



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

RODRIGO FREIRE DE ALMEIDA

**A CONTRIBUIÇÃO DA INGESTÃO AGUDA E
MODERADA DE CAFEÍNA PARA O DESEMPENHO
COGNITIVO E TÁTICO DE JOGADORES DE FUTEBOL
PROFISSIONAL**

VITÓRIA
2020

RODRIGO FREIRE DE ALMEIDA

**A CONTRIBUIÇÃO DA INGESTÃO AGUDA E
MODERADA DE CAFEÍNA PARA O DESEMPENHO
COGNITIVO E TÁTICO DE JOGADORES DE FUTEBOL
PROFISSIONAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física do Centro de Educação Física e Desportos, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a defesa do doutorado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Guimarães Ferreira

VITÓRIA
2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

D278c de Almeida, Rodrigo Freire, 1980-
A CONTRIBUIÇÃO DA INGESTÃO AGUDA E
MODERADA DE CAFEÍNA PARA O DESEMPENHO
COGNITIVO E TÁTICO DE JOGADORES DE FUTEBOL
PROFISSIONAL / Rodrigo Freire de Almeida. - 2020.
164 f. : il.

Orientador: Lucas Guimarães Ferreira.
Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Educação Física e Desportos.

1. Recursos Ergogênicos. 2. Tomada de Decisão. 3. Fadiga.
4. Funções Executivas. 5. Princípios Táticos Fundamentais. I.
Ferreira, Lucas Guimarães. II. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU: 796

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Dedicatória

Dedico esse trabalho à minha família, aos meus pais, irmãos e familiares.

À família da minha esposa que me acolheu bem.

Aos meus amigos distantes de todo Brasil e de Portugal a incluir do Futebol.

Aos amigos, colegas, professores e funcionários do Piriquinho Verde – RJ, Colégio Alfredo Backer - RJ, Colégio Nossa Senhora das Dores – RJ, Colégio Castelo Branco – RJ, Colégio Imaculada Conceição – AL, Colégio Vasco Coutinho – ES, Colégio Godofredo Schneider – ES, Centro Educacional Radier – ES, Centro Universitário Vila Velha – ES, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto – PORTUGAL, Escola de Educação Física e Desportos da UFRJ (agradecimento especial ao Prof. Dr. Fernando Pompeu e aos meus colegas e funcionários do Ladebio).

Gostaria de agradecer a todos do Centro de Educação Física e Desportos da UFES, em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Lucas Guimarães Ferreira. A este digo: “procurei por vagas no doutorado em várias universidades do país (RS, RJ, SP, MG e aqui no ES). Você foi o único que acreditou em mim. Ainda mais sem me conhecer, foi um voto de confiança extremamente importante. A grande e inesquecível oportunidade da minha vida acadêmica. Obrigado! Não poderia esquecer os meus colegas, professores e funcionários do NUPEM, LAFIBE, LAFEX e LAFEC. Ainda abraços e agradecimentos aos meus colegas dos grupos de Estudo em Neuromodulação (liderado pela Profas. Dras. Esther Nakamura e Lívia e Prof. Dr. Fernando Zanela), ao Grupo de Fisiologia Muscular e ao GECIF – Grupo de Futebol da UFES. A todos, muito obrigado.

O meu agradecimento se estende, ainda, aos funcionários e colegas do INADES, aos mesmos do Centro Universitário Claretiano – ES, da Associação Vitoriana de Ensino Superior (IESFAVI), da Faculdade do Futuro – Manhuaçu – MG. Foram oportunidades cedidas que me fizeram experimentar a lecionar e a crescer como professor.

À CAPES pelo apoio financeiro. Que mesmo com as dificuldades orçamentárias, esta instituição continua honrando a memória do Professor Anísio Teixeira. Principalmente no grande desafio, encabeçado desde 1951, no apoiar algo que **NUNCA** foi prioridade no Brasil: “A Educação”, embora com ênfase no ensino superior.

Restam algumas sentenças finais:

- Um profundo agradecimento aos que entendem que “a **vida não cabe no lattes** e tampouco na paranoia do *qualis* e/ou em patotinhas acadêmicas”.

- Por tal razão, agradeço aqueles que **não sucumbiram a vaidade acadêmica** e a ânsia de destaque profissional pelo **acúmulo exacerbado do capital simbólico** (ver Pierre Bourdieu). **Este capital não é carta branca para subjugar ao próximo e nem os outros saberes.** Nem tudo se trata de prestígio acadêmico. “*Se liga! Mas antes ligue o cérebro! Respeite para ser respeitado*”.
- **Agradeço** aos que **permitiram a manifestação exponencial de talentos científicos** e que não desonraram os propósitos científicos e pedagógicos jurados deontologicamente. Há **Educação** na **Educação Física**. Não se tratam de números, nem apenas de fisiologia. Não existe $\frac{1}{2}$ ou 30% de ser humano e, tampouco, o ser humano é apenas a sua *physiqué*. Por isso, formar o ser humano/profissional é formar o *piloto* (ver *Os Lusíadas* de **Luís de Camões**) das pretensões acadêmicas de qualquer programa de pós-graduação da **Educação Física** (e não só).
- **Agradeço aqueles** que, por estas *boas posturas*, **não desestimularam novos cientistas e garantiram a formação e atuação de qualidade dos futuros profissionais.** Estes, ao meu ver, **evitam o atraso, da já atrasada ciência no país (e na região).** Isso impacta, positivamente, no *modus operandi* dos profissionais/pessoas da área. Dado que a qualificação os conduzirá (sendo *Positivista* segundo Augusto Comte) para uma **melhoria geral** (assim espero).
- Penso que: “**o bom professor é aquele que não só ensinam conteúdos, e sim mostram direções**”. Este é (e deve ser) o exemplo de conduta moral e ética, um modelo social (ver Albert Bandura). **Deve ser ao menos educado!** E atento ao fato de que grande parte da aprendizagem dos seus alunos é **TÁCITA** (ver Michael Polanyi). Assim, o “*estudante tem que caminhar, o professor/orientador não é babá*”.
- Nesse sentido, realço que o *bom professor* é “... **aquele que nunca esqueceu que foi aluno**” (segundo o Prof. Dr. Antônio Maia da FADEUP- PORTO - PORTUGAL). O *bom professor* é **rigoroso, firme, honesto, humilde, flexível e gentil**. Porque procura, promove e exige excelência. **Procura avaliar de forma mediadora** (ver *Avaliação Mediadora* de Jussara Hoffmann) e entende que a **nota máxima ou mínima não reproduz o conhecimento ou desconhecimento** e que este (des)conhecimento é **dinâmico**. Entende que **a aprendizagem é complexa, individual e também coletiva, e não-linear** (ver *Complexidade e Aprendizagem. A Dinâmica não Linear do Conhecimento* de Pedro Demo). O professor ensina **tão bem no básico como no detalhe**. Vê o aluno como estudante, como colega e o convida a ser **coparticipador/coprotagonista** do ambiente de ensino-aprendizagem-aula (ver *Iniciação Esportiva Universal* de GRECO & BENDA). O professor cativa o estudante

emocionalmente. E, acima de tudo, **continua aprendendo** ao entender que: “**Não se faz doutor/mestre/professor/profissional/pesquisador sem muitas horas/aulas como aluno**”. E “**não se faz boa aula sem que se aprenda ou se debata com os alunos**”, portanto, se trata de saber ser **democrático e autocrático** quando conveniente, **respeitando os diferentes saberes e orientações** (*sejam elas quais forem*).

- O bom professor reconhece a importância de **assistir mais aulas**, de compartilhar mais informações, **de fazer mais parcerias** e *menos picuinhas*, de **escutar mais e aprender com os colegas** (a incluir os práticos [que têm muito a ensinar]) e, sobretudo, **aprende a aprender com os seus alunos**. O bom professor **acredita e orienta os sonhos/viagens dos alunos**, mesmo que não sejam os seus. Auxilia no fornecimento de um ou vários **sentidos** a estes sonhos, e **permite novas ou outras interpretações da realidade observada** (*processo criativo*). Assim, **ensina a perspectivar cientificamente** com cautela em relação ao **determinismo** (ver *O que é ciência afinal?* De Alan Chalmers; ver *A Estrutura das Revoluções Científicas* de Thomas Kuhn e ver *Introdução ao Pensamento Complexo* de Edgar Morin).
- Agradeço, em especial, aos professores que lutam contra o ‘Efeito Pigmaleão!’” (ver *Psicologia da Educação*). Porque, sem querer ser *relativista absoluto*: “**o potencial existe em todos, logo, descubra! Ou ensine a ser descoberto**”. Por isso, destaco: “ou *aluno/professor está viajando ou aluno/professor que não está entendendo. O que será?*”
- Meus agradecimentos se estendem a quem considera que: “**quem só sabe medicina, nem medicina sabe**” (ver Abel Salazar). Em relação a todo conteúdo informacional (ver *Leis da Termodinâmica, teoria da Informação e Cibernética*): “primeiro, estranha-se, depois entranha-se” (ver *slogan* de Fernando Pessoa). Por isso, a área **Pedagógica e Sociocultural tem sede de Biodinâmica e VICE-VERSA**. Por esta razão, pergunto: “*o mais importante é o **todo** ou a sua vaidade?*” Portanto, apelo que a Educação Física, o Futebol e a vida seja visto pelo **caleidoscópio da complexidade e, da diversidade** (ver *Desporto. Discurso e Substância* de Jorge Olimpo Bento). Porque o Cartesianoismo Laboral/Científico e na/da Vida é uma **Cegueira Científica e no/do Viver** (ver Edgar Morin e Vitor Frade).
- E por falar em cegueira, “**se podes olhar, vê. Se podes ver, repara**” (ver *Ensaio sobre a Cegueira* de José Saramago).

Epígrafe

Do processo seletivo...
Às primeiras porradas...
Nos desafios das disciplinas...
Às primeiras enxurradas...
Do nascimento de uma filha...
Para mais desafios...
Uma esposa sempre aflita...
Entre seminários e livros...
Das viagens intermináveis...
Aos sonhos nos ônibus...
De água branca fui conduzido...
Aos créditos medonhos...
Dessas dívidas intermináveis...
Mais dificuldades financeiras...
Das humilhações por não ter dinheiro...
É uma realidade brasileira...
Ao fim de outro mestrado...
Em concomitância com as coletas...
Surpresas (des)agradáveis...
É o doutorado que te espera...
Que inesquecível é...
Assim como a minha mulher...
Que reclama da minha ausência...
E viajar ela quer...
P'ros EUA ela foi...
E no Brasil eu fiquei...
Por seis meses a tratar os dados...
A quarentena, antecipei...
Dos 68 créditos das disciplinas...
Fiz das cadeiras a minha sina...
A ansiar por sinal de vida...
Do devido reconhecimento, que não veio ainda...
Todavia, embora com gosto de aventura...
E com incêndios na gravura...
Até saudades sentirei, ora pois...
Do doutorado, porventura...
Almeida, 2020

Lista de Figuras

Figura 1 – Desenho experimental do estudo 1.....	59
Figura 2. Mensuração da FC durante os Jogos Reduzidos em condição de PLA e CAF.....	61
Figura 3. Classificação da PSE durante os cinco Jogos Reduzidos em condição de PLA e CAF.....	61
Figura 4. Desempenho no Teste de Stroop antes e depois dos cinco Jogos Reduzidos nas condições PLA e CAF.....	63
Figura 5. Layout do software FUTSAT (COSTA, 2010).....	70
Figura 6. Posição da câmera e colocação dos jogadores no espaço. GK: goleiro (COSTA et al., 2010).....	73
Figura 7. Referências espaciais do jogo 3+GOLx3xGOL (COSTA et al., 2010).....	73
Figura 8. Desenho experimental do estudo 2.....	75
Figura 9. A) Frequência cardíaca em repouso e após cinco jogos reduzidos; B) Avaliação da percepção de esforço após cinco jogos reduzidos.....	77
Figura 10. Total de Tomada de Decisão nos jogos realizados. 80	
Figura 11. A) Posse de Bola (total) em segundos (seg.); B) Posse de bola em cada jogo em segundos (seg.).....	80
Figura 12. A) Sucesso ofensivo total; B) Total de erros ofensivos; C) Sucesso defensivo total; D) Total de erros defensivos.....	87

Lista de Tabelas

TABELA 1. CONTROLE DO CEGAMENTO (ESTUDO 1).....	60
TABELA 2. CONTROLE DO CEGAMENTO (ESTUDO 2).....	76
TABELA 3. FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE O PROTOCOLO.....	79
TABELA 4. PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO DURANTE O PROTOCOLO.....	79
TABELA 5. DESEMPENHO GERAL EM QUANTIDADE DE TOMADA DE DECISÃO.....	81
TABELA 6. DESEMPENHO GERAL EM QUANTIDADE DE TOMADA DE DECISÃO.....	81
TABELA 7. Resultados dos princípios táticos centrais do futebol (Teoldo et al. 2017) caracterizando princípios ofensivos jogados dentro e fora do centro do jogo.....	87
TABELA 8. Resultados dos princípios táticos centrais do futebol (Teoldo et al. 2017) caracterizando princípios Defensivos jogados dentro e fora do centro do jogo.....	88
TABELA 9. TOTAL DOS PRINCÍPIOS TÁTICOS FUNDAMENTAIS DO JOGO DE FUTEBOL – MOMENTO OFENSIVO.....	91
TABELA 10. TOTAL DOS PRINCÍPIOS TÁTICOS FUNDAMENTAIS DO JOGO DE FUTEBOL – MOMENTO DEFENSIVO.....	92

Lista de Quadros

QUADRO 1. ADAPTAÇÃO DAS FASES E PRINCÍPIOS DO ATAQUE E DA DEFESA (QUEIRÓZ, 1983 apud GARGANTA; PINTO; 1994; TEOLDO et al; 2017).....	71
--	----

Lista de Abreviaturas e Símbolos

Ácido Gama-Aminobutírico (GABA)

Ácidos Gordos Não-Esterificados (NEFA)

Adenosina 5'-Trifosfato (ATP)

Adrenalina urinária (A),

Alto Respondedores (AR)

Amostra (n)

ANOVA (ANALISE DE VARIÂNCIA)

Aproximadamente ($\sim$)

Arginina (ARG)

Aspartame Aminotransferase (AAT)

Baixo Respondedores (BR)

Bateria de Teste do Sistema de Funções Executivas Delis-Kaplan (D-KEFS)

Bebidas Esportivas Cafeinadas (BEC)

Branched-chain amino acids (BCAA)

Cafeína (CAF)

Capacidade de *Sprints* Repetidos (RSA)

Carboidrato (CHO)

Concentração de Lactato (LAC)

Consumo de Oxigênio (VO_2)

Consumo de Oxigênio de Pico ($\text{VO}_{2\text{pico}}$)

Consumo Máximo de Oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$)

Controle (CON)

Correlação (r)

Corrida de Distância Variável (VDR)

Cortisona urinária (CN)

Creatina Kinase (CK)

Daily Analysis of Life Demands for Athletes (DALDA)

Delta (em Percentis): ($\Delta\%$)

DP: Desvio Padrão

Escala de Ativação (*Felt Arousal Scale* [FAZ])

Eta Square Parcial (η^2)

FC Antes (FCa)

FC Durante o Exercício (FC_{ex}).
FC recuperação (FC_{rep})
Frequência Cardíaca (FC)
Frequência Cardíaca Depois do Treino (FC_d),
Frequência Cardíaca Máxima (FC_{máx})
Glicose Sanguínea (GLI),
Global Positioning System (GPS)
Grama (g)
Inferência Baseada em Magnitudes (MBI)
Índice de Performance Tática (IPT)
Índice de Performance Tática de Jogo (IPTJ).
Índice de Performance Tática Defensiva (IPTD)
Índice de Performance Tática Ofensiva (IPTO)
Individualised TRIMP (iTRIMP)
Intervalo de Confiança (95%) (IC95%)
Jogos Reduzidos (*Small-Sided Games*)
Lactato desidrogenase (LDH)
Localização da Realização da Ação Tática no Campo de Jogo (LR)
Loughborough Intermittent Shuttle Running Test (LIST)
Loughborough Soccer Passing Test (LSPT)
ME: Média
Noradrenalina Urinária (NA),
Porcentagem da Frequência Cardíaca de Repouso (%FCR),
Porcentagem da Frequência Cardíaca de Reserva (%FCR),
Porcentual de Frequência Cardíaca Pico (%FC pico)
Percepção Subjetiva do Esforço (PSE)
Placebo (PLA)
Potência Média (AP)
Potência Pico (PP)
Pressão Arterial (PA)
Pressão Arterial (PA)
Profile of Mood States (POMS)
Qualidade de Realização da Ação Tática (QR)

Realização do Princípio Tático (RP)
Repouso (REP)
Resultado da Ação Tática (RA)
Salto Contramovimento (CMJ)
Salto Vertical (*Sargent Jump*)
Saturação de Oxigênio (OS)
Sistema Nervoso Central (SNC)
Sistema Nervoso Periférico (SNP)
Squat Jump (SJ)
System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT)
Tamanho de Efeito (SE)
Tempo Médio de Sprint (AST)
Tempo Total (TT),
Teste de Agilidade em Seta (*Arrowhead Agility* [CoD em inglês])
Teste de Agilidade em Seta Direita (CoD-R)
Teste de Agilidade em Seta Esquerda (CoD-L),
Teste de Recuperação Intermitente Yo-Yo 1 (Yo-Yo IR1)
The Psychology Experiment Building Language (PEBL)
Total de Erros Defensivos (TEDEF)
Total de Erros Ofensivos (TEOF)
Total de Sucessos Defensivos (TSD)
Total de Sucessos Ofensivos (TSO)
Total no Campo Contrário Defensivo (TCCDEF)
Total no Campo Contrário Ofensivo (TCCOF)
Total Recovery Scale (TQR)
Valor (p)
Variabilidade da FC (VFC)
Yo-Yo intermitente recovery test–level 2 (Yo-YoIR2)

RESUMO

O jogo de futebol e a sua complexidade compreende, basicamente, atividades tático-técnicas, em que todas as demandas da partida ou do treino solicitam, dos jogadores, respostas contundentes para superar os desafios encarados da modalidade. Estas demandas ambientais tendem a perturbar os padrões decisórios dos jogadores influenciando os princípios táticos desempenhados vivenciados em situações de altos níveis de fadiga. Estratégias vem sendo utilizadas na tentativa de atenuar os efeitos deletérios de níveis elevados de fadiga que podem ser atingidos nos jogos. Nesse sentido, os recursos ergogênicos nutricionais recebem destaque por sua grande utilização. Dentre os mais utilizados, encontra-se a cafeína. Os efeitos da ingestão aguda de cafeína sobre a função cognitiva e a capacidade de tomada de decisão durante o jogo de futebol não está totalmente elucidado. Neste sentido, o objetivo da presente tese foi investigar os efeitos da ingestão aguda de cafeína por atletas de futebol de campo sobre o possível déficit cognitivo e capacidade de tomada de decisões. Para tanto, atletas profissionais de futebol de campo foram submetidos a dois experimentos distintos, avaliando os efeitos da cafeína sobre: 1) a atenção seletiva e controle inibitório (utilizando o teste de *Stroop*) antes e após a realização de jogos reduzidos; e 2) capacidade de tomada de decisão (utilizando o programa FUTSAT) durante a realização de jogos reduzidos de futebol. Em cada experimento, os atletas realizaram o protocolo experimental em 3 ocasiões. O primeiro solicitou a familiarização ao protocolo experimental. Na sequência, de forma randomizada, com delineamento cruzado e controle duplo-cego, foram realizados os protocolos sob três condições: 1) Repouso e antes da ingestão de cafeína ou placebo (Estudo 1); 2) 60 minutos após a ingestão de solução contendo cafeína (5 mg/kg^{-1} de massa corporal) (Estudo 1 e 2); e 3) 60 minutos após a ingestão de solução placebo (Estudo 1 e 2). No primeiro estudo, no Teste de Stroop, ocorreram melhorias em termos de velocidade de reação, todavia, o que não foi corroborado na precisão. Todavia, no segundo estudo, ocorreram melhorias na precisão do desempenho tático tanto na condição ofensiva como defensiva para os jogadores na condição cafeína. É possível concluir que a ingestão aguda em dosagem moderada de cafeína melhora o comportamento tático dos jogadores de futebol. Isto implica diretamente, no importante efeito que a dosagem moderada de cafeína tem no desempenho específico dos jogadores de futebol implicando em melhores tempo de reação e maior eficácia tática.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos Ergogênicas; Tomada de Decisão; Fadiga; Funções Executivas; Princípios Táticos Fundamentais.

