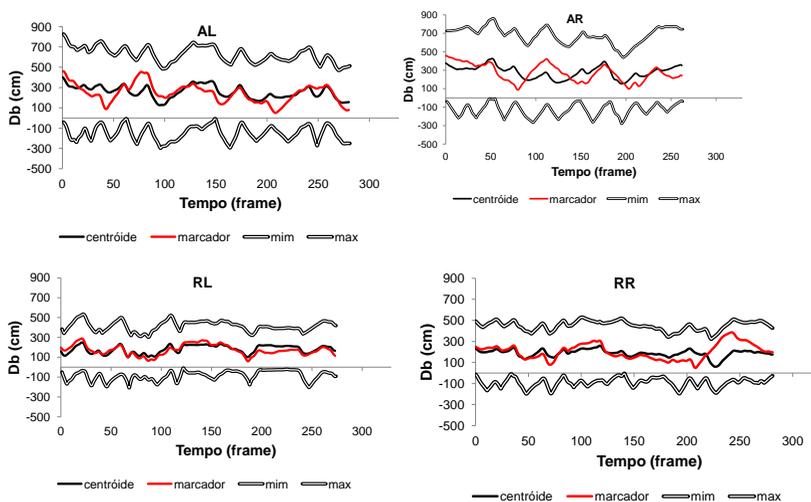
Figura 10 - Evolução temporal da Db para cada jogador nas quatro condições experimentais. AL: espaço de jogo ampliado e posse de bola livre. AR: espaço de jogo ampliado e posse de bola restrita. RL: espaço de jogo reduzido e posse de bola livre. RR: espaço de jogo reduzido e posse de bola restrita.



² Momentos em que a série temporal atinge valores próximos de zero, identificado pela redução e posterior aumento dos valores.

Na figura 11 os quatro passadores estão representados pelo centróide, nas mesmas tentativas visualizadas na figura 10. Uma inspeção visual permite identificar o movimento oscilatório entre marcador e centróide na maior parte do tempo. Observam-se também os momentos em que o marcador está mais próximo da bola em relação ao centróide (menor valor de Db) e os momentos em que o marcador está mais afastado da bola em relação ao centróide (maior valor de Db), bem como os momentos de transição (cruzamento entre as séries).

Figura 11 - Evolução temporal do índice da bola para o centróide e o marcador nas quatro condições experimentais. AL: espaço de jogo ampliado e posse de bola livre. AR: espaço de jogo ampliado e posse de bola restrita. RL: espaço de jogo reduzido e posse de bola livre. RR: espaço de jogo reduzido e posse de bola restrita.

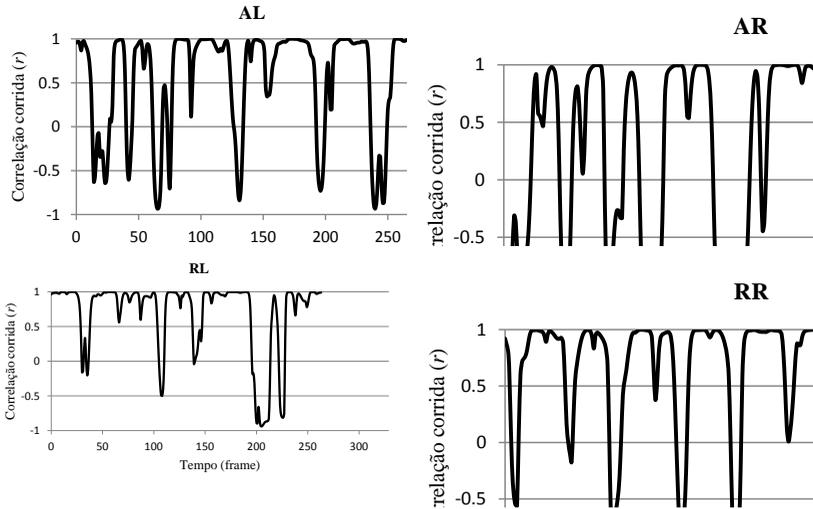


4.4.2. Tendências de coordenação interpessoal

A correlação corrida (*running correlations*) permitiu visualizar a relação de fases ou sincronia entre o marcador e o centróide ao longo do tempo. Na Figura 12 é possível verificar os momentos de criação, manutenção e dissolução de simetrias ao longo dos ralis apresentados na figura 10 e figura 11. Nos exemplos seleccionados é possível notar os momentos em que marcador e centróide são simétricos (coordenação em fase,

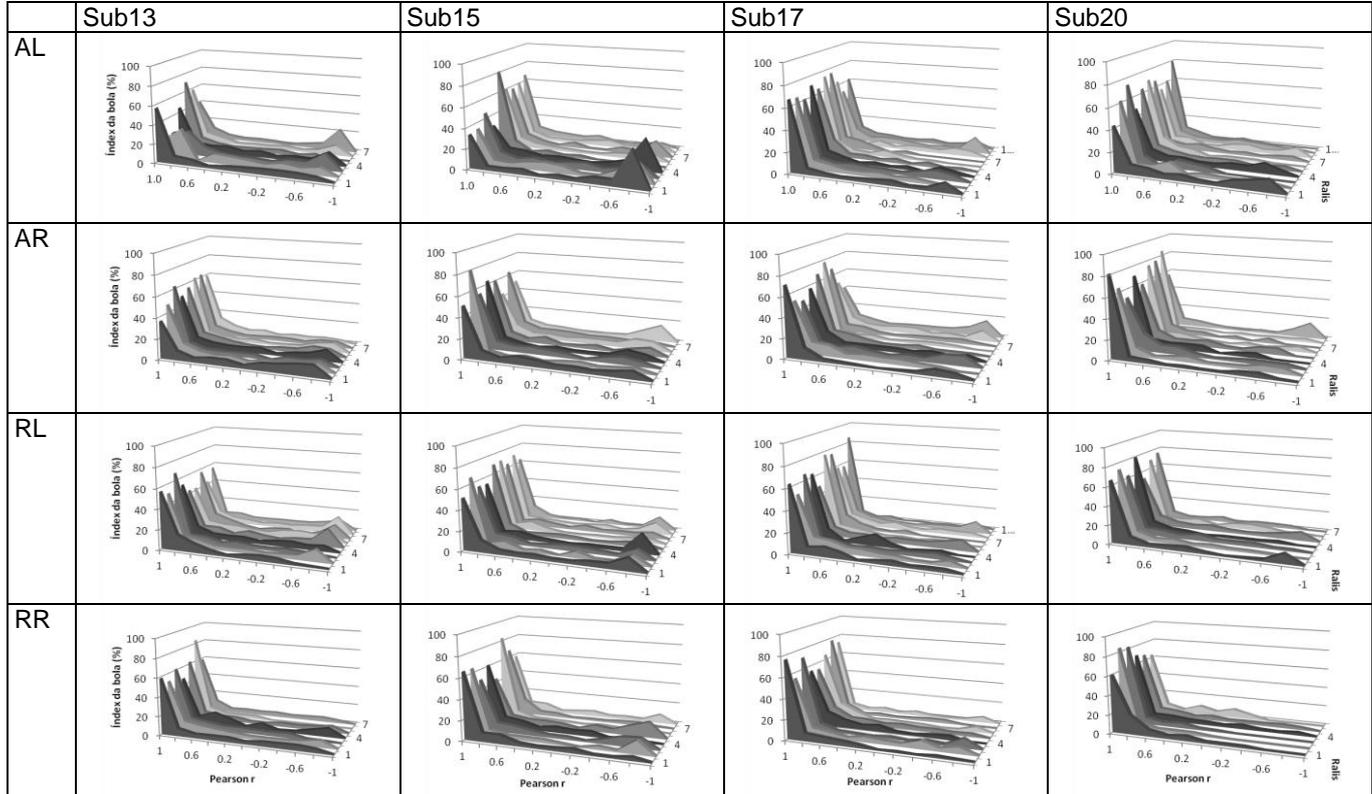
correspondente aos valores entre 0.8 e 1), antissimétricos (coordenação anti-fase, correspondente aos valores entre -0.8 e -1) ou assimétricos (coordenação fora de fase, correspondente aos valores entre -0.8 e 0.8).

Figura 12 - Evolução temporal da coordenação entre marcador e centroide nas quatro condições experimentais.



A figura 13 apresenta a paisagem da análise frequencial da correlação corrida para todas as categorias de idade e condições experimentais. Observa-se nitidamente uma zona mais frequentada, correspondendo aos valores entre 0.8 e 1. Esta zona preferencial caracteriza um estado atrator para um modo de coordenação em fase, indicando um acoplamento sincronizado. Observa-se também que as zonas correspondentes aos modos de coordenação fora de fase (valores entre -0.8 e 0.8) e anti-fase (valores entre -1 e -0.8) são menos frequentadas. Nas condições experimentais com espaço de jogo ampliado (AL e AR), a zona de coordenação anti fase parece ser mais visitada, representando um outro estado atrator, contudo, com menor força. Nas condições em espaço de jogo reduzido (RL e RR), pode-se notar forte acoplamento em fase, principalmente na condição sem a posse de bola (RR).

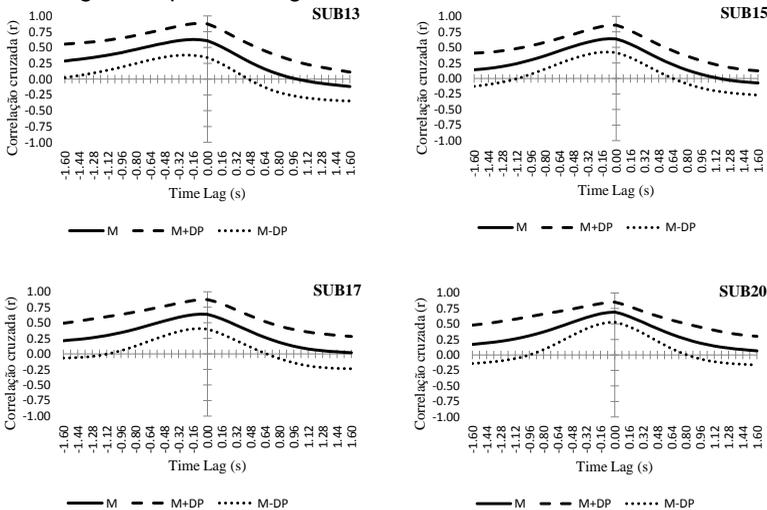
Figura 13 - Paisagem de padrões de interação entre o marcador e o centroide em cada categoria de idade (sub13, sub15, sub17 e sub20) e condição experimental (AL, AR, RL e RR).



4.4.3. Latência da coordenação interpessoal

A Latência da coordenação interpessoal foi calculada pela correlação cruzada (*cross-correlations*) da Dm e Dcent para as categorias de idade (FIGURA 14) e condições experimentais (FIGURA 15). Nas figuras, a linha contínua representa a média, ponto a ponto, do coeficiente de correlação. As linhas tracejadas representam os desvios padrões para mais e para menos. Observa-se em ambos os gráficos que os participantes tenderam a uma correlação positiva. Coeficientes positivos sugerem que os participantes moveram com moderada sincronia através de toda a série temporal. A magnitude alcançada pela curva (pico) representa a magnitude global da correlação, correspondente aos valores no eixo “y”. Por outro lado, a localização do pico correspondente ao eixo “x” representa a defasagem temporal do acoplamento entre o marcador e o centroide.

Figura 14 - Média e desvio padrão (M ± SD) ponto a ponto do coeficiente de correlação cruzada entre o Dm e Dcent nos diferentes *time lags* das quatro categorias de idade.

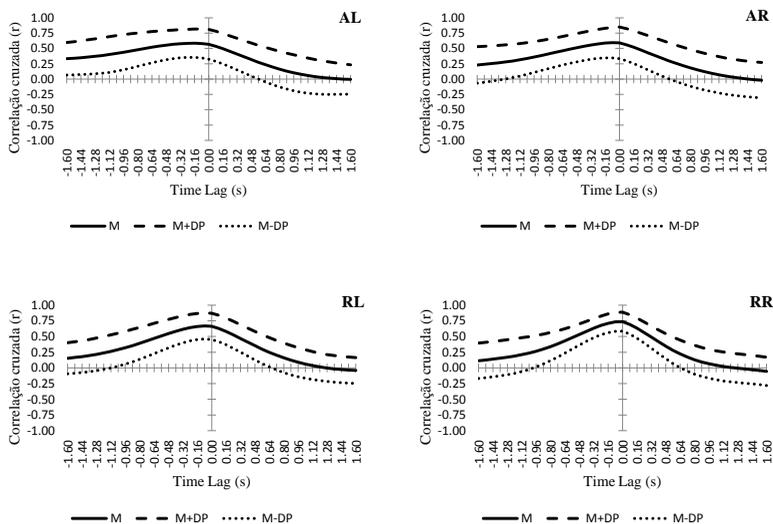


Em relação às categorias de idade, a categoria sub20 apresentou visualmente maior magnitude de correlação e menor

defasagem temporal (pico localizado no *Lag* 0). Por outro lado, as categorias sub13, sub15 e sub17 apresentaram um pico com menor magnitude e com algum atraso temporal. Isso significa que todas as categorias apresentaram forte acoplamento, mas o relacionamento do acoplamento apresentou algum atraso temporal.

Em relação às condições experimentais, observa-se que os acoplamentos mais fortes (maiores magnitudes de pico) corresponderam às condições com espaço de jogo reduzido (RL e RR). É possível notar também que a condição mais restritiva (RR) apresentou menor (ou nenhuma) defasagem temporal (pico no *Lag* 0).

Figura 15 - Média e desvio padrão ($M \pm SD$) ponto a ponto do coeficiente de correlação cruzada entre o Dm e Dcent nos diferentes *time lags* das quatro condições experimentais. AL: espaço de jogo ampliado e posse de bola livre. AR: espaço de jogo ampliado e posse de bola restrita. RL: espaço de jogo reduzido e posse de bola livre. RR: espaço de jogo reduzido e posse de bola restrita.



5. DISCUSSÃO

O presente estudo foi formulado tomando como referencial teórico a perspectiva dinâmica ecológica (ARAÚJO et al., 2006). Utilizando conceitos e ferramentas dos sistemas dinâmicos, buscou-se entender a coordenação interpessoal como um comportamento coadaptativo e auto-organizado no contexto competitivo. Optou-se por percorrer a lógica dos trabalhos iniciados por Kugler et al (1980, 1982) ao considerar o “estado” do sistema e seu curso temporal como elementos chaves para a descrição e explicação do fenômeno de interesse: a sinergia da marcação.

O protocolo experimental do bobinho permitiu descrever a troca de passes sob marcação como um processo emergente, adaptativo e auto-organizado, possibilitando descrever e analisar as interações interpessoais como um sistema dinâmico complexo. A discussão está organizada conforme os principais achados do estudo, com a contextualização de importantes limitações e implicações teórico-práticas.

5.1. O PEQUENO JOGO BOBINHO COMO UM SISTEMA DINÂMICO COMPLEXO

O jogo de troca de passes sob marcação analisado no presente estudo assumiu uma dinâmica circular e periódica de contato com a bola que, continuamente, regulou a trajetória e a velocidade da mesma (FIGURA 10 e 11). Nesta configuração, os passadores exploraram as relações espaço-temporais com o marcador, deslocando-se no espaço de jogo a fim de criar condições favoráveis para a troca de passe. Por outro lado, o marcador tentou limitar estes espaços para desestabilizar a troca de passes e oportunizar a interceptação. Este comportamento exploratório resultou em uma forte sinergia da marcação caracterizada por uma flexível topologia de passes. As principais observações são descritas a seguir.

5.1.1. Marcador e passadores apresentam forte acoplamento, podendo ser analisado como uma estrutura coordenativa: a sinergia da marcação.

A primeira hipótese deste estudo foi que o marcador e o centroide apresentassem forte acoplamento espaço-temporal, caracterizado neste estudo como a *sinergia da marcação*, que pudesse ser modulada a partir dos constrangimentos do contexto de ação. Isto é, a intensidade da marcação e a categoria de idade. A distância da bola (Db) permitiu descrever as tendências de coordenação interpessoal, a força e a defasagem do acoplamento. De maneira geral, os resultados mostraram forte sinergia e pouca defasagem temporal em todas as condições experimentais analisadas. Foi possível observar uma tendência de fortalecimento da sinergia da marcação conforme a intensidade da marcação e a categoria de idade, confirmando a hipótese levantada.

As tendências de coordenação observadas traduziram a natureza dos sistemas complexos, indicando os efeitos que uma das partes produz no comportamento das outras e do ritmo e fluxo do jogo (CORREIA et al., 2016; DUARTE et al., 2012a). Neste sentido, a fase relativa foi apropriada para descrever a tendência de coordenação interpessoal, onde foi possível identificar a predominância do modo de coordenação em-fase em relação aos modos anti-fase e fora de fase (FIGURA 12 e 13). Isso quer dizer que o padrão em fase foi um estado mais atrativo (i.é., estado preferencial do sistema), indicando uma marcação preferencialmente simétrica no contexto competitivo analisado. Os resultados também demonstraram pouca defasagem temporal da marcação (FIGURA 14 e 15), com poucas variações entre as condições experimentais (discutido mais adiante).

Estes resultados estão de acordo com prévios estudos no basquetebol (BOURBOUSSON et al., 2010a e 2010b), futebol (DUARTE et al., 2012c) e futsal (TRAVASSOS et al., 2011) que demonstraram forte coordenação interpessoal e inter-equipes. No entanto, nos contextos de ação analisados até o momento, poucos descreveram a sinergia da marcação tomando como referência o deslocamento da bola.

No estudo de Travassos et al (2011), as trajetórias de movimento da bola e dos jogadores, analisadas pela fase relativa, demonstraram uma tendência de coordenação simétrica

entre os defensores e atacantes. Entretanto, a sinergia das díades foi analisada com base nas distâncias longitudinais e médio-laterais dos limites do espaço de jogo (conforme os demais estudos). Aqui, dada a característica circular de troca de passes, a sinergia pode ser medida em conformidade com o deslocamento da bola no espaço de jogo. Esta diferença pode explicar a forte sinergia de marcação encontrada no presente estudo. Assim, pode-se verificar que, ao menos no bobinho, o marcador assume um intrincado relacionamento com a movimentação localmente gerada no jogo. Isto é, os jogadores atuam no contexto competitivo de maneira coadaptada, regulados por intercâmbio informacional (FAJEN et al., 2009; TURVEY, 2007).

A defasagem temporal da marcação poderia ser um indicativo de “quem lidera quem” na dinâmica do jogo (i.é., se marcador ou passadores) (CORREIA et al., 2016; RILEY et al., 2011; SILVA et al., 2016). Os resultados da correlação cruzada demonstraram pouca defasagem temporal da marcação, indicando que o marcador responde prontamente a movimentação dos passadores e vice-versa. Interessante notar que o termo “bobinho” desta atividade sugere que o marcador “corre atrás da bola”. No entanto, os resultados apresentados aqui contrariam esta ideia, pois marcador coadaptou suas ações prontamente com os passadores no intuito de minimizar as oportunidades de passe e interceptar a bola.

5.1.2. A sinergia da marcação emerge de uma flexível topologia dos passes: o princípio da compensação recíproca na troca de passes

A segunda hipótese deste estudo foi que a sinergia da marcação emergisse de uma flexível e adaptável troca de passes, caracterizado aqui como a *topologia dos passes*. Esperava-se encontrar padrões topológicos variados e correspondentes à intensidade da marcação e à categoria de idade. De maneira geral, os resultados mostraram alta variação nas relações espaço temporais adotadas no momento do passe, descrevendo uma troca de passes flexível para sustentar a sinergia da marcação. O único constrangimento que apresentou padrões topológicos específicos foi o espaço de jogo, explicado

pela redução das distâncias interpessoais. Não foi possível identificar padrões topológicos específicos à idade e a manipulação da posse de bola, confirmando parcialmente a hipótese levantada.

A identificação de padrões diferenciados nos espaços de jogo reduzido e ampliado (TABELA 4, 5 e 6) já era esperada em virtude da aproximação global no jogo. A redução/aumento nas distâncias entre todos os jogadores impactou diretamente nas variáveis de distâncias interpessoais. Isso pode ser confirmado pelos pesos explicativos da classificação (TABELA 6), com maiores valores representados pelas variáveis D_{lr} , D_{lm} e D_{lmr} , respectivamente. Estes resultados corroboram com estudos anteriores que descreveram a distância interpessoal como um potencial parâmetro de controle que influencia a coordenação interpessoal em contextos competitivos (PASSOS et al., 2011a; TRAVASSOS et al., 2012a; VILAR et al., 2014a). Por outro lado, a dificuldade de identificação de padrões topológicos indica que as variáveis de distâncias interpessoais, ângulo de passe e velocidade média do passe não apresentaram, em conjunto, reprodutibilidade suficiente para que diferentes padrões pudessem ser identificados entre as categorias de idade e manipulação da posse de bola.

Este comportamento pode ser explicado pelo princípio da compensação recíproca (RILEY et al., 2011), sugerindo que a sinergia da marcação foi formada e mantida por variadas interações na configuração dos elementos (graus de liberdade) que compõem o sistema (BARRIS et al., 2014; BERNSTEIN, 1967). Ou seja, as interações dos microcomponentes (passes) foram capazes de dar forma aos padrões macroscópicos (sinergia da marcação) (KELSO, 1995). Aqui, os passadores conseguiram efetuar passes sob diferentes configurações espaço-temporais, imprimindo o ritmo e intensidade do jogo para manter a estabilidade a nível global (sinergia da marcação).