ABSTRACT

The football game and its complexity basically comprise tactical-technical activities, in which all the demands of the match or training requirements, from the players, strong answers to overcome the challenges faced by the game. These environmental demands tend to disturb the decision-making patterns of the players, influencing the tactical principles performed in situations of high levels of fatigue. Strategies have been used in an attempt to mitigate the deleterious effects of high levels of fatigue that can be achieved in games. In this sense, nutritional ergogenic resources are highlighted for their great use. Among the most used, is caffeine. The effects of acute caffeine intake on cognitive function and decision-making ability during the soccer game are not fully understood. In this sense, the objective of this thesis was to investigate the effects of acute caffeine intake by soccer players on the possible cognitive deficit and decision-making ability. For that, professional soccer players were subjected to two different experiments, evaluating the effects of caffeine on 1) selective attention and inhibitory control (using the Stroop test) before and after playing reduced games; and 2) decision-making ability (using the FUTSAT program) when playing reduced football games. In each experiment, the athletes performed the experimental protocol on 3 occasions. The first requested familiarization with the experimental protocol. Then, in a randomized way, with a cross-design and double-blind control, protocols were performed under three conditions: 1) Rest and before caffeine or placebo ingestion (Study 1); 2) 60 minutes after ingesting a solution containing caffeine (5 mg / kg-1 of body weight) (Studies 1 and 2), and 3) 60 minutes after ingesting a placebo solution (Studies 1 and 2). In the first study, in the Stroop Test, there were improvements in terms of reaction speed, however, which was not corroborated in precision. However, in the second study, there were improvements in the accuracy of tactical performance in both the offensive and defensive conditions for players in the caffeine condition. It is possible to conclude that the acute intake of moderate dosage of caffeine improves the tactical behavior of soccer players. This directly implies the important effect that a moderate dosage of caffeine has on the specific performance of soccer players, resulting in better reaction times and greater tactical effectiveness.

KEYWORDS: Ergogenic Resources; Decision-making; Fatigue; Executive functions; Fundamental Tactical Principles.

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
2. CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3. CAPÍTULO 3 – DELINEAMENTO DA TESE.....	49
4. CAPÍTULO 4 – ESTUDO 1.....	55
5. CAPÍTULO 5 – ESTUDO 2.....	67
6. CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
APÊNDICES.....	133

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O jogo de futebol é um esporte estocástico, com ações intermitentes e de natureza não-linear (GARGANTA, 1997) é predominantemente aeróbio (BANGSBO, 1994) que no seu decorrer apresenta alternâncias de alta e baixa intensidades (COSO et al., 2012) com atividades anaeróbias (BANGSBO, 1994; SVENSSON; DRUST, 2005).

Essas capacidades atreladas à tática, contemplam os movimentos típicos dos jogadores visando obter o gol. Neste sentido, são realizadas múltiplas séries de caminhadas, *jogging*, corrida de moderada e alta intensidades e saltos, envolvendo força, potência, flexibilidade, agilidade, equilíbrio, coordenação motora e mudanças de direção (BANGSBO, 1994).

Tendo em conta a popularidade e competitividade do jogo futebol, se faz necessária a compreensão dos níveis elevados de fadiga obtidos nos jogos e sua influência no desempenho dos futebolistas (FULLER et al., 2006; GABBETT et al., 2014; LAZARUS et al, 2017). Todavia, o desempenho do jogador de futebol está para além das valências físicas do jogo (ALMEIDA, 2012). Por isso, é fundamental uma visão global da complexidade, não-linearidade na variação do ritmo, de movimentos e das tomadas de decisão inerentes ao jogo de futebol (GARGANTA, 2000; McGARRY et al., 2002; MEEUSEN et al., 2006; SILVA et al, 2014). Estas últimas considerações contemplam a influência ambiental, carga externa, sobre a manifestação do desempenho dos jogadores (IMPELLIZZERI et al., 2019).

Entretanto, dentre as várias práticas recreativas e/ou profissionais, se encontram os jogos reduzidos (*Small-Sided Games*) como uma forma recorrente de treinamento em muitos contextos futebolísticos. Estes jogos são utilizados para aumentar a performance dos jogadores nas dimensões físicas, táticas, técnicas e psicológicas (DELLAL; DRUST; LAGO-PENAS, 2012; IAIA; RAMPININI; BANGSBO, 2009; SARMENTO et al., 2018).

Há preocupações nesses jogos, no âmbito do treinamento, relativas ao controle da carga externa e interna para melhorar a performance dos jogadores (AGUIAR et al., 2018; CASAMICHANA; CASTELLANO, 2010). Também, há inquietações sobre a administração de vários tipos de exercícios, a se estender aos hábitos rotineiros tais como o sono, o descanso e as estratégias nutricionais pré e pós-treino (KARABAĞ; TAŞ, 2019). Dentre essas medidas nutricionais, o uso de suplementos é bem amplo no esporte.

Poucos desportistas de elite, em algum momento da sua carreira, não irão experimentar um ou mais destes suplementos nutricionais (MAUGHAN, 1999).

Dentre os auxílios ergogênicos nutricionais comumente utilizados, destaca-se a cafeína (CAF). A CAF é a droga comumente mais consumida no mundo (BURKE, 2008; FREDHOLM et al., 1999; EINÖTHER; GIESBRECHT; 2012) e um dos mais populares no esporte (HESPEL; MAUGHAN; GREENHAFF, 2003; MIELGO-AYUSO et al.; 2019b). Está presente em vários medicamentos, alimentos e bebidas naturais (BURKE, 2008; HESPEL; MAUGHAN; GREENHAFF, 2003; KUKULA-KOCH; WIDELSKI, 2017) podendo também ser sintetizada em laboratório (COSO et al., 2012). Todavia, existem variações culturais relacionadas ao seu consumo (FREDHOLM et al., 1999) e foi estimado que cerca de 70% dos atletas a consomem regularmente (KEISLER; ARMSEY 2006; VOLK; CREIGHTON; 2013).

No entanto, ao longo dos tempos, o aumento da sua ingestão se deu pelo acréscimo de CAF nos alimentos do quotidiano (DOEPKER, et al., 2016). Fatores adicionais contribuíram para isso tais como: a sensação de se sentir acordado, o sabor, aspectos sociais, melhorias na concentração, energia física, melhoria no humor e alívio do estresse (MAHONEY et al., 2018).

A CAF foi retirada da lista de substâncias proibidas pela *World Doping Agency* em 2004 (WADA, 2011). Embora o seu massivo consumo represente um grande desafio para os pesquisadores. Sobretudo pela complexidade dos dados científicos disponíveis que dificulta a formulação de uma regulação clara baseada em evidências científicas (DOEPKER, et al., 2016).

Neste sentido, existem resultados controversos na literatura. Alguns estudos falham em observar efeitos positivos no desempenho atlético (FOSKETT; ALI; GANT, 2009; MAHONEY et al., 2018), enquanto outros relatam efeitos ergogênicos (ASTORINO et al., 2012; DAVIS; GREEN, 2009). Entretanto, dentre os principais achados benéficos, há orientações em torno do aumento da resistência a fadiga em várias modalidades tais como rugby, ciclismo, remadores e outras (BURKE, 2008), tendo como principal eixo a sua ação no sistema nervoso, sobretudo, o central (SNC) (NEHLIG et al., 1992; ASTORINO et al., 2012; GUIMARÃES-FERREIRA et al., 2017; FREDHOLM et al., 1999). Todavia, ainda permanecem muitas questões não respondidas sobre a CAF no esporte (DAVIS et al., 2002; PICKERING; GRGIC, 2019). Estas questões se voltam para a verificação do efeito da CAF em diferentes perspectivas, tais como na diferença entre sexos, no horário do dia, no genótipo, no consumo habitual, no status de treinamento, em

estados ansiolíticos e na recuperação pós-exercício (PICKERING; GRGIC, 2019). É possível notar muitas respostas divergentes pela melhora ou não no desempenho físico (potência e velocidade) ou no desempenho técnico, verificado nos estudos envolvendo CAF no futebol. Isso se estende para o desempenho em outros esportes coletivos (MIELGO-AYUSO et al., 2019).

Estas evidências requerem a investigação dos efeitos da CAF em situações específicas da modalidade, e.g., em jogos reduzidos ou no jogo de futebol formal. Principalmente, como é possível detectar na literatura, pela análise da performance dos jogadores de sob a ingestão aguda de CAF a partir de testes e protocolos com variáveis adaptadas ao jogo de futebol ou de valências físicas conhecidamente importantes para o futebolista. Outra tendência,, notada nesses estudos, é o enfoque nas variáveis fisiológicas, de performance física e técnica. Poucos estudos contemplaram, nos seus protocolos, o jogo de futebol formal e/ou adaptado como variável independente (COSO et al., 2012; GUTTIERRES et al., 2008, 2009, 2013; LARA et al., 2014; PETTERSEN et al., 2014). Embora os propósitos de desfechos fossem diferentes, é importante realçar que muitas atividades analisadas são testes que são relacionados ao jogo de futebol (ANDRADE-SOUZA et al., 2015).

Mielgo-Ayuso et al. (2019) mencionam que o jogo de futebol é um esporte complexo cujas variáveis geralmente investigadas¹ representam uma pequena porção de fatores necessários para se ter sucesso. Mais investigações são necessárias, segundo os autores, para determinar o efeito da CAF em ambientes mais complexos e mais ecológicos, com testes de jogos específicos, envolvendo situações de tomadas de decisão. Uma vez que o processo decisório, é parte integrante da profundidade do jogo de futebol que é, essencialmente, tático (GARGANTA, 1997). Há uma lacuna na literatura sobre essa temática.

Assim, a proposta principal da tese é investigar se a ingestão aguda de cafeína numa dose moderada (5mg/kg^{-1}) por jogadores de futebol pode melhorar o desempenho na função executiva e na capacidade de tomada de decisões durante e após os jogos reduzidos.

As hipóteses contempladas são as seguintes:

- A ingestão aguda de 5 mg/kg^{-1} melhora o desempenho nos níveis de atenção e controle inibitório dos jogadores de futebol.

¹ Existem muitas considerações sobre impossibilidade de se categorizar todas essas variáveis do jogo de futebol (GARGANTA, 1997).

- A ingestão aguda de 5 mg/kg^{-1} melhora a tomada de decisão dos jogadores de futebol na realização dos princípios táticos fundamentais da modalidade.

Logo, a pergunta principal se incide na seguinte passagem: A ingestão aguda de uma dosagem moderada de CAF pode melhorar os níveis de atenção e controle inibitório e, ainda, a capacidade de tomada de decisão em jogos reduzidos dos jogadores de futebol profissionais?

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA

2. CAFEÍNA NO ESPORTE E NO FUTEBOL

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA CAFEÍNA NO ESPORTE

Como realçado anteriormente, a CAF está presente em várias bebidas tal como como o café, chás e refrigerantes, e também em alimentos como o chocolate, em fármacos e suplementos nutricionais para atletas (McLELLAN, 2016; GUIMARÃES-FERREIRA et al, 2017; BURKE, 2008; HESPEL; MAUGHAN; GREENHAFF; 2006). Também pode ser sintetizada em laboratório (DEL COSO, 2012). Pode ser ingerida via oral por alimentos, por cápsulas ou em pó diluído em líquido (ASTORINO et al. 2012) ou em goma de mascar (RANCHORDAS et al., 2018).

Essa substância é uma metilxantina (1,3,7–trimetilxantina) ($C_8H_{10}N_4O_2$) (VOET et al, 2013; KUKULA-KOCH; WIDELSKI, 2017; GUIMARÃES-FERREIRA et al, 2017), constituinte do grupo das xantinas compondo a maior unidade estrutural dos alcalóides de purina (VOET et al, 2013; KUKULA-KOCH; WIDELSKI, 2017; EBRAHIMI et al., 2013; AL REEF et al; 2018). Atua em diversos tecidos como no músculo esquelético, tecido adiposo e, principalmente no SNC (NEHLIG et al., 1992; GUIMARÃES-FERREIRA et al, 2017; SPILLER, 2019).

No SNC a CAF atua como um estimulante em que os seus efeitos primários, se dão pelo aumento da excitabilidade motoneural (KALMAR, 2005; FREDHOLM et al., 1999), facilitando a atividade deste tecido pelo aumento da taxa de disparo e no recrutamento das unidades motoras (GRAHAM, 2001). Esse mecanismo está associado ainda com o aumento da concentração de catecolaminas e de outros neurotransmissores (GRAHAM; SPRIET, 2005). A sua atuação se estende aos núcleos autonômicos simpáticos, diminuindo a ação de neurônios inibitórios (TARNOPOLSKY, CUPIDO, 2000). Com isso, tende a aumentar a Frequência Cardíaca (FC) e a perfusão sanguínea para os músculos (GOLDSTEIN et al., 2010).

Ainda neste tecido, a atuação da CAF é bem ampla (McLELLAN, 2016). Isso gera, em alguns esportes, melhoria da cognição como na atenção, memória e raciocínio, permitindo o tratamento de uma vasta quantidade de *input* dos mecanismos sensórios e processos cognitivos (GANT et al., 2010; EINÖTHER; GIESBRECHT, 2013; McLELLAN, 2016) atuando de forma rápida e aguda (NEHLIG et al., 1992), podendo inclusive melhorar a consolidação da memória a longo prazo (BOROTA et al., 2015).

A sua absorção completa (~99%) se dá entre 30-60 até 120 min após a sua ingestão (GRAHAM, 2001; HESPEL; MAUGHAN; GREENHAFF; 2006; SPILLER, 2019; FREDHOLM et al., 1999; LIMA; FARAH, 2019). E é efetuada em ~20% pelo estômago e ~80% no intestino delgado (LIMA; FARAH, 2019). Esse grau de assimilação depende da motilidade gastrointestinal, da fisiologia individual e do veículo (cápsula, comida, água e etc.)² (SPILLER, 2019; LIMA; FARAH, 2019).

Em termos de dosagem, a relação dose-resposta não é simples. De forma isolada ou combinada com outros substratos (CLARKE; DUNCAN, 2016) as altas dosagens reduzem a performance em alguns testes, todavia, é um estimulante motor nos animais (KAPLAN et al., 1990). Dosagens moderadas (entre 3 ou 4 a 6 mg/kg⁻¹) (McLELLAN, 2016; GUIMARÃES-FERREIRA et al., 2017) têm sido utilizada para favorecer a performance em vários contextos esportivos, como em esportes individuais e coletivos (BURKE, 2008; GOLDSTEIN et al., 2010) e são sugeridas para a prática de futebol (FOSKETT et al., 2009; COSO et al., 2012; MIELGO-AYUSO et al., 2019). Estas dosagens não demonstram efeitos colaterais (ELLIS et al., 2018).

A ação ergogênica depende da responsividade à CAF, além do tipo de exercício físico e da intensidade da prática esportiva (APOSTOLIDIS et al., 2018). Os seus efeitos parecem se relacionar com a resposta inter-individual dos atletas (PICKERING; KIELY, 2018). Como visto, para além da relação com a personalidade (introvertida ou extrovertida), sexo (se relacionando com o ciclo menstrual feminino) e idade, se relaciona com o consumo habitual de CAF, a sua concentração plasmática, gravidez ou com alguma comorbidade (doenças no fígado, nível de tabagismo e/ou alcoolismo) (NEHLIG et al., 1992; FREDHOLM et al., 1999; SPILLER, 2019).

Altos consumidores têm maior tolerância ao consumo da CAF, tendo o seu efeito desportivo influenciado (SPILLER, 2019; NEHLIG et al., 1992) estes ou baixo respondedores, podem ser identificados pela elevada pressão arterial (PA), a concentração de glicerol plasmático, de ácidos gordos não-esterificados (NEFA) e de epinefrina (APOSTOLIDIS et al., 2018).

Entretanto, é importante considerar os estudos da CAF no desempenho futebolístico, uma vez que, os seus efeitos variam de acordo com os objetivos e contextos dos estudos apresentados a seguir. É importante atentar-se ao fato de, até ao momento,

² A velocidade de absorção é lenta em relação à CAF ingerida pelo chocolate ou soda em comparação com um café. Este é mais lento do que a goma de mascar e cápsula. Sujeitos obesos têm taxa de absorção mais rápida do que os sujeitos magros (LIMA; FARAH, 2019).

não ser possível identificar estudos que abordem o desempenho nos aspectos específicos da modalidade.

2.2. ESTUDOS DA AÇÃO DA CAFEÍNA NO DESEMPENHO NO FUTEBOL

É importante entender mais a fundo a relação da CAF em situações de elevada fadiga, em situações simples e complexas (EINÖTHER; GIESBRECHT, 2013) como o jogo de futebol. Einöther; Giesbrecht (2013) citam que há benefícios em ambas as tarefas, simples e complexas em várias funções executivas tais como atenção, orientação e controle executivo. Todavia, há poucas informações definitivas sobre o tema (McLELLAN, 2016; GOTTSSELIG et al. 2006). Logo, a compreensão dos efeitos da ingestão de CAF sobre a capacidade cognitiva, em situações de fadiga, pode ser de grande valia para determinar seu potencial como auxílio ergogênico para atletas de esportes coletivos, como o futebol.

Há poucas evidências dos seus benefícios na função cognitiva e nas ações habilidosas na performance esportiva, especialmente relacionadas ao jogo de futebol (SHABIR et al 2018). Isso se dá, sobretudo, pelas relacionadas exigências multifatoriais da modalidade em termos fisiológicos, de habilidades e de cognição (FOSKETT et al, 2009).

Verificando os estudos na literatura que investigaram a performance de variáveis inerentes ao jogo de futebol, chegamos em Foscett et al. (2009). Os autores desenvolveram um estudo com o intuito de verificar o efeito da ingestão aguda de CAF (6 mg/kg^{-1} em capsula) durante um jogo simulado de futebol, analisando o desempenho no Loughborough Intermittent Shuttle Running Test (LIST) válido como simulacro do padrão de atividade e intensidade de uma partida de futebol e nos intervalos deste teste, para além da hidratação (3 ml/kg^{-1}), os participantes realizavam o *Loughborough Soccer Passing Test* (LSPT) para avaliar as habilidades no futebol tais como o tempo de movimento, tempo de pênalti e tempo total de performance). Por fim, realizaram o salto contramovimento (CMJ) para avaliar a potência vertical.

Os participantes compuseram-se de 12 jogadores amadores. Com 48h de *whasout*³, ingeriram as bebidas (500ml) 1h antes do teste. Completaram dois testes, em

³ Período em que, os participantes dos estudos, devem interromper qualquer consumo de substâncias que possam interferir no desempenho dos estudos em questão.

dias intercalados com 1 semana de intervalo, de seis blocos de 15 minutos de corrida no LIST. Complementarmente os autores analisaram também a resposta fisiológica como o resultado da Urina, FC (média de cada 15 min) e o PSE (1-10). Nesse estudo, os autores identificaram melhorias no Tempo de Pênalti, atribuído ao aumento da Precisão do Passe (passes perfeitos), no Tempo Total e na altura do salto no CMJ.

Já Jordan et al. (2014) com o mesmo propósito, analisaram o efeito da CAF (6 mg/kg⁻¹ em capsula) sobre a agilidade reativa em jovens pós-púberes jogadores de futebol de elite (n= 17; idade 14.1 ± 0.5a). Os autores aplicaram 24h como período de *whasout*. Os testes foram realizados às 19h com 48h de intervalo entre as sessões. Os autores analisaram o desempenho no teste de velocidade de reação reativa (RAT) a fim de avaliar o tempo de reação (TR) e Velocidade e ainda a FC e PSE (escala de Borg de 6-20).

Foram identificadas, neste estudo, diferenças no TR e maior tempo total para finalizar o teste do lado não dominante. Para o lado dominante e para as outras variáveis como FC e PSE não ocorreram diferenças.

O grupo do Apostolidis et al. (2018) realizou a suplementação de CAF (6 mg/kg⁻¹ em capsula) e PLA na performance de jogadores de futebol baixo e alto respondedores ao consumo de CAF. Utilizaram como participantes jogadores semi-profissionais (n= 20) bem treinados (com experiência de pelo menos 5 anos de participação na liga nacional). Foi requisitado a eles um período entre 72 a 48h de *whasout* e/ou da prática de exercícios vigorosos antes de cada protocolo. Os autores dividiram os participantes em dois grupos, alto respondedores (AR) (n = 11) e baixo respondedores (BR) (n = 9). Esses grupos foram definidos com base na pressão arterial (PA) e glicerol plasmático, ácidos graxos não-esterificado e epinefrina. Ambos os grupos foram submetidos para as mesmas condições (de CAF e PLA) após 60 minutos da ingestão.

Os testes selecionados foram o CMJ e o *squat jump* (SJ) para o salto vertical, o teste na esteira, visando simular uma partida de futebol, consistindo em três séries de 22,5 min com mudanças de velocidade (6, 12, 15 [por 50s] 18 ou 21 km/h⁻¹ [por 25s]). A FC e PSE foram aferidas durante os testes junto com coletas sanguíneas durante e ao fim do protocolo. A performance no exercício não foi diferente dentre os grupos (p > 0,05) para todas as variáveis observadas com exceção para a PSE foi mais baixa em dois momentos para os AR.

No sentido de analisar a CAF misturada com bebidas energéticas esportivas o grupo de Gutierrez et al (2008) analisou o efeito das bebidas esportivas cafeinadas (BEC) em comparação com as bebidas com carboidrato sobre o estado de hidratação de

jogadores de futebol. Os jogadores de futebol selecionados eram da categoria juniores ($n= 20$) com consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) de $50,1 \pm 3,2 \text{ ml/kg/min}^{-1}$. As bebidas apresentavam teor médio de $7,3 \pm 0,1 \text{ mg/kg}^{-1}$ de CAF e foram ingeridas 20 minutos antes das partidas. Foram ainda adicionadas dosagens de 5 mg/kg^{-1} e 3 mg/kg^{-1} respectivamente nos tempos (0, 15, 30 e 45 de cada tempo). O período de *whasout* escolhido foi de 36h. Os dados foram coletados com intervalo de 48h em grama natural, num campo oficial. As variáveis aferidas foram o Peso Corporal (desidratação relativa e absoluta); Grau de Desidratação, Taxa de Sudorese, Densidade de Urina.

Houve diferença significativa entre os tratamentos quanto a desidratação; com BEC, os atletas concluíram a partida mais desidratados do ponto de vista do grau de desidratação, em termos relativos e absolutos a contabilizar a taxa de suor produzida. Os autores concluíram que a bebida cafeinada não promoveu diurese durante o exercício, sendo viável o consumo de BEC para que o atleta possa usufruir de seus possíveis efeitos ergogênicos tanto por sua capacidade de repor fluidos e eletrólitos como pela presença da CAF em sua composição.

O mesmo grupo do Gutierrez et al (2009), em outro estudo (com um desenho semelhante), estudou o efeito da bebida esportiva contendo CAF ($\sim 7 \text{ mg/kg}^{-1}$ de CAF) comparando com uma a bebida sem CAF na performance em testes de habilidades específicas do futebol. Os jogadores de futebol ($n= 18$) da categoria juniores com $VO_{2máx}$ $50,1 \pm 3,2$ foram submetidos a intervenção com 48h de intervalo no horário entre 11h-13h da tarde. Os testes realizados foram os testes físico-motores *Illinois Agility Test* e o salto vertical (*Sargent Jump*) seguidos de duas partidas de futebol que foi intercalado em dias, por cada bebida esportiva. Os resultados deste estudo apontaram diferenças apenas na variável Salto Vertical. Os autores concluem que o consumo de CAF proporcionou um efeito ergogênico para jogadores de futebol, aumentando a potência de membros inferiores relacionada com a força explosiva. Contudo, quanto à agilidade, não foi possível identificar vantagens no desempenho.

O grupo do Astorino et al (2012) avaliaram o efeito do consumo de *Red Bull* na performance jogadoras de futebol. A bebida *Red Bull* (255 ml) continha 110 kcal, com cerca de 80mg de CAF ($1,3 \text{ mg/kg}^{-1}$) como todas as bebidas energéticas, com uma 1g de taurina e 27g de CHO. A bebida na condição PLA consistiu de 190 ml *Canada Dry Gingerale* (Sem CAF ou taurina) e continha 90 kcal misturadas num pacote de *Crystal Light* (5 kcal) em 64 ml de água gelada. Essas bebidas foram ingeridas 1h antes do protocolo de 24 “*all-out*” sprints intercalados por 3x do teste T de agilidade no futebol.

Durante o exercício a FC e PSE (0-10) foi constantemente mensurada. Os protocolos foram intercalados por 72h de diferença, com período de *washout* de 48h e foi requisitado às jogadoras que não realizassem exercícios extenuantes 24h antes dos testes. As jogadoras (n= 15) tinham 12-15 anos de experiência na modalidade, completando 12h por semana de treino intenso. Doze das participantes eram consumidoras habituais de CAF, no entanto, com consumo de uma dose por dia/sem.

Contudo, não foram observadas diferenças entre as variáveis PSE, FC e no teste de agilidade. Os autores concluíram que há um pequeno benefício nas bebidas de Red Bull contendo CAF, taurina e carboidrato na performance dos sprints repetidos em jogadoras de futebol.

O grupo do Gutierrez et al (2013) com o objetivo de analisar o efeito metabólico das bebidas de CAF durante uma partida de futebol, aplicou um protocolo semelhante aos estudos anteriores do mesmo grupo já citado, com exceção da composição das bebidas (como descrito abaixo). Neste momento, contaram com a participação de jogadores de futebol (n= 20) da categoria juniores com VO_{2max} $50,1 \pm 3,2$. A composição das bebidas contendo CAF foi de 250 mg.l^{-1} com 7% de Carboidrato (CHO) ingerindo em média 7.2 mg/Kg^{-1} de CAF. Já a composição da bebida PLA continha a CSD drink (7% de CHO, Sódio, Cálcio, Potássio, Selênio, Cloreto, Fósforo, Vitamina C, E e 250 mg.L^{-1} de CAF anidrida). Treze dos participantes não eram consumidores de CAF ($<50 \text{ mg/dia}$ de CAF), 5 eram moderados (50 a 200 mg/dia) e 2 eram consumidores regulares (200 mg/dia). Foram fornecidos biscoitos durante os jogos contendo 15% de caloria calculada com base no energia estimada requerida com 60% de CHO, 15-20% de proteína e 20% a 25% de lipídios. Ainda os autores coletaram sangue antes dos jogos e 12 minutos antes do fim de cada parte, analisaram também a urina, a FC e o PSE (6-20).

Os autores concluíram que a ingestão aguda de CAF resultou no aumento da glicemia e do LAC e do valor médio da FC máxima em relação ao consumo do CHO. Nenhuma diferença foi observada nas outras variáveis.

Del Coso et al (2012) analisaram o efeito das bebidas energéticas cafeinadas (3 mg/kg^{-1}) e na condição PLA (Pepsi descafeinada e sem açúcar) na performance simulada do jogo de futebol com semiprofissionais (n = 19). Estes continham mais de 5 anos de experiência com cerca de 2h de treino por 4/5 dias por semana. Os participantes eram baixo consumidores de café ($< 60 \text{ mg}$ por dia, < 1 copo de café) e passaram por um período de 48h de *washout*. Após 60 min de ingestão de 650ml da bebida energética, com as condições em dias alternados, os jogadores realizaram o Teste de Salto Vertical por

15s, Teste do Sprint Repetido (7x30m com 30s de descanso ativo) e uma simulação de uma partida de futebol (2x40 min, com 15 min de intervalo, de 11x11). Os pesquisadores aferiram também, a FC, a Taxa de Suor e a Concentração de Urina (pré e pós protocolo).

A performance foi melhor para a condição CAF em várias variáveis, tais como na altura no Salto Vertical, para a maior Potência Total gerada. No jogo de futebol os jogadores na condição CAF percorreram maior distância total, maior distância total percorrida em alta intensidade no jogo [zona 6, i.e., >18km/h], maior pico médio em velocidade, maior número de Sprint, menor distancia caminhando e maior concentração de Urina. Para as outras variáveis não ocorreram diferenças dentre as condições.

A pesquisadora Beatriz Lara e colegas (2014) analisaram o desempenho físico em jogadoras de futebol com mais de 3 anos de experiência na modalidade por 2h ao dia (3-4 dias) e leves consumidoras de doses diárias de CAF (1 copo por dia). Dezoito participantes (21 ± 2 a) consumiram bebidas energéticas (250 ml) 1h antes dos testes. As bebidas eram compostas de Taurina (18,7 mg/kg), Bicarbonato de Sódio (4.7 mg/kg) e L-Carnitina (1.9 mg/kg), com mais 3 mg/kg⁻¹ CAF e sem CAF na condição PLA com sabor semelhante. As jogadoras passaram por um período de 48h de *whasout*, evitando, por sua vez, exercícios muito intensos.

Os testes decorreram as 19h da noite e foram separados por 1 semana. Os testes selecionados foram os seguintes: o CMJ para o salto vertical e o 7x30m de Teste de Velocidade Máxima com 30s de descanso ativo mensurado por GPS. Vinte minutos depois os participantes concluíram um teste 2x40min 11x11 de jogo simulado com 15 minutos de intervalo, verificando a distância total percorrida, velocidade da corrida, a FC, a PSE (1-10) e a urina pós-jogo. Todos os testes foram realizados com 1 semana de intervalo entre eles.

Os resultados apontaram melhorias na altura do CMJ com aumento na Potência Pico. Também os resultados demonstraram melhorias no teste de velocidade, com aumento na velocidade pico média e a velocidade máxima. Ocorreram melhorias, também, na distância total percorrida no jogo e na quantidade de séries de Sprint.

Hernández-Camacho et al. (2017) ministraram uma suplementação de CAF (4 mg/kg⁻¹) e para o PLA (com celulose microcristalina) a fim de averiguar a performance dos jogadores amadores (sub19) no jogo de futebol (n = 17). Esta análise se deu em três sessões de treinamento por semana. Todos os dados foram coletados nas primeiras sessões semanais com treino de ~1.5h/dia; 4 dias/sem a incluir o jogo semanal. Foi requisitado um período de 24h de *whasout*. As análises consistiram nas informações

obtidas dos jogadores após 90 minutos exercício (45 de jogo + 45 de exercícios de intensidade média a alta). Foi avaliado o CMJ (antes e depois da sessão), a PSE (6-20), e a Escala de Cansaço Inicial (1-10).

Diferenças estatísticas e substanciais foram encontradas na altura do salto ao fim da sessão e na PSE. Com esses elementos, os autores concluíram que a CAF melhora a performance no futebol.

O grupo de Karabağ et al (2019) desenvolveu o estudo envolvendo jogadores de futebol profissional (n= 11). Eles analisaram o Teste de Hoff e o Teste de Sprint (Teste-T) após 20 min de aquecimento, aplicados por três semanas no período de recuperação passiva. Ocorreu a administração respectiva, 1 hora antes do teste, de 200ml de água com CAF (6 mg/kg⁻¹), PLA (água) e sem suplementação em cada uma delas (CON). Os autores não informaram o período de *whasout*. Os resultados apontam diferenças no desempenho, nas três condições em ambos os testes na condição para os testes analisados.

Bassini-Cameron et al (2007) analisaram o efeito na distribuição de células brancas e marcadores musculares em jogadores de futebol profissional (n = 22) numa simulação do jogo de futebol. Os autores criaram três grupos, um Controle (CON) em que só ingeriram uma concentração de CAF (5 mg/kg⁻¹ em capsulas), o grupo CAF+ exercícios + lactose (CAF na mesma dosagem) e o grupo PLA + Lactose + Exercício (5 mg de Lactose em capsulas). Os mesmos passaram por um período de 72h de *whasout* e analisaram, posteriormente, a coleta de urina e de sangue (pré e pós intervenção). Os testes aplicados contemplaram o protocolo da Corrida de Distância Variável (VDR) composta de 45min de duração num espaço de 50x50m com marcas em 5x5m em 66 distâncias (direções) direcionadas por um *beep*. Depois realizaram o Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Yo-Yo IRT) (não informaram o nível).

Os resultados apontam aumentos (~80%), na condição CAF, da concentração de Leucócitos, Linfócitos, Neutrófilos, Trombócitos e no Alanine-aminotransferase (AAT), para os outros marcadores não ocorreram diferenças. Os autores concluíram que há um aumento na concentração de células brancas no grupo que recebeu CAF devido ao alto estresse muscular, endotelial e dano muscular.

Numa linha diferente o grupo anterior, o autor Marco Machado et al. (2008) analisou o efeito da ingestão aguda de CAF (4,5 mg/kg⁻¹ em capsulas) e PLA (500mg de Lactose), em dias alternados, nos micro-marcadores de dano muscular (Creatina Kinase [CK], Lactato Desidrogenase [LDH], ALT, AAT) em jogadores de futebol (n= 15) com VO_{2máx} 59,4±13,3mL/kg⁻¹/min⁻¹. Todos os jogadores eram consumidores leves de CAF

(< 100mg/d⁻¹) e realizaram um *whasout* de 12h. Os participantes ficaram 45min em repouso até iniciar o aquecimento (10min) antes do protocolo, que foi aplicado com 2 semanas de intervalo. As amostras sanguíneas foram coletadas antes da suplementação e 24h após (pré e pós intervenção). Os testes realizados consistiram em três séries de 10RM com 2min de intervalo nos seguintes exercícios: Supino, Pulôver, Rosca Bíceps, Extensão de Tríceps, Extensão de Perna e Flexão de Perna.

Os resultados apontaram diferentes valores para a CK pré e pós protocolo para ambas as condições, do LDH, do ALT e AAST. Entretanto, nenhuma diferença foi encontrada dentre as condições.

O mesmo grupo do autor Marco Machado et al. (2010), visou analisar o efeito da ingestão da CAF nos marcadores de dano muscular (referidos acima) e nos níveis de Leucócitos em jogadores de futebol (n= 22) após um período de 12h de *whasout*.

A concentração de CK, LDH, ALT e AST não diferiu dentre as condições. Ambas as sessões resultaram de aumentos na quantidade de Leucócitos, Neutrófilos, Linfócitos e Monócitos com exceção dos Eosinófilos não aumentaram. Assim, os autores concluíram que o aumento de alguns componentes no sangue são frutos da ação da epinefrina e em menor extensão a norepinefrina. Consideram a ingestão de 4.5 mg·kg⁻¹ de CAF não aumentou os marcadores sanguíneos e os leucócitos, uma vez que esses marcadores foram aumentados por ação do exercício, a contrariar os achados de Banissi-Caneron et al (2007).

Gant et al. (2010) avaliaram a influência da adição de uma dose moderada (3,7 mg/kg⁻¹ de CAF) em bebidas com uma solução 6% eletrólita de CHO em jogadores de futebol (n= 15; idade: 21.3 ± 3anos) da primeira divisão regional na Nova Zelândia com 48h de *whasout* e sem exercício extenuante. Verificaram, nas condições CAF e CON as performances no *sprint* pelo LIST intercalando com a performance no LSPT, no CMJ. Analisaram, ainda, as respostas fisiológicas tais como a FC, a LAC, Taxa de Sede e a osmolaridade da Urina. Inerente a elas, mensuraram a Escala de Ativação (*Felt Arousal Scale* [FAS]) e a PSE (escala de 6-20). O protocolo foi conduzido com 8 momentos: Em repouso (FAS, bebida) 1 hora depois (FAS, PSE, LSPT) e durante seis blocos (FAS, PSE, LSPT e bebidas).

Ocorreram diferenças (com efeito temporal) na velocidade de performance no sprint de 15 metros no LIST. Ainda os autores destacaram diferenças no CMJ e na FC em alguns momentos nos blocos.

O grupo do Jacobson et al (2011) analisou o efeito de três bebidas esportivas (CAF [3,7 mg/kg⁻¹] adicionado a CHO [solução 6% eletrólita], bebida com CHO e PLA) em dias alternados, na performance específica habilidades do futebol durante a fadiga induzida pelo jogo em 90 minutos de duração em campo com grama natural. Participaram 12 jogadores universitários, randomizados com 48h de *whasout* e sem exercício extenuante. Os jogadores realizaram antes e imediatamente após o intervalo e após o fim do jogo o Teste de Habilidade no Passe pelo LSPT (com as variáveis Tempo de Movimento, Tempo de Pênalti e Tempo Total de Performance), Velocidade do Chute, Performance no *Sprint* de 20m. Adicionalmente, antes e depois do protocolo, foi aferido o salto vertical pelo CMJ. A FC foi conferida continuamente, a PSE (Escala de Borg de 6 – 20) em cada 15 minutos, a Escala da Percepção de Fadiga, a concentração de LAC. A concentração de Urina foi mensurada antes do protocolo.

Na situação CAF o desempenho foi melhor no LSPT apenas intervalo, assim como no Tempo de Pênalti, no Tempo de Movimento, na Velocidade do Chute. Os autores concluíram que a adição de CAF a bebidas com CHO melhora o passe no LSPT. No entanto, sugerem que todas as bebidas parecem atenuar os efeitos da fadiga nas situações de jogo, e que a CAF parece ter um efeito ergogênico limitado, demonstrando que não é só interessante o tipo de bebida consumida, mas o tipo de volume total consumido.