Em suma, os resultados são consistentes com a ideia de que a troca de passes sob marcação emerge do estabelecimento de um apropriado relacionamento entre estabilidade (i.é., comportamento persistente) e flexibilidade (i.é., comportamento variável) (BARRIS et al., 2014), sugerindo que a sinergia da marcação pode ser descrita por muitas interações não-lineares dos componentes em micro-escala (variáveis da topologia dos passes).

A possibilidade de investigação destas interações não-lineares com a aplicação de modelos de redes neurais sociais já foi proposto (PASSOS et al., 2011b; BALAGUE et al., 2013; PERL, 2013). Nestes estudos, o esforço foi voltado para capturar as ligações entre os jogadores (quais jogadores estão envolvidos e a força do envolvimento), baseado no local e quantidade de eventos ocorridos no jogo. Diferentemente destes estudos, a RNA foi conduzida aqui para prever a configuração espaço-temporal estabelecida em condições específicas de jogo e demonstrou que a sinergia da marcação emergiu de uma flexível troca de passes.

5.2. DINÂMICA DA COORDENAÇÃO INTERPESSOAL NAS DIFERENTES CATEGORIAS DE IDADE

A intenção de investigar possíveis diferenças entre as categorias de idade foi verificar como a prática e a experiência na modalidade constroem a dinâmica da coordenação interpessoal no pequeno jogo do bobinho. A hipótese foi que as categorias apresentassem contextos específicos de desempenho. Especificamente esperava-se encontrar: (1) uma tendência de aumento do ritmo e velocidade da troca de passes em função da idade (verificado pela F_{passe} e V_{passe} , respectivamente); e (2) uma tendência de fortalecimento da sinergia da marcação (verificado pela força e defasagem temporal da Db) em função da idade. Estas expectativas advêm dos estudos que analisaram díades, subgrupos e o jogo formal baseado nas interações interpessoais que emergem de contextos específicos.

Os poucos estudos que abordaram as diferenças de idade nas interações interpessoais demonstraram que jogadores mais experientes (idade, tempo e tipo de competição) conseguem otimizar o espaço de jogo, com movimentações mais dinâmicas e globais (ECCLES e TENENBAUM, 2004; CHASSY, 2013; SILVA et al., 2014b). Outros estudos tem focalizado no desempenho técnico dos jogadores (MALINA et al., 2004 e 2015). Nestes estudos, tem sido verificado que, em contextos específicos, as habilidades técnicas são fortemente associadas às características do crescimento e desenvolvimento, principalmente na puberdade (para uma revisão recente destes

estudos, ver MALINA et al., 2015). Especificamente no futebol, ambos os campos de estudo tem apontado que as diferenças de desempenho mais marcantes se concentram entre as idades de 13 e 16 anos (MALINA et al, 2004).

Os achados do presente estudo corroboram com estas observações e confirmam a hipótese levantada. As diferenças mais claras (tanto quantitativamente quanto qualitativamente) foram observadas entre a categoria sub13 e as demais. Para a categoria sub13, a troca de passes pareceu mais dificultada, principalmente quando observado a redução da velocidade do passe (FIGURA 8) que, em distâncias interpessoais diminuídas, favorece uma possível interceptação (TRAVASSOS et al., 2012b). Esta dificuldade pode também ser observada pela maior taxa de erros de passe/recepção quando comparado com as demais categorias (FIGURA 6). No entanto, os passadores apresentaram tempo de rali ($7,5 \text{ s} \pm 4,4 \text{ s}$) e frequência de passes (1 Hz) semelhantes às demais categorias. Estes resultados sugerem que o pequeno jogo do bobinho pode ser realizado com sucesso, pelo menos desde a categoria sub13. Ambos os jogadores foram capazes de interagir sob uma dinâmica troca de passes com poucas possibilidades de manutenção da posse de bola.

Em relação à topologia dos passes, nenhuma categoria de idade apresentou um padrão topológico específico. Isso sugere que ambas as categorias apresentaram grande flexibilidade frente às condições experimentais manipuladas. Estes resultados demonstram claramente a capacidade de ambas as idades exibirem soluções diversificadas e criativas para a manutenção da troca de passes no jogo. Assumindo que as medidas de distâncias interpessoais com o marcador, o ângulo de passe e a velocidade média do passe descrevem as condições nas quais o jogo é mantido e sustentado (passe a passe), pode-se especular se a diminuição da velocidade média de passe foi resultado de efeitos compensatórios na topologia do passe para sustentar a sinergia da marcação.

Embora pareça simples, o passe envolve uma eficiente comunicação perceptiva no contexto de ação, pois depende da percepção das oportunidades para o passe (*affordances*) gerado pela movimentação dos atacantes e marcadores envolvidos (STÖCKL et al., 2016). Para que a troca de passes seja efetiva no jogo, os jogadores devem estar bem posicionados no campo,

formando interações que favoreçam linhas de passe (KATIS e KELLIS, 2009). Os passes oferecem canais de comunicação da equipe, favorecendo a mobilidade dos jogadores no espaço de jogo e otimizando a circulação da bola em campo (RUSSELL et al., 2010). Neste sentido, ambas as categorias analisadas apresentaram grande versatilidade frente aos constrangimentos manipulados, principalmente na habilidade dos passadores em se auto-organizar no espaço disponível para manter a posse de bola.

Em relação ao acoplamento da marcação, as análises de coordenação (corrida e cruzada) demonstraram forte sinergia de marcação em todas as categorias, com uma tendência clara para a coordenação em-fase (FIGURA 13) e pouca defasagem temporal na movimentação (FIGURA 14). No geral, os resultados sugerem que jogadores mais experientes gerenciam o espaço disponível com mais eficiência, apresentando um comportamento coletivo mais estável (menos variável) durante a marcação. Estes resultados estão coerentes com os dados reportados por Folgado et al (2014). Os pesquisadores mostraram que os jogadores mais novos e com menos experiência na modalidade ocuparam uma área mais reduzida e com pouca dispersão lateral no campo. Por outro lado, os jogadores mais velhos e com mais experiência ocuparam uma área maior, com deslocamentos tanto no sentido lateral quanto longitudinal do campo. Os pesquisadores concluíram que jogadores mais jovens (com menos maturidade e experiência) buscam aproximar ao gol rapidamente, em jogadas mais individualizadas (tipicamente por meio de dribles) ou utilizando um estilo de jogo menos elaborado (ou imaturo). Estas observações também foram observadas no estudo de Olthof et al (2015). Os pesquisadores observaram que jogadores da categoria sub19 apresentaram uma maior dispersão em campo quando comparado com a categoria sub17.

Os resultados referentes às categorias de idade do presente estudo podem dar uma base de explicação para estas diferenças observadas no jogo formal (ou pequeno jogo). Aqui, os resultados sugerem que os jogadores mais jovens (principalmente até a categoria sub13) assumem uma ocupação menos elaborada, canalizando as intenções e percepções para a bola. Por outro lado, jogadores de categorias mais avançadas empregam táticas mais eficientes, com passes mais rápidos e

precisos bem como maior eficiência no suporte ao jogador marcado (i.é., movimentações dos possíveis receptores para favorecer linhas de passe).

Em uma meta análise, Travassos et al (2013) verificou que novatos e experientes diferenciam-se principalmente pelo comportamento dos movimentos dos olhos, tempo de decisão e precisão de resposta. Por exemplo, tem sido mostrado que jogadores mais experientes podem extrair informações baseadas na movimentação dos jogadores na visão periférica para antecipar os eventos no ambiente (ECCLES e TENENBAUM, 2004). Assim, o aumento na força e sincronização da sinergia da marcação pode estar relacionado, para além das diferenças maturacionais, com a capacidade dos jogadores (marcador e passadores) compartilharem *affordances* em um nível cada vez mais global para formar atratores funcionais mais estáveis para satisfazer os constrangimentos presentes em ambientes complexos.

Finalmente, os resultados deste estudo são alinhados com o forte consenso na literatura do comportamento coletivo no futebol, revelando que a otimização do gerenciamento espaço-temporal do jogo (e de sub-fases do jogo) está relacionado com o nível desenvolvimental e experiência na modalidade (DUARTE et al., 2012c; DUARTE et al., 2013; FOLGADO et al., 2014; OLTHOF et al., 2015; SAMPAIO e MAÇÃS, 2012). Estes achados podem auxiliar professores e treinadores a distinguir os diferentes níveis de tendências de coordenação que emergem em jogadores de diferentes idades e, conseqüentemente, guiar os praticantes a um comportamento coletivo coerente no processo de formação do jogador.

5.3. DINÂMICA DA COORDENAÇÃO INTERPESSOAL NOS DIFERENTES CONSTRANGIMENTOS DA TAREFA

A intenção de investigar possíveis diferenças entre as condições experimentais manipuladas (isto é, espaço de jogo e posse de bola) foi verificar como a intensidade da marcação constrange a dinâmica da coordenação interpessoal no pequeno jogo do bobinho. A hipótese foi que o aumento na intensidade da marcação constrangesse o ritmo e a velocidade da troca de passes bem como a sinergia da marcação. Especificamente esperava-se encontrar: (1) uma tendência de aumento do ritmo e

velocidade da troca de passes em função da intensidade da marcação (verificado pela F_{passe} e V_{passe} , respectivamente); (2) uma tendência de queda de desempenho dos passadores em função da intensidade da marcação (verificado pelo $Trali$ e tipo de finalização); (3) uma tendência de melhoria do acoplamento da marcação (verificado pela força e defasagem temporal da Db) em função da intensidade da marcação.

De maneira geral, os resultados demonstraram que a manipulação dos constrangimentos da tarefa (espaço de jogo e posse de bola) intensificou a marcação. Como esperado, os diferentes espaços de jogo apresentaram padrões de topologia de passes específicos (TABELA 4 e 5), principalmente pelas distâncias interpessoais entre passador-marcador-receptor (TABELA 6). No entanto, não foram observadas diferenças quanto à manipulação da posse de bola (livre ou restrita). Estes resultados estão consistentes com estudos anteriores que demonstraram que a distância interpessoal associada a outros fatores tais como a velocidade e o ângulo relativo são parâmetros de controle dos estados coordenativos, influenciando o comportamento tático e o fluxo e circulação da bola no jogo (CORRÊA et al., 2012b; 2014b; VILAR et al., 2012b; 2014a; SILVA et al., 2014a).

Em relação à dispersão no espaço de jogo, tem sido demonstrado em pequenos jogos de futebol, que a distância da marcação aumenta conforme o aumento das dimensões do campo, possibilitado a emergência de *affordances* (oportunidades) para chutar, passar e driblar (FRENCKEN et al., 2013; SILVA et al., 2014a). Tomando estes resultados, era de se esperar que o espaço ampliado facilitaria o sucesso do passe e dificultaria as chances de interceptação pelo marcador, pois o mesmo estaria mais afastado da linha de passe e, conseqüentemente, da trajetória da bola (TRAVASSOS et al., 2012a; VILAR et al., 2013). No entanto, o tipo de finalização do rali (se interceptação ou erro de passe/recepção) não apresentou diferença, nem em relação ao espaço de jogo nem em relação ao tempo de posse de bola.

Importante destacar que o pequeno jogo do bobinho, diferentemente do jogo formal, não possui a necessidade de driblar para avançar território e, portanto, as ações de drible não são convidativas (CORRÊA et al., 2012b; CORRÊA et al., 2014b;

PEPPING et al., 2011; WITHAGEN et al., 2012). Por outro lado, no jogo formal tem se observado que as ações de dribles emergem sob baixos valores de distâncias interpessoais durante a marcação, pois nestes casos o risco de interceptação do passe aumenta (TRAVASSOS et al., 2012b). Contudo, sem o recurso dos dribles, o bobinho demonstra ser uma atividade que impacta diretamente na movimentação dos jogadores no limitado espaço de jogo e na forma de execução dos passes. Neste contexto competitivo, o espaço ampliado favoreceu a diminuição da frequência de passes (FIGURA 7) juntamente com o aumento na velocidade dos passes (FIGURA 8). Esta mudança no fluxo do jogo pode ser explicada pela maior movimentação dos jogadores no espaço de jogo ampliado, onde tem sido demonstrado ser menos desafiadora e apresentado um número mais reduzido de contatos físicos (DELLAL et al., 2012; KELLY e DRUST, 2009). Assim, no espaço de jogo ampliado os jogadores buscam abrir espaços para formar linhas de passe e manter a posse de bola (LERVOLINO, 2011), resultando aqui na diminuição do ritmo da troca de passes e aumento da velocidade dos passes.

Em relação à sinergia da marcação, tanto o espaço de jogo quanto o tempo de posse de bola constrangeram o acoplamento da marcação. Os resultados demonstraram que nas condições de espaço de jogo reduzido e com posse de bola restrita; marcador e centroide aumentaram a força de acoplamento e diminuíram a defasagem temporal da sincronização (FIGURA 15). Em relação ao espaço de jogo, os resultados confirmam estudos anteriores de díades, sub-grupos e pequenos jogos, que demonstraram que a proximidade da marcação aumenta a força do acoplamento atacante-defensor (SILVA et al., 2014a e 2014b). Estes resultados reforçam a idéia de que em condições espaciais diminutas o marcador ganha vantagem, tanto pelas menores distâncias com as linhas de passe (discutidas acima) quanto na coadaptação da marcação. A coordenação mais forte e com menor defasagem temporal possibilita a redução dos graus de liberdade, diminuindo as possibilidades de ações dos passadores. Desta maneira, diminuir os graus de liberdade torna o sistema controlável (BERNSTEIN, 1967). Esta estratégia de controle foi identificada no aumento da coordenação em-fase, refletindo diretamente no desempenho do marcador.

O fortalecimento da sinergia no contexto competitivo em espaços e posse de bola limitados pode ser explicado pela busca

por *affordances* (SILVA et al., 2016). Como mencionado anteriormente, perceber as possibilidades de movimentação no ambiente de jogo implica na percepção das possibilidades de movimentação e intenções dos outros jogadores (passadores e/ou marcador), mantendo uma relação interdependente de comportamentos (GIBSON, 1979). Ou seja, as sinergias são formadas sob uma plataforma de canais de comunicação (principalmente visual e não-verbal) entre os passadores e entre passadores e o marcador para perceber *affordances* do comportamento coletivo (PASSOS e DAVIDS, 2015; SILVA et al., 2013).

5.4. IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

A dinâmica troca de passes tem sido considerada uma das características mais marcantes do futebol moderno (TENGA et al., 2010). O Barcelona F. C., por exemplo, tem demonstrado um estilo de jogo (*game style*, CHASSY, 2013; HEWITT et al., 2016) caracterizado por passes rápidos, precisos e localmente construídos para quebrar a estabilidade da equipe adversária (PERL, 2013; BELOZO et al., 2016; PAIXÃO et al., 2015). Este estilo de jogo tem se apresentado como um fenômeno evolutivo no futebol de elite (BARREIRA et al., 2015) e vem atraindo a atenção de expectadores, treinadores e pesquisadores do esporte. Por exemplo, Castellano et al (2009) verificaram que o ritmo e o tempo efetivo de jogo aumentaram entre a copa do mundo da FIFA de 1990 e a Eurocopa de 2008. Paixão et al (2015) verificaram que os jogadores jogam mais agrupados, principalmente no setor do meio campo em função das estratégias defensivas e equilíbrio entre as equipes. Esta dinâmica de jogo tem resultado no aumento na densidade e congestionamento de jogadores no centro do campo, produzindo um aumento na distância coberta pelos jogadores, no estilo de troca de passes curtos e rápidos e na velocidade de circulação da bola em jogo (KUHN, 2005). Nesta configuração de jogo, os jogadores devem atuar em janelas temporais reduzidas em função da marcação envolvente e imediata.

Nesta direção, o presente estudo conseguiu identificar, em diferentes categorias de idade, importantes configurações estruturais e interacionais na troca de passes sob marcação que

podem servir de direcionamentos no ambiente de ensino-aprendizagem-treinamento do futebol. Em síntese foi verificado que:

- 1) Com a manipulação do espaço de jogo e da posse de bola no pequeno jogo do bobinho foi possível intensificar a marcação e influenciar a sinergia da marcação;
- 2) A sinergia da marcação foi formada por uma flexível configuração posicional no jogo, caracterizando um processo auto-organizado no contexto competitivo;
- 3) Os padrões de interação interpessoal (topologia e coordenação) revelam como os jogadores se orientam e se oferecem ao jogo, bem como o estilo de marcação;
- 4) A idade e experiência na modalidade influenciam a sinergia da marcação bem como as adaptações que emergem dos contextos específicos de ação.

Diante destes achados, a abordagem dinâmica ecológica está sendo proposta como uma matriz teórica capaz de providenciar uma estruturação objetiva do ambiente de ensino-aprendizagem-treinamento. Uma das principais contribuições é o entendimento de que a aquisição e refinamento de habilidades dependem do ajustamento dos sistemas perceptivos com específicos contextos de desempenho (PASSOS e DAVIDS, 2015). Neste sentido, os achados sugerem que as tarefas devem proporcionar a interação dos jogadores com constrangimentos ecológicos específicos e que apresentem *affordances* representativos do contexto do jogo.

O pequeno jogo de manutenção de posse de bola bobinho parece ser um *design* de pesquisa que pode gerar resultados diretamente aplicáveis para o futebol. Isso porque esta atividade favorece a exploração e descoberta de *affordances* em contextos restritivos, muito comum no futebol moderno. Individualmente, o jogador deve ter a capacidade de ocupar eficientemente o espaço de jogo a fim de passar a bola de maneira adequada ao seu companheiro de equipe. Ao mesmo tempo, deve ser capaz de reestabelecer nova configuração posicional conforme a perturbação gerada pela marcação. Quanto mais companheiros de equipe criar espaços na proximidade com o jogador com a

posse de bola, maiores as opções para o passe (linhas de passe), e maiores as chances de favorecer a progressão da equipe como um todo em direção ao gol adversário. No nível coletivo, a coordenação interpessoal é fundamental para garantir a circulação da bola em campo (ataque) e dificultar o avanço adversário (defesa). Assim, parece sensato pensar que a habilidade da troca de passes reflita na velocidade com que uma equipe pode mudar sua configuração e como ela se movimenta como um todo. Se os marcadores (defensores) forem em menor número, a organização defensiva entra em colapso e maior espaço de jogo estará disponível aos atacantes.

Na presente tese, os resultados contribuíram para um melhor entendimento dos efeitos da idade e experiência prática no gerenciamento funcional neste contexto restritivo. Os achados sugerem que a idade e o tempo de experiência influenciam o comportamento coletivo, principalmente por evidenciar um aumento da força de acoplamento na marcação. A literatura científica discutida tem enfatizado muitas diferenças maturacionais e desenvolvimentais no desempenho de diversas tarefas. No entanto, apenas os três estudos discutidos verificaram as tendências de coordenação interpessoal no contexto dos pequenos jogos. Os resultados apresentados aqui reforçam que os grupos mais experientes apresentam uma ocupação mais coordenada do espaço de jogo e que a intensidade da marcação afeta o acoplamento marcador-atacante, podendo e, devendo ser manipulada no ambiente de prática.

5.5. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E DIRECIONAMENTOS FUTUROS

O desafio para o futuro é ampliar os estudos que visam analisar o comportamento emergente no esporte observado em pequena escala (individual, díades e sub-grupos) para uma observação em grande escala (equipes, temporada, competições, etc.). Uma direção importante de investigação está na verificação de como os constrangimentos em diferentes escalas temporais se relacionam. Por exemplo, como os padrões coletivos da equipe (por ex., organização estratégica) governam as interações em escalas espaço-temporais inferiores (por ex.,

díades e sub-grupos); e como as relações espaço-temporais locais influenciam o padrão coletivo da equipe.

Como desafios metodológicos, o presente estudo sugere maiores investimentos no modelamento qualitativo e heurístico nos estudos do comportamento adaptativo no esporte. Mesmo sem elaborados dados de series temporais, os pesquisadores podem estudar a dinâmica comportamental. Na ausência de tais modelos, como no presente estudo, uma análise dinâmica pode ser utilizada para descrever qualitativamente a evolução temporal do sistema, indicando direções e preferências comportamentais. Também é possível descrever uma variedade de propriedades dinâmicas, como o estado de fase, flutuações, multiestabilidade, transições de fase que impactam nas mudanças qualitativas no desempenho e no desenvolvimento dos jogadores. Por meio de técnicas de rastreamento e modelagem computacional, estas análises ampliarão os conhecimentos do complexo comportamento dos esportes coletivos, como o futebol. As técnicas de RNA e de árvore de decisão apresentam-se aqui como alguns exemplos. Ambas as técnicas foram satisfatórias ao problema de pesquisa colocado e necessitam ser melhor exploradas e validadas na literatura, nos diversos cenários e problemáticas do contexto esportivo.