Kingsley e colegas (2013) verificaram a o efeito da ingestão (14 ml/kg⁻¹ h⁻¹) um gel de CHO (com solução de 5,6% de CHO), com uma bebida com 9.6% eletrólitos de CHO combinada com CAF (6 mg/kg⁻¹). Ambas serviram estratégia de hidratação de jogadores de futebol amadores (n = 14) durante a simulação de uma partida de futebol com 48h de *whasout* e sem exercício extenuante. Esta simulação consistiu em 90 minutos de corrida livre e intervalando com habilidades com a bola (drible, passe e chute). Eles analisaram variáveis de performance como média e Tempo de Resposta em Velocidade de Sprint e variáveis bioquímicas tais como a glicose sanguínea (GLI), osmolaridade sanguínea, concentração média de sódio (Na), níveis de LAC, FC e uma variável subjetiva que é a PSE (Escala de Borg de 6-20) e o desconforto abdominal (0-10).

O padrão de Tempo de resposta para a Velocidade de Sprint não foi influenciada, entretanto, a média de Velocidade de Sprint aumentou (3 ± 1% mais rápido) na combinação com CAF melhorando a performance através desse protocolo. Embora essa condição não tenha evitado a queda do nível glicêmico e influenciado outras variáveis, a FC e LAC foram maiores na condição CAF (dados não apresentados) e a PSE foi semelhante nas condições.

O autor Hamilton (2014) questionou se a suplementação de CAF (6 mg/kg⁻¹) e PLA (maltodextrina) melhora a performance em exercícios específicos do futebol. Desta forma, o autor contou com participantes (n = 8) que tinham cerca de 6h de práticas semanais de futebol. Após um período de 48h de *whasout* e 24h sem a prática extenuante de *exercício*, os participantes ingeriram as bebidas 45 minutos antes dos testes. Após isso, realizaram, em três ocasiões separadas (familiarização, CAF e PLA), o Teste de Drust⁴, aplicaram as Múltiplas Séries de Sprints (12x30 m; 35s de intervalos) e o Teste da Fadiga (tempo calculado num sprint de 30m). Obtiveram-se, ainda, o nível de LAC e a PSE.

Os resultados não apontaram diferenças entre as velocidades mais rápidas de *sprints* e nas velocidades médias para as variáveis ventilatórias razão de troca respiratória, Consumo de Oxigênio (VO₂), na Ventilação por minuto, nos níveis de LAC, Índice de Fadiga, FC e PSE.

O grupo do Pettersen et al. (2014) analisou o efeito da suplementação de CAF (6 mg/kg⁻¹ em capsula) durante o jogo de futebol com os jogadores (n = 19). Os jogadores na condição PLA foram submetidos a uma suplementação de dextrose (mesma dosagem). Nenhum dos jogadores eram consumidores regulares de café e cumpriram um período de 24h de *whasout* e sem exercício extenuante. Os autores mensuraram as atividades do jogo formal (90 min com 15 min de intervalo) pelo *ZXY Sport Tracking System* verificando a distância em alta intensidade e em *sprinting*, distância total e número de acelerações. Aferiram, ainda, o %FC pico, o PSE, a GLI, LAC e o Yo-Yo intermitente recovery test–level 2 (Yo-YoIR2) com uma semana de intervalo. Os autores não detectaram diferenças na distância total percorrida, na corrida em alta intensidade, na distância em *sprint*, nos números de acelerações, no Yo-YoIRT2 e na %FC pico, no nível de LAC. Os autores concluíram que a administração oral de CAF não gera efeito ergogênico.

O grupo de Andrade-Souza et al. (2015) investigou o efeito de bebidas sem sabor na ingestão de CAF (6 mg/kg⁻¹ em água destilada) e esta combinada com o CHO (1.2 g•kg⁻¹ maltodextrina, sem sabor, sem odor e diluída em água destilada 20%). Na condição PLA foi utilizada água destilada mais cápsulas de celulose nos testes relacionados ao futebol. Foram selecionados jogadores amadores universitários (n= 11) para serem submetidos aos testes relacionados ao futebol. Foi requisitado aos participantes 24h de repouso e *whasout*. Os participantes visitaram o laboratório em três

⁴ Protocolo que consiste em 45 minutos de exercícios intermitente específico do futebol na esteira que tenta replicar um jogo de 90 minutos variando as velocidades entre 6 e 21 km/h⁻¹ com 23 séries.

ocasiões, para realizar a familiarização com o protocolo dando um intervalo de 7 dias para realizar os testes.

Após o aquecimento os participantes desempenharam o LIST. Seguidamente ingeriram a solução em 1h, 2h e 3h, depois de 3h de CAF ou CHO+CAF ou PLA (CHO apenas). Após 4h de teste, os participantes realizaram um novo aquecimento e fizeram os seguintes testes: Bateria de Teste de Campo de Futebol (trotando a 8km/h^{-1}), CMJ, LSPT e o Teste de Sprints Repetidos 30m (RSA). Mensuraram ainda a FC, taxa de LAC, PSE (6-20), Taxa de Prazer ou Desprazer e Ativação Percebida.

Apesar do efeito temporal detectado nas últimas variáveis eles concluíram que não é possível determinar se a CAF e esta combinada com CHO é capaz de melhorar a performance em testes relacionados com o futebol.

Ermolao et al (2017) analisaram não só a adição de CAF (4 mg/kg^{-1}) ao CHO (6.7 g em 500ml) como, ainda, a adição de Arginina (ARG [3g]), *Branched-chain amino acids* (BCAA [5g]) e todos juntos (CAF, ARG e BCAA) na performance no RSA em jogadores ($n = 12$; idade 22.6 ± 2.1 a) moderadamente treinados (7.9 ± 3.9 h por sem.) por 5 dias em cada condição (com 1 semana de intervalo). Foi indicado aos jogadores 48h de *whasout* e sem exercício não-habituais. Os autores avaliaram as variáveis de desempenho em cada RSA (Tempo Médio de Sprint (AST), Tempo Total (TT), Potência Pico (PP) e Potência Média (AP). Como variáveis fisiológicas como a FC, a saturação de oxigênio (OS) e os níveis de LAC.

Os autores apontaram melhorias apenas para as variáveis PP e AP do RSA nas condições supracitadas.

O grupo de Ellis et al (2018) realizou a suplementação com dosagens, em capsulas, de 1, 2 ou 3 mg/kg^{-1} de CAF ou 3 mg/kg^{-1} de gelatina na condição PLA (com maltodextrina) na performance durante a corrida intermitente, salto e protocolos de agilidade em jovens jogadores de futebol de clubes de elite ($n = 15$). O protocolo foi realizado em participantes treinados (5x p.sem com 1 jogo oficial no fim de semana) após 24h de *whasout*. A coleta em cada condição foi realizada 1 dia em cada semana e as bebidas foram ingeridas 1h antes de cada teste. Os testes consistiram em sprint de 20m, Teste de Agilidade em Seta (*Arrowhead Agility* [CoD]) com mudanças de direção para a Direita (CoD-R) e Esquerda (CoD-L), CMJ e Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (Yo-YoIR1).

Embora as dosagens de 1 mg/kg^{-1} e 2 mg/kg^{-1} de CAF apresentou uma relação tarefa-dependente para todas as variáveis do CMJ. A dosagem de 3 mg/kg^{-1} de CAF se

apresentou mais efetiva do que as outras, demonstrando grande probabilidade de melhoras no CMJ antes, pós-Yo-YoIRL1, no Sprint de 20m, no CoD-R e CoD-L. Os autores concluíram que as diferentes baixas dosagens (1, 2 ou 3 mg/kg⁻¹) melhoram a performance, parecendo mais efetivas, todavia, respectivamente para o pico de força no CMJ, para as tarefas no CoD e para velocidade no Sprint de 20 m.

O grupo do Ranchordas et al (2018) verificaram o efeito de uma goma de mascar cafeinada (200 mg), com PLA (0 mg) e 2g de carboidrato, numa bateria de testes específicos em duas ocasiões separadas por 2 semanas. Os participantes eram jogadores de futebol universitário (n = 10) com 4±0,9a de experiência competitiva e com 333±28.7 min·sem⁻¹ de treino. Eles foram condicionados a 40h de *whasout* e, posteriormente, a uma ingestão de 100mg de CAF por semana. Nos dias dos testes, eles mastigaram as gomas por 5 min e 5 min depois realizaram o seguinte protocolo: 10 minutos de aquecimento específico, CMJ, Teste de Sprint (20 m) e o Yo-YoIR1. O desempenho na condição CAF melhorou em 2% no sprint em 20m, em 2,2% na altura do CMJ.

Guerra et al (2018) verificou o efeito do consumo de CAF aliado ao protocolo Potencial de Pós-Ativação (PAP) no CMJ. O estudo contou com a participação de jogadores profissionais (n= 12) que ingeriram uma dose moderada de 250ml de CAF (5 mg/kg⁻¹) e PLA (artificialmente adocicado) em 48h de *whasout*. O protocolo de PAP consistiu em estímulos de condicionamento com 2 séries de 15 *ankle hops bilateral*, 3 séries de *hurdle hops*, 3 séries *sprints* de 20m com o trenó (*sled towing* com 15% do peso do corpo com o *total de 45saltos e 60m sprinting*) com 30s de intervalo entre as séries. O CMJ foi aferido após 1min, 3min e 5min de cada estímulo da PAP.

Os resultados indicaram que houve uma melhora no CMJ após o PAP. Portanto, os resultados sugerem que a pliometria aguda e a corrida puxando trenó o melhoram o salto, contudo, essa melhora é potencializada com CAF em jogadores de futebol profissional.

Por fim, o grupo do Shabir et al (2019) verificou o efeito psicológico e farmacológico da ingestão de capsulas de CAF (3 mg/kg⁻¹) 60 minutos antes nas várias facetas da performance no jogo de futebol simulado. Os autores contaram com jogadores amadores de futebol (n= 8) e conduziram o estudo promovendo a ingestão da condição PLA com a mesma dosagem, porém de pó de milho. Foi indicado, aos participantes, um período de 24h de *whasout* e sem exercício extenuante. Foram analisaram as seguintes variáveis: o Teste de velocidade progressiva de 20m para estimar o VO_{2máx}, o Tempo de Reação Dinâmico (antes e depois), as variáveis do LIST, a FC, o PSE (escala de Borg de

6-20), a Escala de Humor (*Brunel Mood Scale*) a Taxa de Glicose, os níveis de LAC e o LSPT.

Curiosamente, durante os testes, os pesquisadores fizeram um desenho de *dissociação-dupla*, com grupos como variáveis dependentes: i) em que era dado Placebo e dito, ao jogador que era Placebo que ele estava ingerindo (Condição - Dado PLA/dito PLA [método PLA]); ii) no outro método, era Dado CAF/dito PLA (método farmacológico); iii) na outra condição era Dado PLA/dito CAF (método psicológico); iv) nesta condição era dada CAF/dito CAF (método sinérgico).

Não ocorreram diferenças consideráveis em muitas variáveis, exceto para a Capacidade de Resistência e para o Tempo de Reação Dinâmico. Para a primeira variável o método sinérgico teve um melhor desempenho do que o método PLA, farmacológico e o psicológico. Para a mesma variável (Capacidade de Resistência), a situação psicológica foi melhor que a situação farmacológica, o que foi potencializada pela reduzida PSE encontrada. A situação farmacológica foi melhor do que a situação PLA. Na variável Tempo de Reação Dinâmico, o método farmacológico delineou um melhor desempenho dos jogadores do que o método PLA. Embora o método sinérgico gerou um efeito adicional ao método psicológico, estes métodos parecem funcionar melhor do que o farmacológico com jogadores de futebol.

CAPÍTULO 3 – DELINEAMENTO DA TESE

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. PARTICIPANTES

Para cada estudo (1 e 2, conforme descrito a seguir) foram selecionados entre 12 e 19 jogadores profissionais de futebol de campo do sexo masculino com idade superior a 18 anos. Todos os jogadores foram catalogados nos seus clubes com base nas avaliações iniciais e no preenchimento de questionários de controle, previamente fornecidos e associados ao controle do treino dos respectivos locais.

Todos os procedimentos descritos neste documento foram aprovados pelo Comitê de Ética para Pesquisas em Seres Humanos do Campus de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo (Protocolo 66849317.9.0000.5542).

3.1.1. CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Estes critérios contemplam os jogadores que encontram lesionados e de qualquer forma inaptos para a prática de futebol. Ainda contempla os jogadores que estão retornando de lesão (semana de retorno), assim como jogadores que apresentem condições especiais, tais como ingerem medicamentos psicoativos ou psicodepressivos e, ainda, jogadores daltônicos. Num dos estudos, para além dos jogadores estarem familiarizados com o jogo de futebol, os goleiros foram excluídos de análise da performance tática, uma vez que o seu padrão comportamental difere dos outros jogadores (COSO et al., 2012; PETTERSEN et al., 2014).

3.2. INGESTÃO DE CAFEÍNA

Os jogadores selecionados se encontravam em plena atividade (período competitivo) e não apresentavam problemas com a ingestão aguda de CAF. Os jogadores fizeram a ingestão de 500ml de água aromatizada contendo dose de 5 mg/kg^{-1} de CAF por massa corporal em garrafa plástica (FOSKETT et al, 2009; ERMOLAO et al (2017). Na situação PLA somente água aromatizada foi ingerida.

3.3. PROCEDIMENTOS

Foram realizados dois estudos distintos e subsequentes, conforme descrito a seguir. Em todos os estudos, foram utilizados os participantes e os procedimentos de ingestão de CAF e PLA descritos anteriormente e, aprovados pelo Comitê de Ética para Pesquisas em Seres Humanos abrangendo os seguintes títulos:

Estudo 1: “*Efeito da ingestão aguda de cafeína no nível de atenção e controle inibitório dos jogadores de futebol de campo*”.

Estudo 2: “*Efeito da ingestão de cafeína sobre a tomada de decisão dos jogadores de futebol*”.

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para ambos estudos, a fim de checar a normalidade dos dados, foi utilizado o teste de *Shapiro–Wilk*. Os dados foram apresentados por estatística descritiva (Média±Desvio Padrão) e pelo Intervalo de Confiança a 95%. Seguidamente, foram tratados indutivamente pela ANOVA de duas vias de medidas repetidas, apresentando como variáveis independentes a condição (CAF x PLA) e tempo, a usufruir como post hoc o teste de *Bonferroni*.

O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. O software estatístico utilizado para estatística inferencial e geração de gráficos foi o GraphPad Prism versão 8.0 (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, USA).

Ainda foi estimada o Tamanho de Efeito (ES) pela Inferência Baseada em Magnitudes (MBI) calculado pela planilha em Excel disponibilizada por (HOPKINS et al., 2009) com o intuito de captar efeitos das chances de diferença mínima consolidando a importância clínica dentre as condições. Assim as implicações práticas foram classificadas como de efeito benéfico, negligenciável ou danoso. Estes são apresentados por escores percentuais da seguinte forma: <1% quase certamente não (incerto); 1-5% muito improvável; 5-25% improvável; 25-75% possível; 75-95% provável; 95-99%, muito provável, > 99% quase certamente sim. É considerada inconclusiva as mudanças

benéficas e/ou danosas $>5\%$). As diferenças substanciais foram consideradas a partir do provável. Em algumas condições o cálculo pode se apresentar como incerto.

As variáveis dependentes analisadas no estudo foram:

- Tempo de reação (*Stroop Test*) estudo 1;
- Precisão (*Stroop Test*) estudo 1;
- Tomada de decisão (Ação Tática) estudo 2;

As duas variáveis independentes serão:

- Suplementação (placebo ou cafeína) e;
- Realização dos jogos reduzidos (fator tempo).

CAPÍTULO 4 – ESTUDO 1

4. **Estudo 1:** Efeito da ingestão aguda de cafeína no nível de atenção e controle inibitório dos jogadores de futebol de campo.

O objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da ingestão aguda de CAF no nível de atenção e controle inibitório dos jogadores de futebol antes e após a realização de jogos reduzidos de futebol.

Participaram 12 jogadores de futebol profissionais com idade de $22,4 \pm 4,1$ anos e Massa Corporal de $75,6 \pm 5,7$ kg. Todos os jogadores receberam informações verbais acerca dos procedimentos utilizados no estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido para participar do estudo.

As variáveis dependentes analisadas foram a avaliação da atenção e do controle inibitório. Nestes testes, estas funções executivas foram aferidas por meio do Teste de *Stroop* (utilizando o *software* de acesso livre *The Psychology Experiment Building Language* [PEBL]) versão 2.0; MUELLER; PIPER 2014). Até onde sabemos, este é o primeiro estudo a avaliar os efeitos da ingestão aguda de CAF e do jogo específico de futebol no desempenho cognitivo em atletas de futebol.

O teste de *Stroop* é um teste clássico de filtragem atencional, onde o participante deve ler a palavra que aparece no monitor do computador, pressionando a tecla respectiva a cada cor no teclado. As palavras aparecem em três condições distintas: cor neutra (preta), cor congruente (a mesma cor em que a palavra aparece) e cor incongruente (cor distinta à da palavra). A lógica por trás do teste é que na condição de incongruência entre cor e palavra, o tempo de resposta e o índice de erros tende a ser superior, e que quanto maior a atenção e controle inibitório, menor tende a ser a influência negativa da incongruência. Sendo assim, o Teste de *Stroop* é uma ferramenta válida para mensurar a atenção seletiva (priorização da informação para processamento adicional) e a suscetibilidade de interferência de estímulos conflitantes averiguadas pelo controle inibitório (BAYARD; ERKES; MORONI, 2011; SIBLEY; ETNIER; LE MASURIER, 2006; ALVAREZ; EMORY, 2006; STROOP, 1935; MUELLER; PIPER 2014).

As variáveis dependentes obtidas no teste foram: acurácia (número ou percentual de acertos) e tempo médio de resposta (em milissegundos) para cada uma das três condições: neutra, congruente e incongruente (TROYER; LEACH; STRAUSS, 2006).

Para a indução da fadiga, os jogadores foram submetidos a um protocolo de jogos reduzidos (*small-sided games*) de forma consecutiva visando induzir a fadiga pelo aumento do tempo da série do jogo reduzido (FANCHINI et al., 2011).

O jogo reduzido se constituiu de 3+GOL x 3+GOL (3 jogadores de linha e 1 goleiro) em um campo de futebol com grama natural, obedecendo às referências espaciais de 36 m de comprimento x 27 m de largura, como destacado por Costa et al (2011). Entretanto, foram adaptadas as balizas oficiais disponíveis nos locais de coleta. Todas as regras seguiram as normas da FIFA, a incluir o impedimento. Um dos pesquisadores atuou como árbitro. Os jogadores foram escolhidos randomizadamente obedecendo a seguinte estruturação: defesa (zagueiros e laterais), meio-campo (volantes e meias) ataque (pontas e centro avante).

O protocolo experimental foi composto por 5 jogos de 5 minutos de duração (totalizando 25 minutos de sessão), com intervalo de 1 minuto entre os jogos. Os goleiros foram excluídos de análise, como afirmado anteriormente (COSO et al., 2012; PETTERSEN et al., 2014). Antes da sessão foi requisitado aos jogadores o melhor desempenho possível. Nenhum feedback foi transmitido durante os jogos. Todos os jogadores tiveram 3 minutos para realização de uma atividade de aquecimento antes do jogo. Este aquecimento foi livre.