Por fim, como desafios para a prática profissional, o presente estudo sugere maiores investimentos nos pequenos jogos e jogos condicionados. Importante destacar a necessidade de ampliar as investigações em relação à representatividade dos jogos utilizados no treino. Especificamente no bobinho verificou-se uma série de princípios organizacionais que ocorrem no jogo formal e sub-fases ou momentos do jogo. No entanto, uma diferença significativa está no objetivo da tarefa, que não demanda avanço territorial. Pode-se questionar, assim, sobre a representatividade desta atividade no contexto de jogo formal. Até o momento, nenhum estudo referente ao pequeno jogo do bobinho foi encontrado na literatura analisada. Apenas o estudo de Travassos et al. (2012c) analisou uma atividade de treino de passes e verificou que os passes realizados na configuração utilizada no presente estudo (4 passadores) apresentam velocidades de passe coerentes aos realizados no jogo formal de futsal. Mais estudos são necessários para verificar a representatividade desta atividade, tornando um campo fértil de pesquisa e intervenção.

6. CONCLUSÃO

Esta tese providenciou um melhor entendimento do desenvolvimento e a adaptabilidade da marcação, demonstrando como os constrangimentos espaço-temporais e relacionados com a idade e experiência na modalidade influenciam a formação de sinergias de marcação. A dinâmica espaço-temporal formada no pequeno jogo do bobinho foi utilizada para demonstrar os princípios dinâmicos ecológicos envolvidos na interação interpessoal no contexto de troca de passes sob marcação. Neste contexto, a distância com a bola foi uma variável relevante para descrever e analisar como marcador e passadores são acoplados. Foi possível demonstrar que: (1) marcador e passadores são fortemente acoplados (discutido aqui como a sinergia da marcação); (2) a sinergia da marcação emerge de uma flexível e adaptativa troca de passes; (3) a sinergia da marcação fortalece em função da intensidade da marcação (verificado pelos constrangimentos da tarefa); e (4) a sinergia da marcação fortalece em função da categoria de formação do futebol.

Baseado nestas observações, conclui-se que o acoplamento entre percepção e ação no contexto de ação regulam o desempenho no jogo, levando a mudanças adaptativas nos padrões de coordenação interpessoal. Finalmente, esta tese providenciou considerável evidência de que a interação interpessoal da marcação pode ser analisada na linguagem dos processos dinâmicos e auto-organizados, reforçando a ampla conclusão teórica de que a regularidade do comportamento nas ações conjuntas pode ser entendida como uma propriedade emergente dos constrangimentos, que forçam os jogadores a se comportarem como uma estrutura funcional e unificada no contexto de ação.

7. REFERÊNCIAS

AMBLARD, B.; ASSAIANTE, C.; LEKHEL, H.; MARCHAND, A. R. A statistical approach to sensorimotor strategies: conjugate cross-correlations. **Journal of Motor Behavior**, v.26, n.2, p.103-112, 1994.

ANDRADE, T. N. C.; AMBRÓSIO, P. E.; MENUCHI, M. R. T. P. Utilização de Redes Neurais Artificiais para modelagem e análise da relação interpessoal em esportes coletivos. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, XXXV., 2015, Recife. **Anais...Recife**, PE, 2015. p.1-4.

ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; BENNETT, S. J.; BUTTON, C.; CHAPMAN, G. Emergence of sport skills under constraints. In: WILLIAMS, A. M.; HODGES, N. J. (Orgs.). **Skill acquisition in sport: research, theory, and practice**. London: Routledge, 2004. p.409-433.

ARAÚJO, D.; DAVIDS, K. Ecological approaches to cognition and action in sport and exercise: ask not only what you do, but where you do it. **International Journal of Sport Psychology**, v.40, n.1, p.5-37, 2009.

ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; HRISTOVSKIC, R. The ecological dynamics of decision making in Sport. **Psychology of Sport and Exercise**, v.7, n.6, p.653-676, 2006.

ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; PASSOS, P. Ecological validity, representative design, and correspondence between experimental task constraints and behavioral setting: comment on Rogers, Kadar, and Costall (2005). **Ecological Psychology**, v.19, n.1, p.69-78, 2007.

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.89, p.53-63, 2015.

BALAGUE, N.; TORRENTS, C.; HRISTOVSKI, R.; DAVIDS, K.; ARAÚJO, D. Overview of complex systems in sport. **Journal of Systems Science and Complexity**, v.26, p.4-13, 2013.

BARREIRA, D.; GARGANTA, J.; CASTELLANO, J.; MACHADO, J.; ANGUERA, M. T. How elite-level soccer dynamics has evolved over the last three decades? Input from generalizability theory. **Cuadernos de Psicología del Deporte**, v.15, n.1, p.51-62, 2015.

BARRIS, S.; FARROW, D.; DAVIDS, K. Increasing functional variability in the preparatory phase of the takeoff improves elite springboard diving performance. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.85, n.1, p.97-106, 2014.

BARROS, R. M. L.; BRENZIKOFER, R.; LEITE, N.; FIGUEROA, P. J. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise tridimensional de movimentos humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v.15, n.1-2, p.79-86, 1999.

BARTLETT, R.; BUTTON, C.; ROBBINS, 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.

BEEK, P. J. Ecological approaches to sport psychology: prospects and challenges. **International Journal of Sport Psychology**, v.40, n.1, p.144-151, 2009.

BELOZO, F. L.; FERREIRA, E. C.; LIZANA, C. J. R.; GRANDIM, G.; MACHADO, J. C.; BRENZIKOFER, R.; MACEDO, D. V.; MISUTA, M. S.; SCAGLIA, A. J. The effect of the maintaining the ball possession on the intensity of games. **Motriz**, v. 22, n. 1, p. 54-61, 2016.

BERNSTEIN, N. **The coordination and regulation of movements**. Oxford: Pergamon Press, 1967.

BOURBOUSSON, J., SEVE, 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.

BOURBOUSSON, J., SEVE, C.; MCGARRY, T. Space-time coordination dynamics in basketball: Part 2. Investigating the interaction between the two teams. **Journal of Sports Sciences**, v.28, n.3, p.339-358, 2010b.

BRUNSWIK, E. **Perception and the representative design of psychological experiments**. Univ. of California Press, 2003.

CASTELLANO, P. J.; PEREA, R. A.; ÁLVAREZ, P. D. Transicions en la possessió de la pilota en futbol: del possible al probable. **Apunts. Educació física i esports**, v.1, n.95, p.75-81, 2009.

CHASSY, P. Team play in football: How science supports F. C. Barcelona's training strategy. **Psychology**, v.4, n.9, p.7-12, 2013.

CHOW, J. Y.; DAVIDS, K.; BUTTON, C.; SHUTTLEWORTH, R.; RENSHAW, I.; ARAÚJO, D. Nonlinear pedagogy: a constraints-led framework for understanding emergence of game play and movement skills. **Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences**, v.10, n.1, p.71-103, 2006.

CHOW, J. Y.; DAVIDS, K.; HRISTOVSKI, R.; ARAÚJO, D.; PASSOS, P. Nonlinear pedagogy: learning design for self-organizing neurobiological systems. **New Ideas in Psychology**, v.29, p.189-200, 2011.

CLEMENTE, F. M.; COUCEIRO, M. S.; MARTINS, F. M. L.; DIAS, G.; MENDES, R. Interpersonal dynamics: 1v1 sub-phase at sub-18 football players. **Journal of Human Kinetics**, v.36, p.179-189, 2013a.

CLEMENTE, F. M.; COUCEIRO, M. S.; MARTINS, F. M. L.; MENDES, R. Novas abordagens da avaliação do comportamento tático no futebol: análise do centroid e índice de dispersão. **Revista de Educação Física da UEM**, v.24, n. 4, p.681-694, 2013b.

CORBETTA, D.; THELEN, E. The developmental origins of bimanual coordination: a dynamic perspective. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.22, n.2, p.502, 1996.

COEY, C. A.; VARLET, M.; RICHARDSON, M. J. Coordination dynamics in a socially situated nervous system. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 6, p. 164, 2012.

CORRÊA, U. C.; ALEGRE, F. A. M.; FREUDENHEIM, A. M.; SANTOS, S.; TANI, G. The game of futsal as an adaptive

process. **Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences**, v.16, n.2, p.185-204, 2012a.

CORRÊA, U. C.; DAVIDS, K.; SILVA, S. L.; DENARDI, R. A.; TANI, G. The influence of a goalkeeper as an outfield player on defensive subsystems in futsal. **Advances in Physical Education**, v.4, p.84-92, 2014a.

CORRÊA, U. C.; VILAR, L.; DAVIDS, K.; RENSHAW, I. Informational constraints on the emergence of passing direction in the team sport of futsal. **European Journal of Sport Science**, v.14, n.2, p.1-8, 2012b.

CORRÊA, U. C.; VILAR, L.; DAVIDS, K.; RENSHAW, I. Interpersonal angular relations between players constrain decision-making on the passing velocity in futsal. **Advances in Physical Education**, v.4, p.93-101, 2014b.

CORREIA, V.; ARAÚJO, D.; CRAIG, C.; PASSOS, P. Prospective information for pass decisional behavior in rugby union. **Human Movement Science**, v.30, n.5, p.984-997, 2011a.

CORREIA, V.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; FERNANDES, O.; FONSECA, S. Territorial gain dynamics regulates success in attacking sub-phases of team sports. **Psychology of Sport and Exercise**, v.12, n.6, p.662-669, 2011b.

CORREIA, V.; ARAÚJO, D.; DUARTE, R.; TRAVASSOS, B.; PASSOS, P.; DAVIDS, K. Changes in practice task constraints shape decision-making behaviours of team games players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.15, n.3, p.244-249, 2012.

CORREIA, V.; PASSOS, P.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; DINIZ, A.; KELSO, J. A. S. Coupling tendencies during exploratory behaviours of competing players in rugby union dyads. **European Journal of Sport Science**, v.16, n.1, p.11-19, 2016.

DAVIDS, K.; ARAÚJO, D.; SHUTTLEWORTH, R. **Applications of dynamical systems theory to football**. In: REILLY, T.; CABRI, J.; ARAÚJO, D. (Orgs.). *Science and Football V: The Proceedings of the 5th World Congress on Science and Football*. Oxon: Routledge, 2005. p.547-560.

DAVIDS, K. Athletes and sports teams as complex adaptive system: a review of implications for learning design. **RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte**, v.11, n.39, p.48-61, 2015.

DELLAL, A.; OWEN, A.; WONG, D. P.; KRUSTRUP, P.; VAN EXSEL, M.; MALLO, J. Technical and physical demands of small vs. large sided games in relation to playing position in elite soccer. **Human Movement Science**, v.31, n.4, p.957-969, 2012.

DI BERNARDO, M. **The Science of Rondo: progressions, variations and transitions**. Kindle edition, 2014.

DI PELLEGRINO, G.; FADIGA, L.; FOGASSI, L.; GALLESE, V.; RIZZOLATTI, G. Understanding motor events: a neurophysiological study. **Experimental Brain Research**, v.91, n.1, p.176-180, 1992.

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.; 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, 2012a.

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, 2012b.