Todos os participantes se encontravam em pleno período preparatório. Todos sem lesões ou doenças e familiarizados com os procedimentos acima referidos (feito com uma semana de antecedência). Todas as coletas foram realizadas pela manhã com o início por volta das 08h00 para evitar variações no ciclo circadiano (DRUST et al., 2005). E os testes decorreram nas seguintes condições ambientais: i) Temperatura (°C) (Início: 31,9±1,98, Fim: 32,45±3,21); ii) Umidade relativa do ar (%) (Início: 51,85±25,31, Fim: 51,3±25,36) e; iii) Velocidade do vento (m/s) (Início: 4,35±4,46, Fim: 3,08±5,91). Estas variáveis foram aferidas pelo Termo-Higro-Anemômetro Digital Akrom KR825® (São Leopoldo-RS, Brasil).

Ao chegar no local, os participantes repousaram sentados por 10 minutos para a aquisição da FC de Repouso. Esta foi captada pelo relógio e cinta Geonaute CR2032 OnRhythm 50® (Decathlon Ltd., França). Logo após, em dias alternados e simultaneamente, uma garrafa de 500ml de água gelada aromatizada com suco em pó Clight 8g – Zero Açúcar – Modelo 0294 (Mondelēz International, Inc.®) na condição PLA ou com a dosagem de 5 mg/kg-1 de CAF Anidra em Pó (Sigma-Aldrich®, Sydney, USA). Esta dosagem moderada (ASTORINO et al., 2012) é suficiente como estimulante

(GRAHAM, 2001; GRAHAM; SPRIET, 1995). Todas as doses foram diluídas totalmente e tiveram o sabor padronizado. Os participantes beberam todo o conteúdo da garrafa.

Foi recomendado aos participantes a manutenção da sua dieta e o não consumo, em 48 horas antes do protocolo, de medicamentos e/ou bebidas contendo cafeína. Nesse período uma mensagem foi enviada aos participantes com a presente lista com a recomendação.

Os jogadores consumiram as bebidas em ~5 min. Logo, permaneceram em repouso por 1 hora até iniciar o protocolo visando induzir a fadiga pelo aumento do tempo da série do jogo reduzido (FANCHINI et al., 2011). Os intervalos de 1 minuto serviram para a recuperação e hidratação dos jogadores e aferição da FC e da PSE de 0-10 (FOSTER et al., 2001).

Sessenta minutos antes da realização do primeiro Teste de *Stroop* os jogadores ingeriram cafeína. Em seguida, estes atletas foram submetidos aos jogos reduzidos e, imediatamente após o término do quinto jogo, repetiram o Teste de *Stroop*. Um diagrama ilustrando o desenho experimental é apresentado na Figura 1.

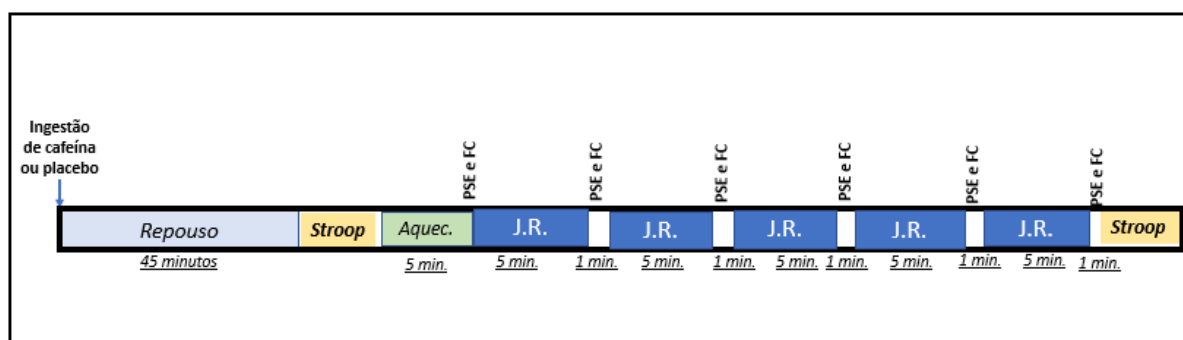


Figura 1 – Desenho experimental do estudo 1.

Legenda: Stroop: Teste de Stroop; PSE: Percepção subjetiva de esforço; FC: Frequência cardíaca; J.R.: Jogo reduzido.

Tais procedimentos foram repetidos em 3 ocasiões:

1. Sessão de familiarização (uma semana anterior);
2. Condição A (placebo ou cafeína);
3. Condição B (cafeína ou placebo).

Este foi um ensaio clínico randomizado, contrabalanceado e com controle duplamente cego. Sendo assim, os procedimentos nos dias 2 e 3 foram realizados sem que os participantes e os pesquisadores envolvidos com a aplicação do teste tivessem

acesso ao conteúdo da substância ingerida (CAF ou PLA) conforme descrito. O intervalo entre cada sessão será de 72 horas até uma semana.

O cegamento foi controlado pelo modelo adaptado de Klauss et al. (2014) a constar com duas perguntas: o(a) senhor(a) acha que recebeu/está recebendo tratamento? (Independente da resposta, sim ou não, se fez a segunda pergunta); qual o grau de confiança na sua impressão? Esta última pergunta contém uma Escala Likert de 1-5 (1. Nenhuma; 2. Pouca; 3. Média; 4. Muita e 5. Extrema).

4.1. RESULTADOS (ESTUDO 1)

Na seguinte Tabela 1, é possível verificar o controle do cegamento controlado pelo modelo adaptado de Klauss et al. (2014).

TABELA 1. CONTROLE DO CEGAMENTO (ESTUDO 1)				
Placebo (n=12)			Cafeína (n=12)	
N	Condição	GC	Condição	GC
1	N	5	C	3
2	N	4	C	2
3	N	4	C	4
4	N	5	C	4
5	C	5	N	3
6	C	4	N	3
7	N	4	N	2
8	C	4	N	3
9	N	4	N	4
10	N	3	N	5
11	N	3	C	2
12	N	3	N	3
Total		48 de 60	38 de 60	
Média±DP		4,09±0,66	3,18±0,92	
%Acerto		75	41	
%GC		80	63	

Legenda: C: Cafeína; N: Neutro; GC: Grau de Certeza; DP: Desvio Padrão

Neste estudo, a FC foi monitorada após cada Jogo Reduzido. Este apresentou comportamentos dispare, apresentando para o efeito principal tempo ($F_{2;30}$: 1,704; $p =$

0,1893), Condições ($F_{1,11}$: 13,99; $p = 0,0033$) e Interação ($F_{2,30}$: 13,74; $p = 0,0001$) (Figura 2).

A condição PLA apresentou maiores valores de FC na terceira série de Jogo Reduzido em comparação a condição CAF (a: $p = 0,0372$ (Figura 2).

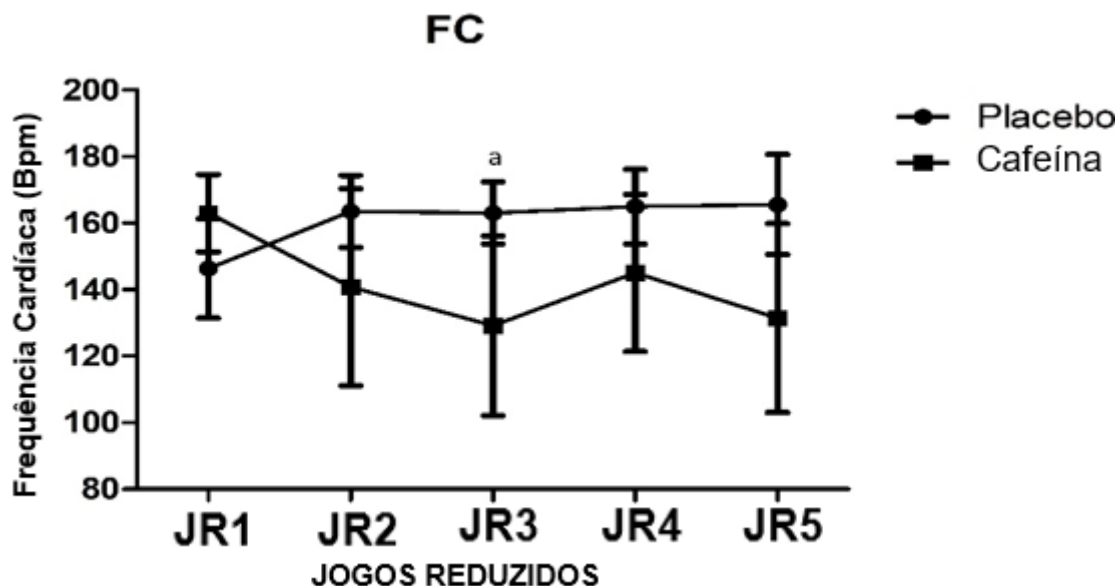


Figura 2. Mensuração da FC durante os Jogos Reduzidos em condição de PLA e CAF. Condição (PLA vs. CAF) Efeito Principal: $p = 0,1893$; Tempo (Jogos) Efeito Principal: $p < 0,0001$; Interação: $p = 0,0033$. a: $p = 0,0372$ CAF vs PLA Jogo-3. **Legenda:** JR1: jogo 1; JR2: jogo 2; JR3: jogo 3; JR4: jogo 4; e JR5: jogo 5.

A PSE foi avaliada após cada Jogo Reduzido. Durante o protocolo o efeito foi revelado ($F_{2,24}$: 1,704; $p = 0,0001$), sem diferenças entre as Condições CAF e PLA ($F_{1,11}$: 1,590; $p = 0,2334$) e Interação ($F_{2,25}$: 1,543,74; $p = 0,2320$) conforme a Figura 3.

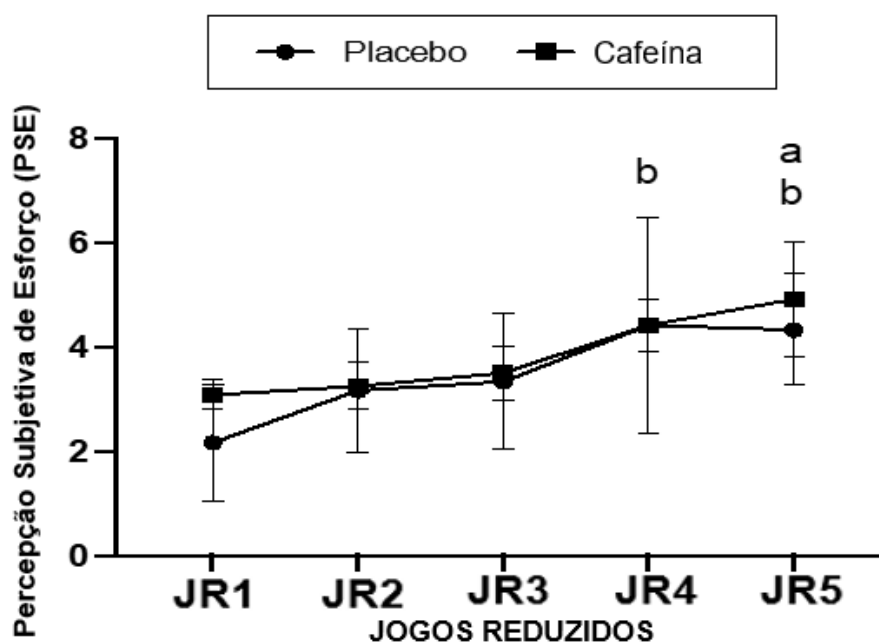


Figura 3. Classificação da PSE durante os cinco Jogos Reduzidos em condição de PLA e CAF. **Legenda:** JR1: jogo 1; JR2: jogo 2; JR3: jogo 3; JR4: jogo 4; e JR5: jogo 5.

Na análise do tempo de resposta durante o Teste de Stroop, foi detectado efeito favorável a condição CAF. Esta apresentou um melhor desempenho, i.e, respostas mais rápidas, nas condições Congruentes ($F_{1;11}$ 6,649; $p = 0,0257$) (Figura 4A) e Neutra ($F_{1;11}$ 6,795; $p = 0,0244$) (Figura 4C). Nas condições Incongruentes, não foram observadas diferenças no tempo de resposta à conforme o protocolo ($F_{1;11}$ 2,816; $p = 0,1215$), pelo efeito principal tempo ($F_{1;11}$ 0,3763; $p = 0,8497$), e interação ($F_{1;11}$ 0,7456; $p = 0,4063$) (Figura 4B).

Na precisão, opostamente, os jogadores na condição CAF tiveram um desempenho inferior (Figura 4D e 4E) na condição Congruente ($F_{1;11}$ 6,974; $p = 0,0229$) e foi apontada diferença na interação na condição Incongruente do Teste de Stroop (Figura 4E) ($F_{1;11}$ 5.996; $p = 0,0323$). É sugerido, neste ponto, que uma condição (CAF) não influenciou o desempenho na outra (PLA) o que não pode ser confirmado nos valores principais ($F_{1;11}$ 3,667; $p = 0,0819$) e no fator temporal ($F_{1;11}$ 0,08043; $p = 0,7820$). Não foram encontradas diferenças na situação Neutra no Teste de Stroop (Figura 4F).

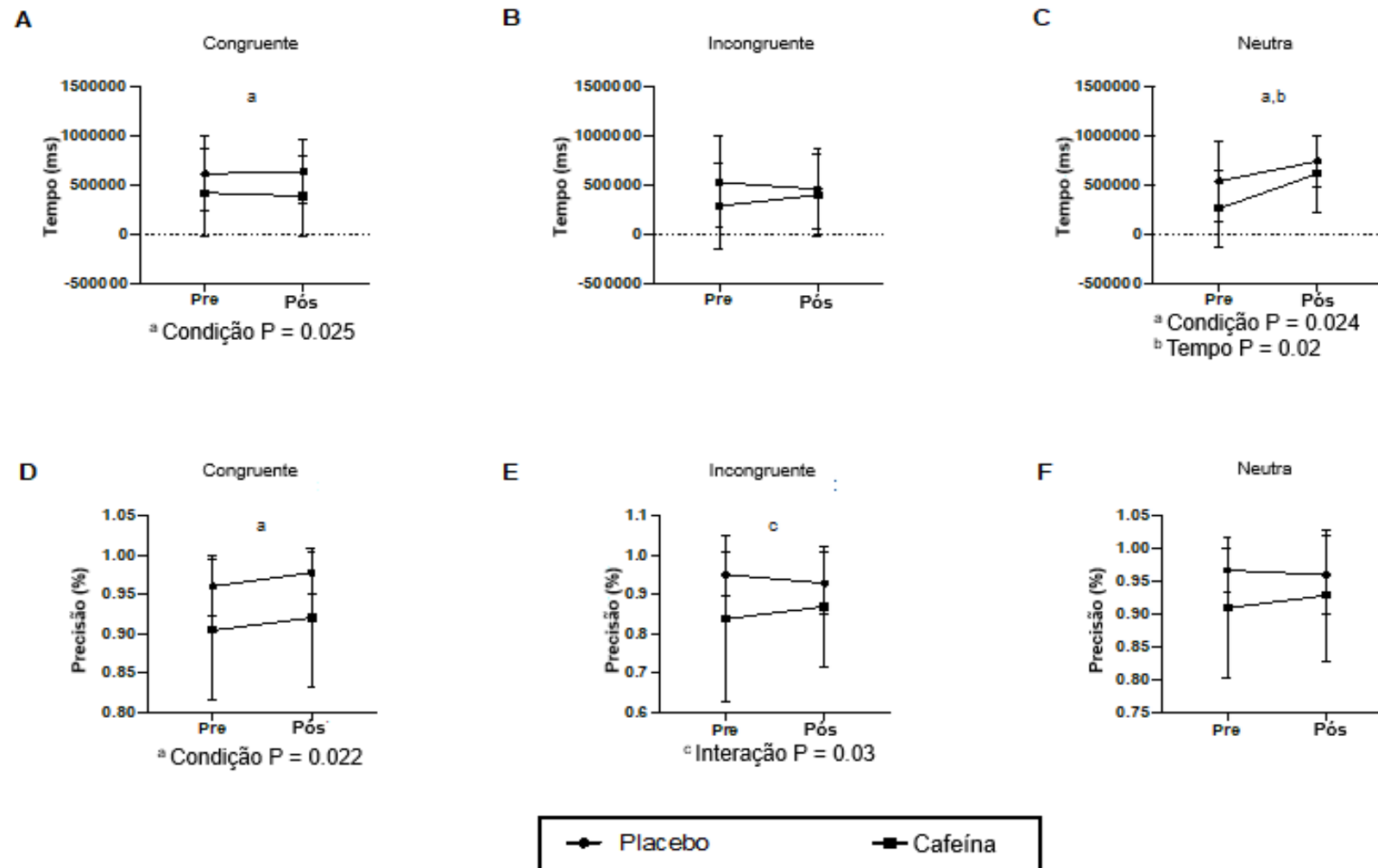


Figura 4. Desempenho no Teste de Stroop antes e depois dos cinco Jogos Reduzidos nas condições PLA e CAF. É indicado na figura quando os Efeitos Principais da ANOVA considerando $p < 0,05$.

4.2. DISCUSSÃO (ESTUDO 1)

O presente estudo investigou os efeitos da ingestão aguda de cafeína no desempenho do Teste de Stroop antes e após 5 séries de 5 minutos de Jogos Reduzidos (GOL+3x3+GOL) em atletas de futebol profissional. Embora a PSE aumentou durante o protocolo, indicando um aumento da intensidade global, a ingestão de CAF resultou em uma resposta mais rápida durante o Teste de Stroop em condições Congruentes e Neutras, mas com menor precisão na condição Congruente e Incongruente, conforme indicado pelos efeitos principais da condição PLA vs CAF. Até onde sabemos, este é o primeiro estudo que avalia os efeitos da ingestão aguda de CAF e do jogo específico de futebol no desempenho cognitivo em atletas de futebol.

Esta modalidade exige reações a informações externas para tomar as decisões e ações apropriadas de maneira muito rápida. Funções executivas, como avaliadas com o Teste de Stroop, são necessárias para o alto desempenho no futebol. Vestberg et al. (2017) avaliaram a função executiva usando a Bateria de Teste do Sistema de Funções Executivas Delis-Kaplan (D-KEFS) em homens e mulheres jogadores de futebol das ligas mais altas da Suécia e de ligas mais baixas. Os resultados demonstraram que as funções executivas podem prever o sucesso no esporte, uma vez que os atletas das ligas superiores superaram os das ligas inferiores, e os resultados no teste executivo foram significativamente associados às estatísticas de desempenho no jogo (objetivos e assistências) durante a temporada competitiva.

Tendo em conta que uma alta exigência foi requisitada aos participantes para desempenhar vários jogos reduzidos coletivos é fundamental que, para as melhores decisões, é fundamental uma elevada preservação das funções executivas no jogo de futebol para além dos aspectos técnicos e dos altos níveis de fadiga atingidos nos momentos de alta intensidade nos jogos. Tendo em conta essa fadiga, Smith et al. (2016) demonstraram que a fadiga mental induzida por 30 minutos do Teste de Stroop resultou em desempenho físico e técnico prejudicado em 12 jogadores de futebol avaliados pelo Teste de Recuperação Intermitente Yo-Yo 1 (Yo-Yo IR1) e pelo Loughborough Passing e Testes de Sprints, respectivamente. Com base nisso, intervenções com o objetivo de melhorar o desempenho cognitivo ou atenuar o declínio cognitivo durante exercícios fatigantes podem ser importantes para os atletas de futebol. Nesse sentido, a ingestão de CAF tem sido estudada, como no presente estudo, como uma ajuda ergogênica válida

devido a suas ações no sistema nervoso central (SNC) e efeitos positivos no desempenho físico (MIELGO-AYUSO et al., 2019; DAVIS; GREEN, 2009; GLAISTER; GISSANE, 2018).

A CAF atravessa a barreira hematoencefálica por difusão devido a suas características hidrofílicas e lipofílicas (MCCALL et al, 1982), podendo assim alcançar facilmente o SNC. O mecanismo pelo qual a ingestão de cafeína pode influenciar o estado de alerta, excitação e classificações da Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) é a inibição dos receptores de adenosina. A adenosina é uma purina com uma função geral de inibir a atividade neural, reduzindo a atividade locomotora, aumentando a percepção do esforço, inibição na liberação de neurotransmissores e hormônios (FISONE et al., 2004). Como a CAF atua como um inibidor competitivo da adenosina, aumentar sua concentração no SNC resulta em facilitar a liberação de noraepinefrina, dopamina, acetilcolina, serotonina e GABA (DALY, 2007). O resultado é a redução da percepção da dor, maiores níveis de atenção e atividade locomotora espontânea, aumento na taxa de disparo de unidades motoras nos músculos ativos e atenuação da fadiga (MCCALL et al., 1982; SAWYNOK, 1998).

Face às evidências apontadas anteriormente, foi presumido que esta ingestão acarretaria num melhor desempenho em todas as variáveis do teste de stroop, como apresentados nos resultados. Todavia, possivelmente, o primeiro trabalho investigando os efeitos da ingestão de CAF no desempenho do Teste de Stroop foi publicado em 1989 por Foreman et al. (1989). Foi demonstrado que a ingestão de 250 mg de CAF (3.45mg/kg^{-1}) resultou em um desempenho prejudicado no Teste de Stroop, com respostas mais lentas quando comparadas às bebidas não cafeinadas. Essa observação difere do trabalho atual, em que os participantes em condição de CAF exibiram uma resposta mais rápida, embora com menor precisão, pelo menos em algumas condições de Teste de Stroop.

Em atletas de esportes coletivos, a CAF promoveu efeitos positivos no vigor, mas os efeitos no desempenho do Teste de Stroop após um exercício intermitente não foram significativos, apesar dos autores relatarem uma tendência ($p = 0,072$ e $p = 0,087$ no tempo de reação e precisão, respectivamente) (ALI et al., 2016) que foram as variáveis investigadas. Outros trabalhos corroboraram esses resultados, sem efeitos da ingestão de CAF no desempenho do Teste de Stroop em participantes novos (BOTTOMS, GREENHALGH, GREGORY, 2013; KONISHI et al., 2018; DESLANDES et al., 2005).

Por outro lado, Patat et al (2000) demonstraram que uma dose única (600 mg) de uma forma de liberação lenta de CAF resultou em resposta mais rápida durante o Teste

de Stroop em indivíduos carentes de sono. Essa observação sugere que a CAF pode exercer desempenho cognitivo positivo em indivíduos fatigados.

A observação de respostas mais rápidas e com menor precisão não permitiu conclusões definitivas sobre o potencial da CAF como potencializador cognitivo para o atleta de futebol, uma vez que respostas rápidas a estímulos e decisões corretas e precisão durante o jogo são importantes para um melhor desempenho. Estudos futuros usando metodologias que avaliam parâmetros táticos e/ou tomada de decisões durante jogos de futebol ou atividades relacionadas ao futebol irão esclarecer o valor potencial da ingestão de CAF como um auxílio ergogênico para melhorar o desempenho cognitivo de jogadores de futebol.

4.3. LIMITAÇÕES (ESTUDO 1)

Apesar de, até onde sabemos, este ser o primeiro estudo que avalia os efeitos da ingestão aguda de CAF e do jogo específico de futebol no desempenho cognitivo em atletas de futebol mais estudos precisam ser feitos para se aprimorar algumas lacunas apresentadas

Um grande fator limitador é o ambiente decisório, atestado pelo software, ser completamente divergente do ambiente decisório real para os jogadores de futebol. Como visto, mesmo com um protocolo de esforço bastante exigente, como avaliado nas medidas de esforço, isso não foi suficiente para se fazer, uma correlação entre o desempenho em campo e o desempenho nos testes cognitivos.

Todavia, parece que o protocolo parece não influenciar, negativamente em ambas as condições, o casamento entre rápidas decisões e maiores precisões sendo esta a principal lacuna do presente estudo, em termos de achados.

Outra limitação se encontra em torno da possibilidade de influência do local de aplicação, porque continha a presença de companheiros na mesma sala.

CAPÍTULO 5 – ESTUDO 2

5. **Estudo 2:** Efeito da ingestão de cafeína sobre a tomada de decisão dos jogadores de futebol.

O objetivo do estudo 2 é avaliar o efeito da ingestão aguda de cafeína sobre as tomadas de decisão dos jogadores de futebol.

Os participantes do estudo compuseram-se de jogadores 19 de futebol profissional com idade de $22,4 \pm 4,1$ e Massa Corporal de $75,6 \pm 5,7$. Estas participantes foram diferentes do primeiro estudo. Todos os dados foram coletados após a aprovação do Comitê de Ética nº 5542 – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil (CAE: 66849317.9.0000.5542). Inicialmente os jogadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participar do estudo.

Foi utilizado o mesmo tipo de jogo reduzido, 3+GOL x 3+GOL em campo de futebol com grama natural (36m de comprimento x 27 m de largura), como estipulado por Costa et al (2011) e explicado no estudo anterior. O período de coleta foi se deu no período competitivo.

Porém, para a determinação da capacidade de tomada de decisão durante os jogos reduzidos, uma câmera foi utilizada para filmar o jogo, de acordo com procedimentos indicados pelo mesmo autor (COSTA et al.; 2011) e apresentado na Figura 7 (adiante) a fim de se obter informações sobre o Sistema de Avaliação Tática no Futebol (FUT-SAT). Este sistema visa analisar das decisões dos jogadores conforme os Princípios Táticos Fundamentais do Jogo de Futebol (GARGANTA; PINTO, 1994; COSTA et al., 2010).

O FUT-SAT surgiu como plataforma de análise do desempenho tático dos jogadores de futebol (COSTA, 2010; COSTA et al, 2011) para servir como uma ferramenta auxiliar na extração da carga interna mental, i.e., das tomadas de decisão do jogador de futebol, (Figura 5) não apenas no sentido individual como providenciar um parâmetro coletivo (COSTA et al, 2011; COSTA et al, 2015).



Figura 5. Layout do software FUTSAT (COSTA, 2010).

Esta ferramenta permitirá a análise dos Princípios de jogo ou princípios táticos do jogo de futebol. Segundo León Teodorescu (2003) esses Princípios ou Componentes Fundamentais da Tática podem ser divididos em Fases, Princípios, Fatores e Formas.

As Fases são as etapas percorridas no desenvolvimento quer do ataque quer da defesa desde o seu início até à sua conclusão. Os Princípios são normas de base segundo as quais os jogadores, individual, em grupo ou coletivamente, devem coordenar a sua atividade durante o desenvolvimento das fases (defesa e ataque). Os Fatores são os meios que os jogadores utilizam, qualquer que seja a fase do jogo, tendo em conta a aplicação dos respectivos princípios. As Formas são as estruturas organizadores da atividade durante o jogo e nas diversas fases (TEODORESCU; 2003; GARGANTA; PINTO; 1994).

O êxito do ataque e da defesa exige uma coordenação precisa das ações dos jogadores, segundo Princípios Gerais e Princípios Específicos. Respectivamente, o primeiro reflete uma preocupação nas zonas de disputa de bola e seguinte representam um conjunto de regras que devem coordenar as ações dos jogadores. Em suma, os Princípios de jogo são as “... normas que orientam o jogador na procura das soluções mais eficazes, nas diferentes situações de jogo” (GARGANTA; PINTO; 1994, p.106) que podem ser resumidos da seguinte forma (Quadro 1).

QUADRO 1. ADAPTAÇÃO DAS FASES E PRINCÍPIOS DO ATAQUE E DA DEFESA (QUEIRÓZ, 1983 apud GARGANTA; PINTO; 1994; TEOLDO et al; 2017)		
JOGO DE FUTEBOL		
Ataque (com posse de bola)		Defesa (sem posse de bola)
OBJETIVOS		
- Progressão/Finalização - Manutenção da posse de bola		- Cobertura/Defesa da baliza - Recuperação da posse da bola
FASES		
- Construção das Ações Ofensivas - Criação de Situações de Finalização - Finalização		- Impedir a construção das ações ofensivas - Anular as situações de finalização - Defender a baliza
PRINCÍPIOS		
Gerais		
- Não permitir a inferioridade numérica - Evitar a igualdade numérica - Procurar criar superioridade numérica		
Operacionais		
- Conservar a bola - Construir ações ofensivas - Progredir pelo campo de jogo do adversário - Criar situações de finalização Finalizar a baliza adversária	TRANSIÇÃO DEFESA-ATAQUE E/OU ATAQUE- DEFESA	- Impedir a progressão do adversário - Reduzir o espaço do jogo adversário - Proteger a baliza - Anular as situações de finalização - Recuperar a bola
Fundamentais		
1. Penetração 2. Cobertura Ofensiva 3. Mobilidade 4. Espaço 5. Unidade Ofensiva	TRANSIÇÃO DEFESA-ATAQUE E/OU ATAQUE- DEFESA	1. Contenção 2. Cobertura Defensiva 3. Equilíbrio 4. Concentração 5. Unidade Defensiva

Desta forma, os Princípios de jogo são atributos causais que servem como metas atradoras de uma performance tática planejada (TAMARIT, 2013). Esta intencionalidade orienta os jogadores na antecipação dos resultados das circunstâncias do jogo e para melhores escolhas, i.e., decidir, dentre uma opção entre muitas (ARAÚJO, 2013).

Neste sentido, para a captação dessas decisões, a ferramenta FUT-SAT contempla as seguintes premissas:

- O FUT-SAT promove ferramentas de avaliações da performance tática pela captação da performance no jogo reduzido a seguir o protocolos/testes desde o 3+GOLx3+GOL ao 11x11. O tamanho do campo e da baliza variam conforme os números de jogadores e, ainda, conforme o desenho experimental dos estudos decorridos.
- Todo desempenho tático é captado com base em três procedimentos realizados antes dos jogos. Estes procedimentos partem da definição de critérios para a análise das ações realizadas pelos jogadores na fase ofensiva, durante os jogos, em que são obtidas as unidades táticas (COSTA et al., 2011a). Assim, o primeiro item de obtenção das unidades de performance tática é captado a partir de três considerações básicas conceituadas por Garganta (1997): i) a realização de, pelo menos, três contatos consecutivos com a bola; ii) a execução de um passe positivo (o que permite a manutenção da posse da bola) e; iii) a realização uma finalização à baliza.
- O segundo procedimento tem a ver com a avaliação, classificação e gravação das ações táticas por meio do *software Soccer Analyser*® (COSTA et al., 2011) ou da sua versão mais recente o *Soccer View*®. A partir desses apontadores, são consideradas as referências espaciais baseadas no conceito de organização do campo em setores, que são linhas imaginárias que dividem o campo em 12 zonas, reguladas pelo epicentro do jogo (posição da bola), da linha da bola (linha transversal à posição da bola) e do centro de jogo (círculo virtual de 5 metros de raio a partir do epicentro, em que dependente da linha da bola este raio pode dividir o campo em mais ou menos ofensivo).
- Geralmente são utilizadas câmeras digitais para se realizar as filmagens. Estas são posicionadas em diagonal com, no mínimo, 5m de distância e acima de 8m de altura (Figura 7). Com isso, se impetraram imagens em

largura e profundidade do campo como evitando as sobreposições dos jogadores. Imediatamente, as filmagens foram convertidas em formato digital ‘.avi’ e esquematizadas pelo *software*.

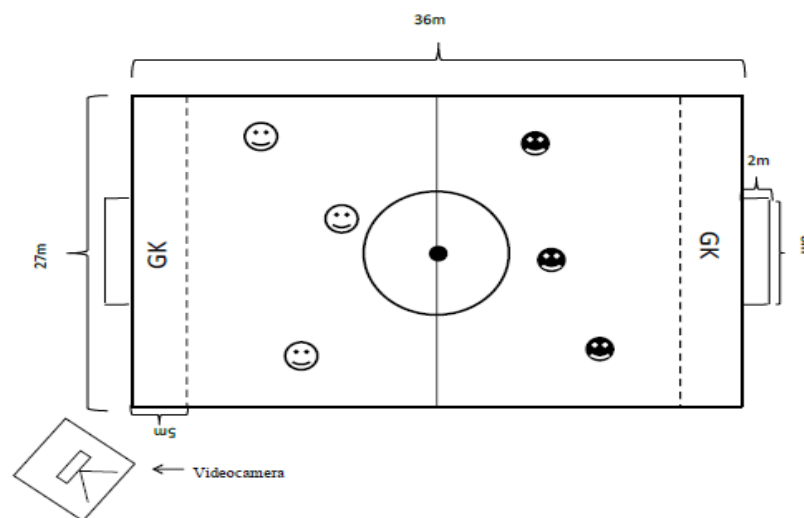


Figura 6. Posição da câmera e colocação dos jogadores no espaço. GK: goleiro (COSTA et al.,2010).

As referências espaciais utilizadas no jogo estão representadas a seguir:

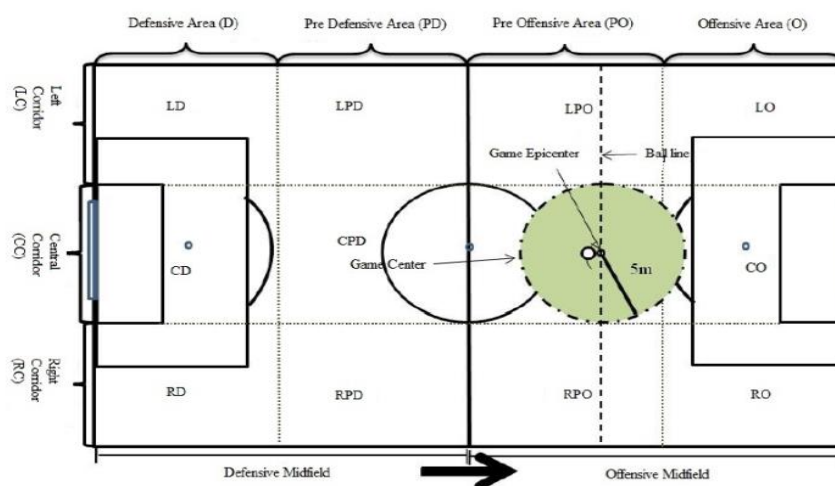


Figura 7. Referências espaciais do jogo 3+GOLx3xGOL (COSTA et al., 2010).

- O terceiro procedimento tem a ver com os critérios de captação das variáveis de comportamento tático. Esta avaliação é realizada por meio da observação de quatro fatores: i) Realização do Princípio Tático (RP) (Fez = 1; Não fez = 0), ii) Qualidade de Realização da Ação Tática (QR) (Bem-

sucedido = 10; Mal sucedido = 5), iii) Localização da Realização da Ação Tática no Campo de Jogo (LR) (Meio-campo ofensivo [Ações táticas ofensivas = 2; Ações táticas defensivas = 2]; Meio-campo defensivo [Ações táticas defensivas = 1; Ações táticas ofensivas = 1]) e, iv) Resultado da Ação Tática (RA) (Ofensiva [Realizar finalização à baliza = 5; Continuar com a posse de bola = 4; Sofrer falta, ganhar lateral ou escanteio = 3; Cometer falta, ceder lateral ou escanteio = 2 e; Perder posse de bola = 1]; Defensivo [Recuperar a posse de bola = 5; Sofrer falta, ganhar lateral ou escanteio = 4; Cometer falta, ganhar lateral ou escanteio = 3; Continuar sem posse de bola = 2 e; Sofrer finalização à baliza = 1]) (COSTA et al., 2009; GONÇALVES; REZENDE; COSTA, 2017).

- Essas pontuações se baseiam nos Princípios Táticos Fundamentais do Jogo de Futebol (COSTA et al., 2009) que são os princípios Ofensivos (Penetração: redução da distância entre o portador da bola e a baliza ou a linha de fundo adversária. Cobertura ofensiva: oferecimento de apoios ofensivos ao portador da bola. Espaço: utilização e ampliação do espaço de jogo efetivo em largura e profundidade. Mobilidade: criação de instabilidade na organização defensiva adversária. Unidade ofensiva: movimentação de avanço ou apoio ofensivo do(s) jogador(es) que compõe(m) a última linha transversal da equipe) e, Defensivos (Contenção: realização de oposição ao portador da bola. Cobertura defensiva: oferecimento de apoios defensivos ao jogador de contenção. Equilíbrio: estabilidade ou superioridade numérica nas relações de oposição. Concentração: aumento de proteção defensiva na zona de maior risco à baliza. Unidade defensiva: redução do espaço de jogo efetivo da equipe adversária.
- Com base nisso, é gerado o Índice de Performance Tática (IPT) considerando a seguinte equação:
$$IPT = \frac{\sum \text{Ações Táticas (RP x QR x LA x RA)}}{\text{Número de Ações Táticas}}$$
 (COSTA et al., 2011).
- O FUT-SAT contempla, no total, 76 variáveis que são tratadas pelo sistema organizadas de acordo com o tipo de informação. O Sistema é iniciado pela variável Macrocategoria Observação. Este é um conjunto de 24 variáveis de jogo baseadas nos Princípios Táticos distinguidos (10 categorias), Local de Ações Táticas no Campo (4 categorias) e o Resultado

da Ação (10 categorias). Esta grande categoria origina a Macrocategoria Produto. Esta, por sua vez, tem 13 categorias respectivamente, resultam em 52 variáveis divididas como: IPT, Ações Táticas, Percentagem de Erros e Local de Ação Tática Relacionado ao Princípio.

- Na Macrocategoria Observação são obtidas as informações necessárias para se analisar as tomadas de decisão.
- Todas as variáveis obtidas são as seguintes: Variáveis da Macrocategorias Produto: Total de Sucessos Ofensivos (TSO); Total de Sucessos Defensivos (TSD); Total de Erros Ofensivos (TEOF); Total de Erros Defensivos (TEDEF); Total no Campo Contrário Ofensivo; Total no Campo Contrário Defensivo; Índice de Performance Tática Ofensiva; Índice de Performance Tática Defensiva e; Índice de Performance Tática de Jogo.

Todos os procedimentos são semelhantes ao experimento 1 com exceção da realização do teste de Stroop e a aferição da capacidade de tomada de decisão pelo software supracitado.

Os testes decorreram nas seguintes condições ambientais: i) Temperatura (°C) (Início: $31,6 \pm 1,86$, Fim: $32,31 \pm 2,73$); ii) Umidade relativa do ar (%) (Início: $55,01 \pm 22,76$, Fim: $53,68 \pm 22,22$) e; iii) Velocidade do vento (m/s) (Início: $3,72 \pm 4,07$, Fim: $2,64 \pm 5,11$). Estas variáveis foram aferidas pelo Termo-Higro-Anemômetro Digital Akrom KR825® (São Leopoldo-RS, Brasil).

Um diagrama ilustrando o desenho experimental é apresentado na Figura 8.