DUARTE, R.; ARAÚJO, D.; FERNANDES, O.; FONSECA, C.; CORREIA, V.; GAZIMBA, V.; TRAVASSOS, B.; ESTEVES, P.; VILAR, L.; LOPES, J. Capturing complex human behaviors in representative sports contexts with a single câmera. **Medicina (Kaunas)**, v.46, n.6, p.408-414, 2010.

DUARTE, R.; ARAÚJO, D.; FOLGADO, H.; ESTEVES, P.; MARQUES, P.; DAVIDS, K. Capturing complex, non-linear team

behaviours during competitive football performance. **Journal of Systems Science and Complexity**, v.26, n.1, p. 62-72, 2013.

DUARTE, R.; ARAÚJO, R.; FREIRE, L.; FOLGADO, H.; FERNANDES, O.; DAVIDS, K. Intra- and inter-group coordination patterns reveal collective behaviors of football players near the scoring zone. **Human Movement Science**, v.31, n.6, p.1639-1651, 2012c.

ECCLES, D. W.; TENENBAUM, G. Why an expert team is more than a team of experts: A social-cognitive conceptualization of team coordination and communication in sport. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v.26, n.4, p.542-560, 2004.

ESTEVEES, P. T.; OLIVEIRA, R. F.; ARAÚJO, D. Posture-related affordances guide attacks in basketball. **Psychology of Sport and Exercise**, v.12, n.6, p.639-644, 2011.

FAJEN, B. R.; RILEY, M. A.; TURVEY, M. T. Information, affordances, and the control of action in sport. **International Journal of Sport Psychology**, v.40, n.1, p.79-107, 2009.

FAJEN, B. R.; WARREN, W. H. Behavioral dynamics of steering, obstacle avoidance, and route selection. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.29, n.2, p.343, 2003.

FERRARINI, A. A new game theory algorithm simulates soccer matches: Reducing complexity to its irreducible essence. **Selforganizology**, v.1, n.3-4, p.211-218, 2014.

FOLGADO, H.; LEMMINK, K. A. P. M.; 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 (supl.1), p.S487-S492, 2014.

FRANK, T. D.; RICHARDSON, M. J. On a test statistic for the Kuramoto order parameter of synchronization: an illustration for group synchronization during rocking chairs. **Physica D: Nonlinear Phenomena**, v.239, n.23, p.2084-2092, 2010.

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.; VAN DER PLAATS, J.; VISSCHER, C.; LEMMINK, K. Size matters: pitch dimensions constrain interactive team behaviour in soccer. **Journal of Systems Science and Complexity**, v.26, n.1, p.85-93, 2013.

GIBSON, J. J. **The ecological approach to visual perception**. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1979.

GIBSON, J. J. **The senses considered as perceptual systems**. Boston: Houghton Mifflin, 1966.

GONÇALVES, B. V.; FIGUEIRA, B. E.; MAÇÃS, 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.1-9, 2014.

GOTO, R.; MASCIE-TAYLOR, C. G. N. Precision of measurement as a component of human variation. **Journal of Physiological Anthropology**, v.26, n.2, p.253-256, 2007.

GREHAIGNE, J-F.; BOUTHIER, D.; DAVID, B. Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer. **Journal of Sports Sciences**, v.15, p.137-149, 1997.

HAMMOND, K. R.; BATEMAN, R. A. Sport Psychology as an instance of Ecological Psychology. **International Journal of Sport Psychology**, v.40, n.1, p.38-49, 2009.

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.247-253, 2012.

HERBERT-READ, J. E. Understanding how animal groups achieve coordinated movement. **Journal of Experimental Biology**, v.219, n.19, p.2971-2983, 2016.

HEWITT, A.; GREENHAM, G.; NORTON, K. Game style in soccer: what is it and can we quantify it?. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v.16, n.1, p.355-372, 2016.

IACOBONI, M.; WOODS, R. P.; BRASS, M.; BEKKERING, H.; MAZZIOTTA, J. C.; RIZZOLATTI, G. Cortical mechanisms of human imitation. **Science**, v.286, n.5449, p. 2526-2528, 1999.

JACOB, P.; JEANNEROD, M. The motor theory of social cognition: a critique. **Trends in Cognitive Sciences**, v.9, n.1, p.21-25, 2005.

KAMINSKI, G. Sport in the perspective of Barkerian Psychological Ecology. **International Journal of Sport Psychology**, v.40, n.1, p.50-78, 2009.

KATIS, A.; KELLIS, E. Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.8, n.3, p.374-380, 2009.

KELLY, D. M.; DRUST, B. The effect of pitch dimensions on heart rate responses and technical demands of small-sided soccer games in elite players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.12, n.4, p.475-479, 2009.

KELSO, J. A. S. **Dynamic patterns**. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.

KELSO, J. A. S.; DUMAS, G.; TOGNOLI, E. Outline of a general theory of behavior and brain coordination. **Neural Networks**, v.37, p.120-131, 2013.

KELSO, J. A. S.; HOLT, K. G.; RUBIN, P.; KUGLER, P. N. Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of non-linear, limit cycle oscillatory processes: Theory and data. **Journal of Motor Behavior**, v.13, n.4, p. 226-261, 1981.

KILNER, J. M.; FRISTON, K. J.; FRITH, C. D. Predictive coding: an account of the mirror neuron system. **Cognitive Processing**, v.8, n.3, p.159-166, 2007.

KILNER, J. M.; PAULIGNAN, Y.; BLAKEMORE, S-J. An interference effect of observed biological movement on action. **Current Biology**, v.13, n.6, p.522-525, 2003.

KUGLER, P. N.; TURVEY, M. T. **Information, Natural Law, and the Self-Assembly of Rhythmic Movement**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc, 1987.

KUGLER, P.; KELSO, J. S.; TURVEY, M. T. On the control and co-ordination of

naturally developing systems. In: KELSO, J. A. S.; CLARK, J. (Orgs.) **The development of movement control and coordination**. New York: Wiley, 1982. p.5-78.

KUGLER, P. N., KELSO, J. A. S.; TURVEY, M. T. On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I Theoretical lines of convergence. In: STELMACH, G. E.; REQUIN, J. (Orgs.). **Tutorials in motor behavior**. Amsterdam: North-Holland, 1980. p.3-48.

KUHN, T. Changes in Professional Soccer: a qualitative and quantitative study. In: REILLY, T.; CABRI, J.; ARAÚJO, D. (Orgs.). **Science and Football V**. London: E & FN Spon, 2005. p.184-195.

LERVOLINO, A. The creation of space. Principles and practice. **Soccer Journal**, v.56, n.3, p.31-32, 2011.

MALINA, R. M.; EISENMANN, J. C.; CUMMING, S. P.; RIBEIRO, B.; AROSO, J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13–15 years. **European Journal of Applied Physiology**, v.91, n.5-6, p.555-562, 2004.

MALINA, R. M.; ROGOL, A. D.; CUMMING, S. P.; COELHO E SILVA, M. J.; FIGUEIREDO, A. J. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. **British Journal of Sports Medicine**, v.49, n.13, p.852-859, 2015.

MARSH, K. L.; RICHARDSON, M. J.; BARON, R. M. Contrasting approaches to perceiving and acting with others. **Ecological Psychology**, v. 18, n. 1, p. 1-38, 2006.

MASON, P. H. Degeneracy at multiple levels of complexity. **Biological Theory**, v.5, n.3, p.277-288, 2010.

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, p.771-781, 2002.

MCGARRY, T. Applied and theoretical perspectives of performance analysis in sport: scientific issues and challenges. **International Journal of Performance Analysis of Sport**, v.9, p.128-140, 2009.

MCGARRY, T.; FRANKS, I. M. System approach to games and competitive playing: reply to Lebed (2006). **European Journal of Sport Science**, v.7, n.1, p.47-53, 2007.

MEADOR, K. J.; RAY, P. G.; ECHAUZ, J. R.; LORING, D. W.; VACHTSEVANOS, G. J. Gamma coherence and conscious perception. **Neurology**, v.59, n.6, p.847-854, 2002.

MENUCHI, M. R. T. P.; LIVRAMENTO, T. B.; ARAÚJO, L. S.; AMBRÓSIO, P.; PARIENTE, C. A. B.; MORO, A. R. P. Efeito do tipo de bola na dinâmica interpessoal em uma atividade de treino no futebol. In: Simpósio em Neuromecânica Aplicada, VI., 2014. Caxias do Sul. **Anais...Caxias do Sul**, 2014. p.1-8.

MENUCHI, M. R. T. P.; ANDRADE, T. N. C.; AMBRÓSIO, P. E.; MORO, A. R. P. Modelagem de padrões dinâmicos interpessoais em uma atividade do futebol por meio de uma Rede Neural Artificial. **Motriz**, v.21, n.2 (Supl.), p.S300-S301, 2015.

MULLINEAUX, D. R.; BARTLETT, R. M.; BENNETT, S. Research design and statistics in biomechanics and motor control. **Journal of Sports Sciences**, v.19, n.10, p.739-760, 2001.

NEWELL, K. M. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M.; WHITING, H. T. A. (Orgs.). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986, p.341-359.

NILSSON, N. Artificial intelligence prepares for 2001. **The AI Magazine**, v.1, p.7-14, 1983.

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.

ORTH, D.; DAVIDS, K.; ARAÚJO, D.; RENSHAW, I.; PASSOS, P. Effects of a defender on run-up velocity and ball speed when crossing a football. **European Journal of Sport Science**, v.14, (supl.1), p.S316-S323, 2014.

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.; 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.

PASSOS, P.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K. Self-organization processes in field-invasion team sports. **Sports Medicine**, v.43, p.1-7, 2013.

PASSOS, P.; DAVIDS, K. Learning design to facilitate interactive behaviours in team sports. **RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte**, v.11, n.39, p.18-32, 2015.

PASSOS, P.; DAVIDS, K.; ARAÚJO, D.; PAZ, N.; MINGUÉNS, J.; MENDES, J. Networks as a novel tool for studying team ball sports as complex social systems. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.14, p.170-176, 2011a.

PASSOS, P.; MILHO, J.; FONSECA, S.; BORGES, J.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K. Interpersonal distance regulates functional grouping tendencies of agents in team sports. **Journal of Motor Behavior**, v.43, n.2, p.155-163, 2011b.

PEPPING, G.-J.; HEIJMERIKX, J.; DE POEL, H. J. Affordances shape pass kick behavior in association football: effects of distance and social context. **Revista de Psicología del Deporte**, v.20, n.2, p.709-727, 2011.

PERL, J.; GRUNZ, A.; MEMMERT, D. Tactics analysis in soccer: an advanced approach. **International Journal of Computer Science in Sport**, v.12, n.1, p.33-44, 2013.

PRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDERMIR, T. B. **Redes Neurais Artificiais: teoria e aplicações**, Rio de Janeiro: LTC, 2000.

PRESS, C.; BIRD, G.; FLACH, R.; HEYES, C. Robotic movement elicits automatic imitation. **Cognitive Brain Research**, v. 25, n. 3, p. 632-640, 2005.

RAMPININI, E.; IMPELLIZZERI, F. M.; CASTAGNA, C.; AZZALIN, A.; BRAVO, D. F.; WISLKFF, U. Effect of match-related fatigue on short-passing ability in young soccer players.

Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 40, n. 5, p. 934-942, 2008.

REED, E. S. Applying the theory of action systems to the study of motor skills. In: MEIJER, O. G.; ROTH, K. (Orgs.). **Complex Movement Behaviour: 'The' motor-action controversy**. Elsevier Science Publishers B.V.: North-Holland, 1988. p.45-86.

RIC, A.; HRISTOVSKI, R.; GONÇALVES, B.; TORRES, L.; SAMPAIO, J.; TORRENTS, C. Timescales for exploratory tactical behaviour in football small-sided games. **Journal of Sports Sciences**, p. 1-8, 2016.

RICHARDSON, M.; GARCIA, R.; FRANK, T.; GERGOR, M.; MARSH, K. Measuring group synchrony: a cluster-phase method for analyzing multivariate movement time-series. **Frontiers in Physiology**, v.3, n.405, p.1-10, 2012.

RILEY, M. A.; RICHARDSON, M. J.; SHOCKLEY, K.; RAMENZONI, V. C. Interpersonal synergies. **Frontiers in Psychology**, v. 2, p.1-7, 2011.

RITSCHARD, G. **CHAID and earlier supervised tree methods**. Institute for Demographic and Life Course Science, University of Geneva, 2010.

RIZZOLATTI, G.; CRAIGHERO, L. The mirror-neuron system. **Annual Review of Neuroscience**, v.27, p.169-192, 2004.

RUSSELL, M.; BENTON, D.; KINGSLEY, M. Reliability and construct validity of soccer skills tests that measure passing, shooting, and dribbling. **Journal of Sports Sciences**, v.28, n.13, p.1399-1408, 2010.

SAMPAIO, J.; MAÇÃS, V. Measuring tactical behaviour in football. **International Journal of Sports Medicine**, v.33, n.05, p.395-401, 2012.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, v.82, n.4, p.225-260, 1975.

SCHMIDT, R. C.; FITZPATRICK, P.; CARON, R.; MERGECHÉ, J. Understanding social motor coordination. **Human Movement Science**, v.30, n.5, p.834-845, 2011.

SCHMIDT, R. C.; O'BRIEN, B.; SYSKO, R. Self-organization of between-persons cooperative tasks and possible applications to sport. **International Journal of Sport Psychology**, v.30, p.558-579, 1999.

SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T. M. H.; JEKA, J. J. Action-perception patterns emerge from coupling and adaptation. **Ecological Psychology**, v.10, n.3-4, p.323-346, 1998.

SEIFERT, L.; BUTTON, C.; DAVIDS, K. Key properties of expert movement systems in sport. **Sports Medicine**, v.43, n.3, p.167-178, 2013.

SEIFERT, L.; KOMARA, J.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K. Neurobiological degeneracy: a key property for functional adaptations of perception and action to constraints. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.69, p.159-165, 2016.

SILVA, P.; CHUNG, D.; CARVALHO, T.; CARDOSO, T.; DAVIDS, K.;

ARAÚJO, 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.; ARAÚJO, 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, 2014a.

SILVA, P.; GARGANTA, J.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; AGUIAR, P. Shared knowledge or shared affordances? Insights from an ecological dynamics approach to team coordination in sports. **Sports Medicine**, v.43, n.9, p.765-772, 2013.

SILVA, P.; TRAVASSOS, B.; VILAR, L.; AGUIAR, P.; DAVIDS, K.; ARAÚJO, D.; GARGANTA, J. Numerical relations and skill level constrain co-adaptive behaviors of agents in sports teams. **PLoS One**, v.9, n.9, p.e107112, 2014b.

STÖCKL, M.; CRUZ, D.; DUARTE, R. Modelling the tactical difficulty of passes in soccer. In: **Proceedings of the 10th**

International Symposium on Computer Science in Sports (ISCSS). Springer International Publishing. 2016. p.139-143.

TENGA, A.; HOLME, I.; RONGLAN, L. T.; BAHR, R. Effect of playing tactics on achieving score-box possessions in a random series of team possessions from Norwegian professional soccer matches. **Journal of Sports Sciences**, v.28, n.3, p.245-255, 2010.

TREHERNE, J. E.; FOSTER, W. A. Group transmission of predator avoidance behaviour in a marine insect: the Trafalgar effect. **Animal Behaviour**, v.29, n.3, p. 911-917, 1981.

TRAVASSOS, B.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; ESTEVES, P. T.; FERNANDES, O. Improving passing actions in team sports by developing interpersonal interactions. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v.7, n.4, p.677-688, 2012a.

TRAVASSOS, B.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; O'HARA, K.; LEITÃO, J.; CORTINHAS, A. Expertise effects on decision-making in sport are constrained by requisite response behaviours: A meta-analysis. **Psychology of Sport and Exercise**, v.14, n.2, p.211-219, 2013.

TRAVASSOS, B.; ARAÚJO, 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, p.216-223, 2012b.

TRAVASSOS, B.; ARAÚJO, D.; VILAR, L.; MCGARRY, T. Interpersonal coordination and ball dynamics in futsal (indoor football). **Human Movement Science**, 30: 1245–1259, 2011.

TRAVASSOS, B.; DUARTE, R.; VILAR, L.; DAVIDS, K.; ARAÚJO, D. Practice task design in team sports: Representativeness enhanced by increasing opportunities for action. **Journal of Sports Sciences**, v.30, n.13, p.1447-1454, 2012c.

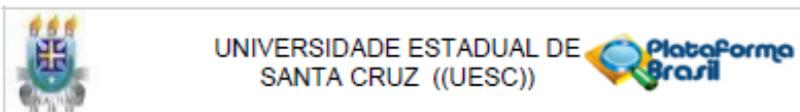
TSO, G. K. F.; YAU, K. K. W. Predicting electricity energy consumption: a comparison of regression analysis, decision tree and neural networks. **Energy**, v.32, n.9, p.1761-1768, 2007.

- TURVEY, M. T. Action and perception at the level of synergies. **Human Movement Science**, v.26, p.657-697, 2007.
- TURVEY, M. T. Affordances and prospective control: an outline of the ontology. **Ecological Psychology**, v.4, p.173-187, 1992.
- TURVEY, M. T.; SHAW, R. Ecological foundations of cognition I: symmetry and specificity of animal-environment systems. **Journal of Consciousness Studies**, v.6, n.11-12, p.95-110, 1999.
- 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, 2012a.
- VILAR, L.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; TRAVASSOS, B. Constraints on competitive performance of attacker–defender dyads in team sports. **Journal of Sports Sciences**, v.30, n.5, p.459-469, 2012b.
- 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, 2014a.
- VILAR, L.; ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.; YANEER, B-Y. Science of winning soccer: emergent pattern-forming dynamics in association football. **Journal of Systems Science and Complexity**, v.26, n.1, p.73-84, 2013.
- VILAR, L.; ARAÚJO, D.; TRAVASSOS, B.; DAVIDS, K. Coordination tendencies are shaped by attacker and defender interactions with the goal and the ball in futsal. **Human Movement Science**, v.33, p.14-24, 2014b.
- 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** 17, 223-228, 2014.
- WARREN, W. H. The dynamics of perception and action. **Psychological Review**, v.113, n.2, p.358-389, 2006.
- WINTER, D. A. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2005.

WITHAGEN, R.; POEL, H. J.; ARAÚJO, D.; PEPPING, G-J.
Affordances can invite behavior: reconsidering the relationship
between affordances and agency. **New Ideas in Psychology**,
v.30, n.2, p.250-258, 2012.

ANEXO

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DE DESEMPENHO ESPORTIVO BASEADO NOS PADRÕES DINÂMICOS DO COMPORTAMENTO MOTOR

Pesquisador: Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Menuchi

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 28947714.7.0000.5526

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Santa Cruz

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 632.980

Data da Relatoria: 30/04/2014

Apresentação do Projeto:

O protocolo CAAE número 28947714.7.0000.5526 se trata do projeto de pesquisa intitulado ANÁLISE DE DESEMPENHO ESPORTIVO BASEADO NOS PADRÕES DINÂMICOS DO COMPORTAMENTO MOTOR, de autoria do prof. Marcos Menucchi e colegas. O projeto incluirá o estudo bibliográfico seguido de um estudo experimental caracterizado por observação e análise de desempenho em diferentes modalidades esportivas relacionadas aos movimentos e comportamentos (fisiológicos, psicológicos, técnicos e táticos) de jogadores de modalidades esportivas, tendo em vista que estes parâmetros são utilizados para a tomada de decisão dos treinadores, descoberta de talentos e o interesse teórico na estrutura dos jogos.

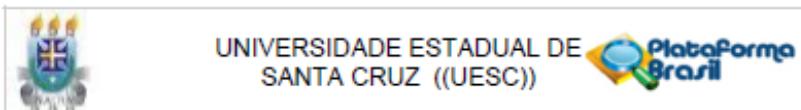
Objetivo da Pesquisa:**2.1. Geral**

Compreender os fatores subjacentes à emergência de comportamentos motores no contexto esportivo.

2.2. Específicos

(a) Apresentar uma matriz teórica baseada na teoria dos sistemas dinâmicos e da abordagem

Endereço: Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho			
Bairro: CENTRO		CEP: 45.662-900	
UF: BA	Município: ILHEUS		
Telefone: (73)3680-5319	Fax: (73)3680-5319	E-mail: oep_uesc@uesc.br	



Continuação do Parecer: 632.980

- ecológica que fundamente a análise, interpretação e compreensão do desempenho esportivo;
- (b) Descrever uma metodologia de coleta e análise de dados para a descrição do comportamento motor esportivo;
- (c) Identificar, descrever e manipular potenciais candidatos a parâmetros de ordem e de controle do contexto de ação baseado em ferramentas dos sistemas dinâmicos e ecológicos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Todos os riscos de acidentes na participação nas atividades esportivas, tais como quedas, raspões ou tropeços poderão acontecer. Contudo, em todos os momentos o pesquisador responsável estará presente e orientando todas as atividades. Além disso, a UESC possui um setor para atendimentos emergenciais localizado no Pavilhão Jorge Amado, que poderá ser requisitado se necessário. O pesquisador estará preparado para atender a qualquer eventualidade e será responsável por quaisquer danos, incluindo ressarcimentos, reparação de danos e indenizações.