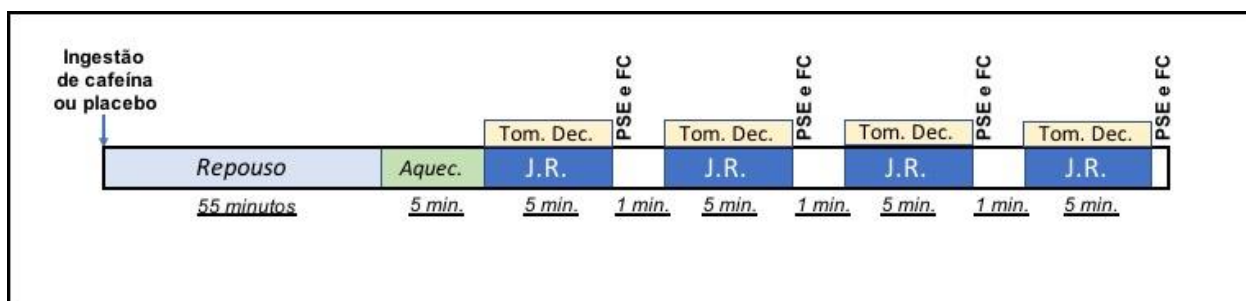


Figura 8. Desenho experimental do estudo 2.

Legenda: Aquec.: Aquecimento; PSE: Percepção subjetiva de esforço; FC: Frequência cardíaca; J.R.: Jogo reduzido; Tom. Dec.: Avaliação da tomada de decisão.

Entretanto, dos 19 participantes 17 eram consumidores de CAF com ingestão média diária de ~19,94mg por dia. Essa informação foi obtida pelo questionário disponível por Maughan (1999). Apenas 16% (2) dos participantes identificaram o uso de CAF, revelando a eficácia do cegamento.

5.1.RESULTADOS (ESTUDO 2)

Na seguinte Tabela 2, é possível verificar o controle do cegamento realizado (Klauss et al.; 2014).

TABELA 2. CONTROLE DO CEGAMENTO (ESTUDO 2)				
Placebo (n=19)			Cafeína (n=19)	
N	Condição	GC	Condição	GC
1	C	3	C	3
2	C	2	N	4
3	C	4	C	2
4	C	4	N	3
5	C	3	N	3
6	C	3	N	2
7	N	2	N	4
8	C	3	N	3
9	C	4	N	3
10	C	5	N	3
11	N	2	N	2
12	N	3	N	2
13	N	4	N	3
14	C	3	N	3
15	C	3	N	3
16	C	5	N	3
17	N	3	N	3
18	C	5	N	4
19	C	5	N	3
Total		66 de 95	56 de 95	
Média±DP		3,47±1,02	2,95±0,62	
%Acerto		26	16	
%GC		69	59	

Legenda: C: Cafeína; N: Neutro; GC: Grau de Certeza; DP: Desvio Padrão

5.1.1. PERFORMANCE FISIOLÓGICA E SUBJETIVA

Na Tabela 3 estão os dados descritivos relativos à FC dos jogadores que participaram do estudo.

Não foram observadas diferenças na FC entre as condições CAF e PLA ($F_{1,18}$: 0,785; $P = 0,387$). Um efeito principal significativo foi observado para o tempo ($F_{5,90}$: 472,4; $P < 0,0001$) em ambas as condições, mas sem efeito principal de interação ($F_{5,90}$: 1,465; $P = 0,21$). A análise post-hoc e o MBI indicaram maior FC para a condição CAF ($P = 0,999$; ES: 0,37; “provável”) durante o repouso.

Os parâmetros relativos ao esforço captados pela Percepção Subjetiva do Esforço (PSE 0-10) se encontram na Tabela 4.

Nenhuma diferença foi observada no RPE entre as condições ($F_{1,18}$: 1,107; $P = 0,31$), mas um efeito significativo do tempo foi observado ($F_{4,72}$: 80,42; $P < 0,0001$) e nenhuma interação ($F_{4,72}$: 0,997; $P = 0,41$) (Figura 9).

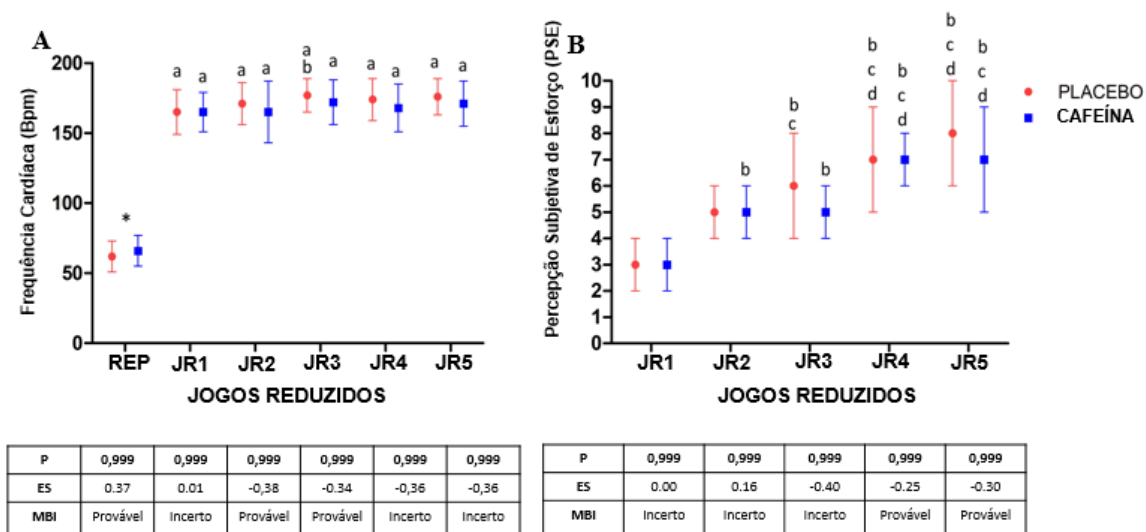


Figura 9: A) Frequência cardíaca em repouso e após cinco jogos reduzidos; B) Avaliação da percepção de esforço após cinco jogos reduzidos. a) $P < 0,05$ vs. repouso; b) $P < 0,05$ vs. JR1; c) $P < 0,05$ vs. JR2; c) $P < 0,05$ vs. JR3. **Legenda:** P: valor p; ES: tamanho do efeito; MBI: inferência baseada em magnitude; REP: Repouso; JR1: jogo 1; JR2: jogo 2; JR3: jogo 3; JR4: jogo 4; e JR5: jogo 5.

TABELA 3. FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE O PROTOCOLO

FREQUÊNCIA CARDÍACA (Bpm)																					
JOGOS	REP.			JOGO 1			JOGO 2			JOGO 3			JOGO 3			JOGO 4			JOGO 5		
	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%
ME±DP	62±3	66±3	7	165±4	165±3	0,1	171±3	165±5	-	177±3	172±4	-	177±3	172±4	-	174±4	168±4	-	176±3	171±4	-
IC95%	57-	61-		157-	158-		164-	154-	3,5	171-	165-	2,5	171-	165-	2,5	167-	160-	3,2	170-	163-	2,8
	67	72		173	172		178	176		183	180		183	180		181	177		182	178	

Legenda: Bpm: Batimentos por minuto; CAF: Cafeína; DP: Desvio Padrão; IC95%: Intervalo de Confiança (95%); ME: Média; PLA: Placebo; REP: Repouso; Δ%: Delta (em Percentis).

TABELA 4. PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO DURANTE O PROTOCOLO

PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO (ESCALA DE BORG 0 -10)															
JOGOS	JOGO 1			JOGO 2			JOGO 3			JOGO 4			JOGO 5		
	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%
ME±DP	3,4±0,23	3,4±0,22	0	4,5±0,2	4,7±0,3	-3,4	5,8±0,3	5,4±0,3	7,8	7,2±0,5	6,6±0,3	8,7	7,9	7,4	7,1
IC95%	2,9-3,9	3,0-3,9		4,1-5,0	4,0-5,3		5,1-6,5	4,7-6,0		6,1-8,3	5,9-7,3		7,1-8,8	6,7-8,2	

Legenda: CAF: Cafeína; DP: Desvio Padrão; IC95%: Intervalo de Confiança (95%); ME: Média; PLA: Placebo; REP: Repouso; Δ%: Delta (em Percentis).

5.1.2. PERFORMANCE TÁTICA

Após distinguir o padrão de esforço dos jogadores em cada condição no protocolo, é possível cruzar com as informações no Desempenho Geral Tático Geral (Tabela 5). Esta performance é uma somatória da performance tática geral em ambas as Condições.

As tomadas de decisão são apresentadas baseadas nos Princípios Táticos Fundamentais, como exposto anteriormente.

Assim, não foram detectadas diferenças entre todos os Jogos ($F_{1,4}$: 1,89; $p = 0,130$) e jogos por dia ($F_{1,4}$: 0,000; $p = 1,000$) revelando a reprodutibilidade do protocolo. Entretanto, observando temporalmente ocorreu o decréscimo decisional, revelados em termos clínicos, na comparação do J1-J3 ($p = 0,442$; TE: -0,69; “*provável*”), do J1-J4 ($p = 0,513$; TE: -0,64; “*provável*”) e do J1-J5 ($p = 0,119$; TE: -0,88; “ *muito provável*”) (FIGURA 10A) na somatória de todos os grupos.

Figura 10. Total de Tomada de Decisão nos jogos realizados.

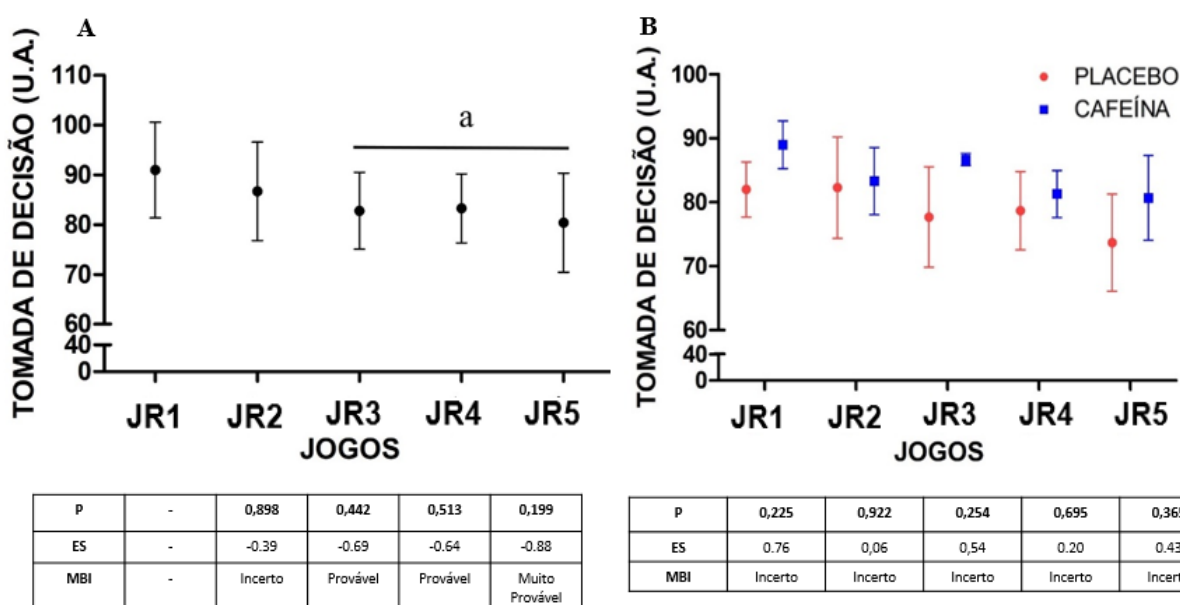


Figura 10: A) (a) representa diferença estatística e/ou substancial para J1; B) U.A: Unidade Arbitrária; J1: Jogo 1; J2: Jogo 2; J3: Jogo 3; J4: Jogo 4 e; J5: Jogo 5. **Legenda:** P: valor p; ES: tamanho do efeito; MBI: inferência baseada em magnitude; JR1: jogo 1; JR2: jogo 2; JR3: jogo 3; JR4: jogo 4; e JR5: jogo 5.

Quantitativamente os comportamentos são semelhantes (Tabela 6) quando comparados dentre as Condições ($F_{5\%,1,18}$: 2,521; $p = 0,253$) e Jogos ($F_{5\%,1,18}$: 8,16; $p = 0,104$). Os resultados para as Condições x Jogos ($F_{5\%,1,18}$: 0,031; $p = 0,877$) apontam que não houve interação.

TABELA 5. DESEMPENHO GERAL EM QUANTIDADE DE TOMADA DE DECISÃO

DESEMPENHO GERAL									
JOGOS	JOGO 1	JOGO 2	Δ%	JOGO 3	Δ%	JOGO 4	Δ%	JOGO 5	Δ%
ME±DP	91±10	87±10	-4,8	83±8	-4,5	83±7	0,7	80±10	-3,5

IC95%	84-98	79-94	77-89	78-89	1073-88
-------	-------	-------	-------	-------	---------

Legenda: CAF: Cafeína; DP: Desvio Padrão; IC95%: Intervalo de Confiança (95%); ME: Média; PLA: Placebo; REP: Repouso; Δ%: Delta (em Percentis).

TABELA 6. DESEMPENHO GERAL EM QUANTIDADE DE TOMADA DE DECISÃO POR CONDIÇÕES

DESEMPENHO NAS CONDIÇÕES PLA x CAF																
GERAL (U.A.)	JOGOS	JOGO 1			JOGO 2			JOGO 3			JOGO 4			JOGO 5		
		PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%
	ME±DP	82±3	89±3	8,5	82±6	83±4	1,2	78±6	87±1	11,6	79±4	81±3	3,4	74±5	81±5	9,5
POSSE (seg.)																
	IC95%	69-95	78-100		58-106	67-99		54-102	84-90		60-97	70-93		51-97	60-101	
	ME±DP	112,75±12,3	109,25±6,97	-3,1	102,75±20,7	119,75±10,6	16,5	80,75±10,3	108,75±11,3	34,7	106,75±10,4	106,25±15,3	-0,5	97,75±4,75	109,50±8,18	12,5
POSSE (seg.)																
	IC95%	73,48-152,02	87,07-131,34		36,62-168,88	85,79-153,71		47,87-113,63	71,42-146,80		73,51-139,99	56,52-155,98		82,63-112,87	83,47-135,53	

Legenda: CAF: Cafeína; DP: Desvio Padrão; IC95%: Intervalo de Confiança (95%); ME: Média; PLA: Placebo; REP: Repouso; Δ%: Delta (em Percentis).

A posse de bola foi significativamente diferente entre as condições ($F_{1,4}$: 5,565; P = 0,0233). Nenhum efeito principal foi encontrado para o tempo ($F_{1,4}$: 1,435; P = 0,240) e nenhuma interação foi observada ($F_{1,4}$: 0,985; P = 0,426, Figura 11B). Maior posse de bola foi observada na CAF em relação à condição PLA (Figura 11A) e no JR2; JR3; e JR5 (Figura 11B).

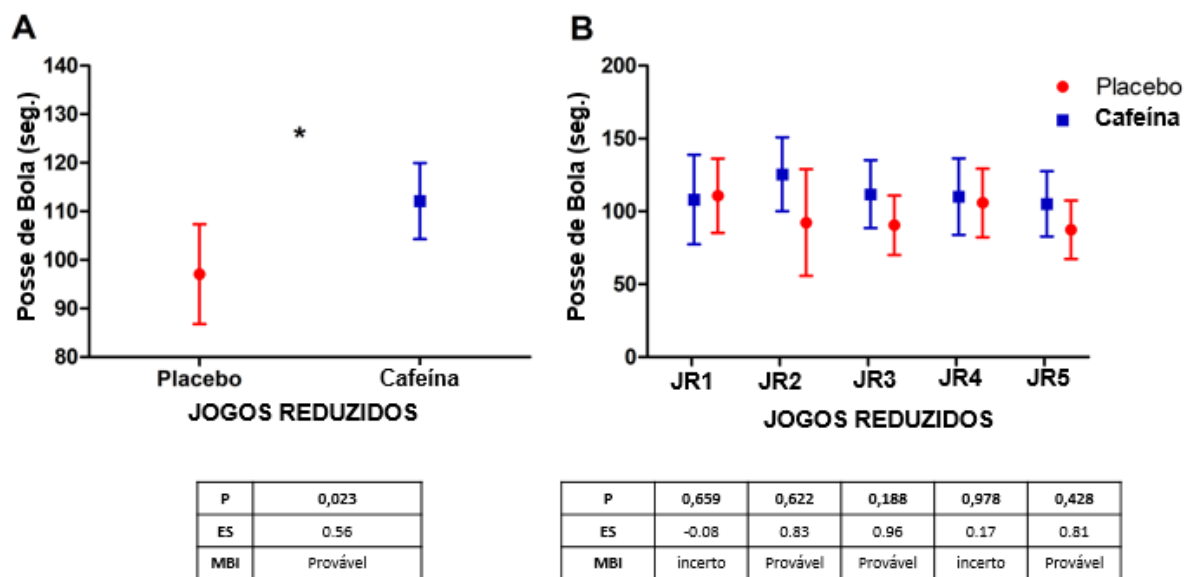


Figura 11: A) Posse de Bola (total) em segundos (seg.); B) Posse de bola em cada jogo em segundos (seg.). * $P < 0.05$ Placebo vs Cafeína.

Na Tabela 7, observa-se a fase ofensiva dos princípios táticos fundamentais do futebol. No princípio de penetração não foi encontrada diferença para o índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,000; P = 0,983], tempo [$F_{4,72}$: 0,763; P = 0,552] e interação [$F_{4,72}$: 1,263; P = 0,292]), para a frequência de ações (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,189; P = 0,668], tempo [$F_{4,72}$: 0,664; P = 0,618] e interação [$F_{4,72}$: 1,282; P = 0,285]), para a porcentagem de eficiência tática (entre as condições [$F_{1,18}$: 2,313; P = 0,227], tempo [$F_{4,72}$: 0,795; P = 0,269] e interação [$F_{4,72}$: 1,778; P = 0,059]) e para os erros táticos (entre as condições [$F_{1,18}$: 1,560; P = 0,597], tempo [$F_{4,72}$: 1; 323; P = 0,999] e interação [$F_{4,72}$: 2,377; P = 0,999]). De acordo com o MBI, um desempenho superior na condição CAF foi encontrado em comparação ao PLA no índice de desempenho tático no jogo reduzido-1 (JR1), Porcentagem de Eficiência Tática (JR1) e redução de erros táticos neste princípio tático (JR1) com exceção à frequência de ações (JR4) que foi superior para a condição PLA.

Os resultados não mostraram diferença para a cobertura ofensiva (Tabela 7) no índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,0359; P = 0,851], tempo [$F_{4,72}$: 0,3423; P =

0,848] e interação [$F_{4, 72}$: 0,9260; $P = 0,453$]), frequência de ações (entre as condições [$F_{1,18}$: 1,005; $P = 0,3292$], tempo [$F_{4,72}$: 1,515; $P = 0,207$] e interação [$F_{4,72}$: 1,297; $P = 0,2792$]). Para porcentagem de eficiência tática não foi encontrada diferença entre as condições ($F_{1,18}$: 0,198; $P = 0,661$), mas foi detectada diferença na interação ($F_{4,72}$: 3,394; $P = 0,013$) e tempo de tendência ($F_{4,72}$: 2,426; $P = 0,055$). Para erros táticos não há diferença entre as condições ($F_{1,18}$: 0,4362; $P = 0,517$), para o tempo ($F_{4,72}$: 0,5712; $P = 0,684$) e para a interação ($F_{4,72}$: 1,301; $P = 2,778$). De acordo com o MBI, foi encontrado um desempenho superior na condição CAF em relação ao PLA no índice de desempenho tático (JR5), porcentagem de eficiência tática (JR1 e JR4) e menos erros táticos (JR4). Maior desempenho foi encontrado, apontando melhor desempenho para a condição PLA na frequência das ações (JR3), porcentagem de eficiência tática (JR2 e JR3) e para redução dos erros táticos (JR2).