Benefícios:

Os dados obtidos nesta pesquisa poderão possibilitar novos indicadores de desempenho no esporte que poderão implicar no desenvolvimento/aprimoramento de metodologias de ensino-aprendizagem-treinamento dos esportes, protocolos de avaliação, bem como indicadores para a detecção de novos talentos esportivos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa tem importância no campo de atuação dos pesquisadores e poderá trazer aprimoramento dos indicadores de novos talentos no esporte.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os autores apresentam todos os termos previstos para a realização da pesquisa, com alterações solicitadas por este CEP.

Recomendações:

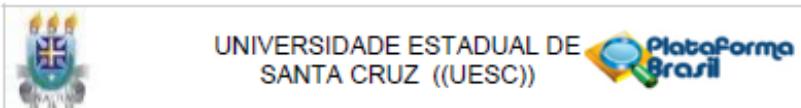
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As solicitações de esclarecimento e adequações solicitadas pela relatoria foram prontamente atendidas pelo pesquisador e foram pela aprovação do protocolo em tela.

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho
 Bairro: CENTRO CEP: 45.662-900
 UF: BA Município: ILHEUS
 Telefone: (73)3680-5319 Fax: (73)3680-5319 E-mail: cep_uesc@uesc.br



Continuação do Parecer: 632.960

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê de Ética em Pesquisa da UESC avaliou as respostas ao parecer com pendências de número 610.514 e considerou que todos os aspectos atinentes foram respondidos. A decisão final para este protocolo é portanto favorável a APROVAÇÃO.

ILHEUS, 01 de Maio de 2014

Assinador por:
Aline Oliveira da Conceição
(Coordenador)

Endereço: Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho
Bairro: CENTRO CEP: 45.662-900
UF: BA Município: ILHEUS
Telefone: (73)3680-5319 Fax: (73)3680-5319 E-mail: cep_uesc@uesc.br

APÉNDICE

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (MAIOR DE IDADE)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do Estudo: *Análise de desempenho esportivo baseado nos padrões do comportamento motor*
Conduzido por: *Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Menuchi*

Prezado (a):

Venho por meio deste Termo convidá-lo(a) a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa que pretende verificar como os movimentos no esporte são realizados. Para verificar isso, você participará de algumas atividades que envolvem situações de interação com outros jogadores, como drible, controle de posse de bola, passes, etc. Estas atividades serão filmadas para depois analisarmos todo o seu deslocamento ao longo das situações vivenciadas. Por meio deste deslocamento poderemos analisar qual a velocidade, caminhos percorridos e espaços ocupados. Após estas análises as imagens serão descartadas, deletando-as do computador, pois apenas os dados numéricos serão utilizados na pesquisa. As atividades serão realizadas no Parque Desportivo da Universidade Estadual de Santa Cruz. A ida e volta à UESC será paga por nós (passe de ônibus), mas você ficará responsável pelo deslocamento. As atividades não deverão demorar mais que 1 hora. Em todos os momentos um examinador estará presente e orientando as atividades. Todos os riscos de acidentes na participação nas atividades propostas, tais como quedas, raspões ou tropeços poderão acontecer. Contudo, o examinador estará preparado para atender a qualquer eventualidade comum destas atividades do dia-a-dia. Caso ocorra algum acidente, a UESC possui um local para atendimentos emergenciais e você será levado(a) rapidamente. Toda a responsabilidade da coleta dos dados é do pesquisador Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Menuchi.

Para finalizar, gostaria de informar que a sua participação neste estudo será muito importante, pois as informações sobre a movimentação nas atividades propostas poderão auxiliar no desenvolvimento de estratégias para o ensino e avaliação dos esportes, bem como para a identificação de novos talentos esportivos. Você será informado(a) sobre os resultados deste estudo logo após sua finalização.

Caso você concorde em participar desse estudo, os dados registrados e algumas informações como data de nascimento e histórico clínico serão utilizadas, única e exclusivamente para ensino e pesquisa. Você receberá um código, o que assegurará que a sua identidade seja mantida confidencial.

CÓDIGO:

Consentimento de Participação

Eu, _____, li as informações acima e os pesquisadores me informaram os procedimentos envolvidos no estudo. Eu recebi respostas satisfatórias a todas as minhas indagações relativas ao estudo e estou consciente de que posso retirar-me do experimento a qualquer hora e por qualquer razão. Assim, autorizo que os dados coletados neste estudo sejam utilizados somente para fins de ensino e pesquisa.

A rogo de _____, assinam como testemunhas

Impressão datiloscópica

Ilhéus, _____ de _____ de 2014.

Contato do pesquisador responsável

Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Menuchi / Telefone: (73) 9156-4226 / E-mail: mmnesc@gmail.com

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC
 Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho - Torre Administrativa - 3º andar - Ilhéus-Bahia
 Horário de Funcionamento: Segunda a Sexta-feira das 8:00 às 12:00h e 13:30 às 16:00h
 Telefone: (73) 3680-5319; E-mail: cep_uesc@uesc.br / cep_uesc@yahoo.com.br

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (MENOR DE IDADE)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do Estudo: *Análise de desempenho esportivo baseado nos padrões do comportamento motor*
Conduzido por: *Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Memuchi*

Prezado(a) Senhor(a):

O (a) menor sob sua responsabilidade legal está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa que pretende verificar como os movimentos no esporte são realizados. Para verificar isso, ele(a) participará de algumas atividades que envolvem situações de interação com outros jogadores, como dribble, manuseio de posse de bola, passes, etc. Estas atividades serão filmadas para depois analisarmos o deslocamento ao longo das situações vivenciadas. Por meio deste deslocamento poderemos analisar qual a velocidade, caminhos percorridos e espaços ocupados. Após estas análises as imagens serão descartadas, deletando-as do computador, pois apenas os dados numéricos serão utilizados na pesquisa. As atividades serão realizadas no Parque Desportivo da Universidade Estadual de Santa Cruz. A ida e volta à UESC será paga por nós (passe de ônibus), mas o senhor(a) ficará responsável pelo deslocamento. As atividades não deverão demorar mais que 1 hora. Em todos os momentos um examinador estará presente e orientando as atividades. Todos os riscos de acidentes na participação nas atividades propostas, tais como quedas, raspões ou tropeços poderão acontecer. Contudo, o examinador estará preparado para atender a qualquer eventualidade comum destas atividades do dia-a-dia. Caso ocorra algum acidente, a UESC possui um local para atendimentos emergenciais e você e o menor sob sua responsabilidade serão levados(as) rapidamente. Toda a responsabilidade da coleta dos dados é do pesquisador Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Memuchi.

Para finalizar, gostaria de informar que a participação neste estudo será muito importante, pois as informações sobre a movimentação nas atividades propostas poderão auxiliar no desenvolvimento de estratégias para o ensino e avaliação dos esportes, bem como para a identificação de novos talentos esportivos. Vocês serão informados sobre os resultados deste estudo logo após sua finalização.

Caso você concorde que o(a) menor sob sua responsabilidade participe desse estudo, os dados registrados e algumas informações como data de nascimento e histórico clínico serão utilizadas, única e exclusivamente para ensino e pesquisa. Ele(a) receberá um código, o que assegurará que a sua identidade seja mantida confidencial.

CÓDIGO:

Consentimento de Participação

Eu, _____, responsável legal por _____, li as informações acima e o pesquisador me informou os procedimentos envolvidos no estudo. Eu recebi respostas satisfatórias a todas as minhas indagações relativas ao estudo e estou consciente de que posso retirar do experimento o(a) menor, o(a) qual sou responsável, a qualquer hora e por qualquer razão. Assim, autorizo que os dados coletados neste estudo sejam utilizados somente para fins de ensino e pesquisa.

A rogo de _____, assinam como testemunhas

Impressão datiloscópica



Ilhéus, _____ de _____ de 2014.

Contato do pesquisador responsável

Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Memuchi / Telefone: (73) 9156-4226 / E-mail: mmuesc@gmail.com

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC
 Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho - Torre Administrativa - 3º andar - Ilhéus-Bahia
 Horário de Funcionamento: Segunda a Sexta-feira das 8:00 às 12:00h e 13:30 às 16:00h
 Telefone: (73) 3680-5319; E-mail: cep_uesc@uesc.br / cep_uesc@yahoo.com.br

APÊNDICE C – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (MENOR DE IDADE)

Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

Título do Estudo: *Análise de desempenho esportivo baseado nos padrões do comportamento motor*
Conduzido por: *Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Memuchi*

Olá,

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa da Universidade Estadual de Santa Cruz que pretende verificar como são realizados os movimentos no esporte. Para verificar isso, você participará de algumas atividades comuns de suas brincadeiras e jogos cotidianos. Estas atividades envolvem situações de jogos com outros jogadores, como drible, controle de bola, passes, etc. Durante as atividades, seus movimentos serão filmados para depois serem analisados. Quero ver para onde e como você se movimentava durante o jogo. Seu movimento dera transformado em números para calcular a velocidade e os espaços no jogo. Após estas análises as imagens serão descartadas, deletando-as do computador, pois apenas os dados numéricos serão utilizados na pesquisa. As atividades serão realizadas no Parque Desportivo da Universidade Estadual de Santa Cruz. Você deverá ir e voltar da UESC com seus pais ou responsáveis, e nunca sozinho. As atividades não deverão demorar mais que 1 hora. Em todos os momentos um examinador estará presente e orientando você nas atividades. Caso você se machuque, não se preocupe, pois o examinador estará preparado para ajudá-lo. Se precisar, a UESC possui um local para fazer curativos. Meu nome é Marcos e sou responsável por tudo que aconteça com você durante as atividades que realizará na UESC.

Gostaria de informar que sua participação será muito importante, pois as informações sobre a movimentação nas atividades poderão ajudar na montagem de aulas de esporte, avaliações no esporte e a procura de bons esportistas. Assim que terminar o estudo, seus pais ou responsáveis receberão os resultados.

Caso você aceite participar desse estudo, as filmagens das atividades e algumas informações pessoais como data de nascimento e histórico clínico serão utilizadas apenas para o ensino e para a pesquisa. Seu nome não será divulgado.

CÓDIGO:

Consentimento de Participação

Eu, _____, li as informações acima e o pesquisador me informou os procedimentos envolvidos no estudo. Todas as minhas perguntas foram respondidas e eu entendi tudo o que vou fazer. Sei também que posso sair quando quiser. Assim, gostaria de participar deste estudo.

A rogo de _____, assinam como testemunhas

Impressão datiloscópica



Ilhéus, ____ de _____ de 2014.

Contato do pesquisador responsável

Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Memuchi / Telefone: (73) 9156-4226 / E-mail: mmuesc@gmail.com

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC
 Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho - Torre Administrativa - 3º andar - Ilhéus-Bahia
 Horário de Funcionamento: Segunda a Sexta-feira das 8:00 às 12:00h e 13:30 às 16:00h
 Telefone: (73) 3680-5319; E-mail: cep_uesc@uesc.br / cep_uesc@yahoo.com.br