Para o princípio tático espaço (Tabela 7) os resultados não mostraram diferença para todos os detalhes do índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,1905; $P = 0,667$], tempo [$F_{4,72}$: 1,854; $P = 0,128$] e interação [$F_{4,72}$: 0,4029; $P = 0,80$]), frequência de ações (entre as condições [$F_{1,18}$: 1,574; $P = 0,225$], tempo [$F_{4,72}$: 2,105; $P = 0,08$] e interação [$F_{4,72}$: 0,7630; $P = 0,552$]), porcentagem de eficiência tática (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,9077; $P = 0,353$], tempo [$F_{4,72}$: 1,082; $P = 0,371$], interação [$F_{4,72}$: 0,7183; $P = 0,582$]). Para erros táticos, a situação foi semelhante (entre as condições [$F_{1,18}$: 1,550; $P = 0,22$], para o tempo [$F_{4,72}$: 1,406; $P = 0,24$] e interação [$F_{4,72}$: 0,6346; $P = 0,63$]). O MBI apresentou desempenho superior na condição CAF em relação ao PLA na frequência de ações (JR2), na porcentagem de eficiência tática (JR3) e no número reduzido de erros táticos (JR3).

Para a mobilidade (Tabela 7), as análises estatísticas também não detectaram diferenças para todos os desempenhos táticos detalhados. Isso ocorreu para o índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 1,095; $P = 0,309$], tempo [$F_{4,72}$: 1,824; $P = 0,133$] e interação [$F_{4,72}$: 0,1180; $P = 0,975$]), frequência de ações (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,0123; $P = 0,912$], tempo [$F_{4,72}$: 2,035; $P = 0,985$] e interação [$F_{4,72}$: 0,485; $P = 0,743$]), porcentagem de eficiência tática (entre condições [$F_{1,18}$: 0,8971; $P = 0,3561$], tempo [$F_{4,72}$: 1,565; $P = 0,1929$], interação [$F_{4,72}$: 1,565; $P = 0,192$]) e erros táticos (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,2989; $P = 0,5913$], para o tempo [$F_{4,72}$: 0,8348; $P = 0,507$] e interação [$F_{4,72}$: 0,7262; $P = 0,576$]).

Para a unidade ofensiva (Tabela 7), os resultados não mostraram diferença no índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,2592; $P = 0,6161$], tempo [$F_{4,72}$: 0,6270; $P = 0,644$] e interação [$F_{4,72}$: 1,656; $P = 0,169$]), porcentagem de eficiência tática (entre as

condições [$F_{1,18}$: 2,081; $P = 0,1664$], tempo [$F_{4,72}$: 2,183; $P = 0,079$], interação [$F_{4,72}$: 1,231; $P = 0,305$], erros táticos (entre as condições [$F_{1,18}$: 2,649; $P = 0,121$], para o tempo [$F_{4,72}$: 1,800; $P = 0,1382$], interação [$F_{4,72}$: 0,8186; $P = 0,517$]). Da mesma forma, nenhuma diferença ocorreu para a frequência das ações (entre as condições [$F_{1,18}$: 2,588; $P = 0,125$], tempo [$F_{4,72}$: 0,2532; $P = 0,906$]) excepcionalmente para a interação ($F_{4,72}$: 2,909; $P = 0,027$). Maior desempenho na condição CAF foi encontrado em comparação ao PLA de acordo com o MBI em frequência de ações (JR4 e JR5) e erros táticos (JR4). No JR2 os jogadores na condição PLA apresentaram um resultado superior no percentual de eficiência tática.

A fase defensiva dos princípios fundamentais também foi observada (Tabela 8). No princípio do contenção, os resultados também não mostraram nenhuma diferença para todos os desempenhos táticos detalhados. Isso ocorreu para o índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,175; $P = 0,680$], tempo [$F_{4,72}$: 1,921; $P = 0,116$] e interação [$F_{4,72}$: 0,4407; $P = 0,778$]), frequência de ações (entre as condições [$F_{1,18}$: 2,297; $P = 0,147$], tempo [$F_{4,72}$: 2,215; $P = 0,075$] e interação [$F_{4,72}$: 1,036; $P = 0,394$]), porcentagem de eficiência tática (entre condições [$F_{1,18}$: 1,099; $P = 0,308$], tempo [$F_{4,72}$: 1,105; $P = 0,360$], interação [$F_{4,72}$: 0,7096; $P = 0,588$]) e erros táticos (entre as condições [$F_{1,18}$: 2,264; $P = 0,1497$], para o tempo [$F_{4,72}$: 0,5953; $P = 0,667$] e interação [$F_{4,72}$: 2,234; $P = 0,738$]). De acordo com o MBI, foi encontrado um desempenho superior na condição PLA em relação ao CAF no índice de desempenho tático (JR1) e na frequência de ações (JR5). Os jogadores na condição CAF cometeram erros táticos reduzidos em dois jogos (JR3 e JR5).

Para a cobertura defensiva (Tabela 8) os resultados também mostraram diferença para o índice de desempenho tático, frequência de ações e porcentagem de eficiência tática apenas entre as condições (respectivamente [$F_{1,18}$: 12,67; $P = 0,002$]; [$F_{1,18}$: 8,347 ; $P = 0,009$] e [$F_{1,18}$: 5,541; $P = 0,030$]). Para as mesmas variáveis, não há diferença detectada entre tempo (respectivamente [$F_{4,72}$: 0,6944; $P = 0,598$; $F_{1,18}$: 0,458; $P = 0,765$ e $F_{1,18}$: 0,885; $P = 0,474$]) e interação (respectivamente, [$F_{4,72}$: 1,869; $P = 0,1252$; $F_{1,18}$: 1,102; $P = 0,362$ e $F_{1,18}$: 0,6551; $P = 0,625$]). Esta condição estatística continua em erros táticos (entre as condições [$F_{1,18}$: 1,329; $P = 0,2641$], para o tempo [$F_{4,72}$: 0,2432; $P = 0,9128$] e interação [$F_{4,72}$: 1,815; $P = 0,9352$]). Maior desempenho na condição CAF foi encontrado em comparação ao PLA pela MBI, no índice de desempenho tático (JR1), nas frequências de ações (JR1, JR3, JR4 e JR5) e nos erros táticos (JR3). Os jogadores na condição PLA apresentaram melhor desempenho no percentual de eficiência tática (JR1 e JR4).

Para o equilíbrio defensivo (Tabela 8) os resultados também não mostraram diferença para o índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,158; $P = 0,695$], tempo [$F_{4,72}$: 1,256; $P = 0,2953$] e interação [$F_{4,72}$: 0,155; $P = 0,3380$]), frequência de ações (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,0043; $P = 0,9480$], tempo [$F_{4,72}$: 2,309; $P = 0,066$] e interação [$F_{4,72}$: 0,5137; $P = 0,725$]), porcentagem de eficiência tática (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,5786; $P = 0,456$] e interação [$F_{4,72}$: 0,6238; $P = 0,647$] excepcionalmente com o tempo [$F_{4,72}$: 3,727; $P = 0,0082$]) e erros táticos (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,0744; $P = 0,7881$] e interação [$F_{4,72}$: 0,4284; $P = 0,787$] excepcionalmente tempo [$F_{4,72}$: 3,180; $P = 0,018$]). De acordo com o MBI, foi encontrado um desempenho superior na condição CAF em relação ao PLA no índice de desempenho tático (JR4), na frequência das ações (JR4) e no percentual de Eficiência Tática (JR4). Porém, jogadores em condição CAF cometeram erros táticos importantes no JR1.

No princípio tático defensivo, concentração (Tabela 8), os resultados não mostraram diferença para o índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 1,1607; $P = 0,6932$] e interação [$F_{4,72}$: 1,733; $P = 0,152$], mas o tempo [$F_{4,72}$: 2,826; $P = 0,030$]), frequência de ações (tempo [$F_{4,72}$: 0,4861; $P = 0,7459$] e interação [$F_{4,72}$: 1,149; $P = 0,340$], com exceção entre as condições [$F_{1,18}$: 4,911; $P = 0,039$]), porcentagem de eficiência tática (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,9059; $P = 0,766$], tempo [$F_{4,72}$: 0,697; $P = 0,5964$], interação [$F_{4,72}$: 1,318; $P = 0,271$]) e erros táticos (entre as condições [$F_{1,18}$: 1,211; $P = 0,285$], para o tempo [$F_{4,72}$: 0,397; $P = 0,836$] e interação [$F_{4,72}$: 2,137; $P = 0,085$]). Os jogadores na condição PLA apresentaram, devido à análise do MBI, desempenho superior em relação ao CAF em frequência de ações (JR1 e JR2) e na porcentagem de eficiência tática (JR4). Já os jogadores na condição CAF apresentaram melhor desempenho no índice de desempenho tático (JR3) e menos erros táticos no JR3.

Os resultados da unidade defensiva (Tabela 8) não mostraram diferença no índice de desempenho tático (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,0006; $P = 0,9794$], tempo [$F_{4,72}$: 0,6874; $P = 0,606$] e interação [$F_{4,72}$: 1,479; $P = 0,217$]), frequência de ações (entre as condições [$F_{1,18}$: 0,0918; $P = 0,765$], tempo [$F_{4,72}$: 1,035; $P = 0,395$] com exceção para interação [$F_{4,72}$: 3,601; $P = 0,009$]), porcentagem de eficiência tática (entre as condições [$F_{1,18}$: 3,122; $P = 0,094$], tempo [$F_{4,72}$: 2,476; $P = 0,051$] e interação [$F_{4,72}$: 1,614; $P = 0,180$]) e erros táticos (entre as condições [$F_{1,18}$: 3,308; $P = 0,085$], para o tempo [$F_{4,72}$: 1,801; $P = 0,138$], excepcionalmente para a interação [$F_{4,72}$: 2,933; $P = 0,268$]). Maior desempenho na condição PLA foi encontrado em relação ao CAF em frequência de ações (JR3), porcentagem de eficiência tática (JR2; JR4) e

erros táticos (JR3 e JR5). O desempenho superior foi encontrado para a condição CAF no índice de desempenho tático (JR4) e na frequência de ações (JR5).

TABELA 7. Resultados dos princípios táticos centrais do futebol (Teoldo et al. 2017) caracterizando princípios ofensivos jogados dentro e fora do centro do jogo.

Fase	Princípios Táticos Fundamentais	Localização do Princípio	Performance Detalhada	Placebo (ME±SD)	Cafeína (ME±SD)	Valor-IBM	Classificação-IBM
Princípios Ofensivos	Penetração	DCJ	IDT	38,66±23,9 (JR1)	48,64±16,1 (JR1)	0.40 (JR1)	Provável
			Frequência	3,53±1,86 (JR4)	2,84±1,38 (JR4)	-0.35 (JR4)	Provável
			% de eficácia tática	63,16±41,6 (JR1)	90,00±17,1 (JR1)	0.62 (JR1)	Provável
			Erros	0,53±0,61 (JR1)	0,32±0,47 (JR1)	-0.47 (JR1)	Provável
			IDT	41,14±16,2 (JR5)	47,77±16,9 (JR5)	0.81 (JR5)	Provável
			Frequência	5,84±3,30 (JR3)	4,53±2,54 (JR3)	-0.69 (JR3)	Provável
	Cobertura Ofensiva	DCJ		96,23±9,22 (JR1)	100,00±0 (JR1)	0.39 (JR1)	Provável
			% de eficácia tática	97,18±7,0 (JR2)	88,35±26,5 (JR2)	-1.21 (JR2)	Provável
				96,41±11,9 (JR3)	76,14±41,2 (JR3)	-1.62 (JR3)	Provável
				89,62±23,9 (JR4)	98,95±4,58 (JR4)	0.37 (JR4)	Provável
			Erros	0,16±0,37 (JR2)	0,47±1,12 (JR2)	0.81 (JR2)	Provável
				0,37±0,76 (JR4)	0,05±0,22 (JR4)	-0.40 (JR4)	Provável
	Espaço	FCJ	IDT	47.60±6.74 [#]	48.05±6.35 [#]	-	-
			Frequência	21,53±7,38 (JR2)	25,21±9,16 (JR2)	0.48 (JR2)	Provável
			% de eficácia tática	95,27±6,30 (JR3)	97,95±4,30 (JR3)	0.41 (JR3)	Provável
			Erros	0,89±1,04 (JR3)	0,37±0,76 (JR3)	-0.48 (JR3)	Provável
			IDT	48.69±29.6 [#]	44.41±30.5 [#]	-	-
			Frequência	1.52±1.30 [#]	1.55±1.30 [#]	-	-
	Mobilidade	FCJ	% de eficácia tática	79.12±40.2 [#]	72.37±43.5 [#]	-	-
			Erros	0.04±0.32 [#]	0.07±0.33 [#]	-	-
			IDT	46.01±14.4 [#]	47.57±15.5 [#]	-	-
			Frequência	5,37±2,13 (JR4)	7,89±3,87 (JR4)	1.13 (JR4)	Muito Provável
				5,32±2,80 (JR5)	8,37±3,78 (JR5)	1.04 (JR5)*	Muito Provável
			% de eficácia tática	92,87±12,4 (JR2)	79,31±32,0 (JR2)	-1.04 (JR2)	Provável
	Unidade Ofensiva	FCJ	Erros	0,26±0,45 (JR4)	0,84±1,16 (JR4)	1.23 (JR4)	Muito Provável

Nota: % de eficiência tática: porcentagem de eficiência tática; *: p < 0,05; IBM: Inferência de Magnitude Baseada (somente quando há diferença); Erros: erros táticos; DCJ: por dentro do centro do jogo; EM ± DP: Média e Desvio Padrão; FCJ: fora do centro de jogo; JR: jogo reduzido; IDT: Índice de desempenho tático.

TABELA 8. Resultados dos princípios táticos fundamentais do futebol (Teoldo et al. 2017) caracterizando princípios defensivos jogados dentro e fora do centro do jogo.

Fase	Princípios Táticos Fundamentais	Localização do Princípio	Performance Detalhada	Placebo (ME±SD)	Caféina (ME±SD)	Valor-IBM	Classificação-IBM
Princípios Defensivos	Contenção	DCJ	IDT	33,64±9,83 (JR1)	28,74±6,99 (JR1)	-0.48 (JR1)	Provável
			Frequência	6,26±2,82 (JR5)	4,79±2,14 (JR5)	-0.50 (JR5)	Provável
			% de eficácia tática	81.35±20.5 [#]	84.95±18.0 [#]	-	-
			Erros	1,95±2,32 (JR3)	0,79±0,78 (JR3)	-0.48 (JR3)	Provável
				1,37±1,01 (JR5)	0,74±0,93 (JR5)	-0.60 (SGG5)	Provável
	Cobertura Defensiva	DCJ	IDT	43,38±18,9 (JR1)	19,47±14,8 (JR1)	-1.21 (JR1)	Quase certamente sim
				2,42±1,34 (JR1)	1,42±1,26 (JR1)	-0.71 (JR1)	Provável
			Frequência	2,37±2,03 (JR3)	1,16±0,95 (JR3)	-0.57 (JR3)	Provável
				2,05±1,92 (JR4)	1,16±0,95 (JR4)	-0.44 (JR4)	Provável
				2,05±1,50 (JR5)	1,05±0,84 (JR5)	-0.64 (JR5)	Provável
			% de eficácia tática	89,30±25,6 (JR1)	61,40±45,0 (JR1)	-1.04 (JR1)	Provável
				75,68±38,4 (JR4)	55,26±49,7 (JR4)	-0.51 (JR4)	Provável
			Erros	0,63±1,16 (JR3)	0,05±0,22 (JR3)	-0.48 (JR3)	Provável
	Equilíbrio Defensivo	FCJ	IDT	26,21±25,1 (JR4)	37,80±24,07 (JR4)	0.44 (JR4)	Provável
			Frequência	1,26±1,14 (JR4)	2,32±1,70 (JR4)	0.88 (JR4)	Provável
			% de eficácia tática	61,84±45,9 (JR4)	82,46±37,4 (JR4)	0.43 (JR4)	Provável
			Erros	0,11±0,31 (JR1)	0,26±0,45 (JR1)	0.48 (JR1)	Provável
	Concentração	FCJ	IDT	31,89±12,5 (JR3)	40,71±21,0 (JR3)	0.67 (JR3)	Provável
			Frequência	5,84±4,12 (JR1)	3,68±3,05 (JR1)	-0.50 (JR1)	Provável
				5,16±2,89 (JR2)	3,47±2,29 (JR2)	-0.56 (JR2)	Provável
			% de eficácia tática	83,42±25,4 (JR3)	94,33±22,9 (JR3)	0.41 (JR3)	Provável
				90,20±25,1 (JR4)	73,46±41,3 (JR4)	-0.64 (JR4)	Provável
			Erros	0,68±0,88 (JR3)	0,11±0,31 (JR3)	-0.63 (JR3)	Provável
	Unidade Defensiva	FCJ	IDT	29,46±4,76 (JR4)	31,91±6,63 (JR4)	0.49 (JR4)	Provável
			Frequência	23,00±6,52 (JR3)	28,53±9,61 (JR3)	0.81 (JR3)	Muito Provável
				28,05±8,80 (JR5)	23,84±4,12 (JR5)	-0.46 (JR5)	Provável
			% de eficácia tática	81,43±31,8 (JR2)	85,35±26,9 (JR2)	0.57 (JR2)	Provável
				90,20±25,1 (JR4)	73,46±41,3 (JR4)	0.59 (JR4)	Provável
			Erros	2,16±1,97 (JR3)	2,63±2,31 (JR3)	0.81 (JR3)	Muito Provável
				3,68±3,11 (JR5)	3,53±2,54 (JR5)	-0.46 (JR5)	Provável

Nota: % de eficiência tática: porcentagem de eficiência tática; *: p < 0,05; IBM: Inferência de Magnitude Baseada (somente quando há diferença); Erros: erros táticos; DCJ: por dentro do centro do jogo; EM ± DP: Média e Desvio Padrão; FCJ: fora do centro de jogo; JR: jogo reduzido; IDT: Índice de desempenho tático.

Todos esses princípios básicos resultam em comportamento tático total (Tabela 9). Para o total de sucesso ofensivo (TSO) não foi detectada diferença entre as condições ($F_{1,18}$: 1,59; $P = 0,223$), mas um efeito principal foi observado para o tempo ($F_{4,72}$: 3,02; $P = 0,023$). Nenhuma interação foi observada ($F_{4,72}$: 0,992; $P = 0,415$). De acordo com o MBI, foi encontrado um desempenho superior na condição PLA em comparação ao CAF no JR3 (Figura 12). Não foram observadas diferenças significativas para o total de erros ofensivos (TEOF) entre as condições ($F_{1,18}$: 0,17; $P = 0,682$), para o tempo ($F_{4,72}$: 0,53; $P = 0,711$) ou interação ($F_{4,72}$: 1,00; $P = 0,413$). Jogadores na condição PLA apresentaram mais erros ofensivos no JR3 de acordo com o MBI (Figura 12).

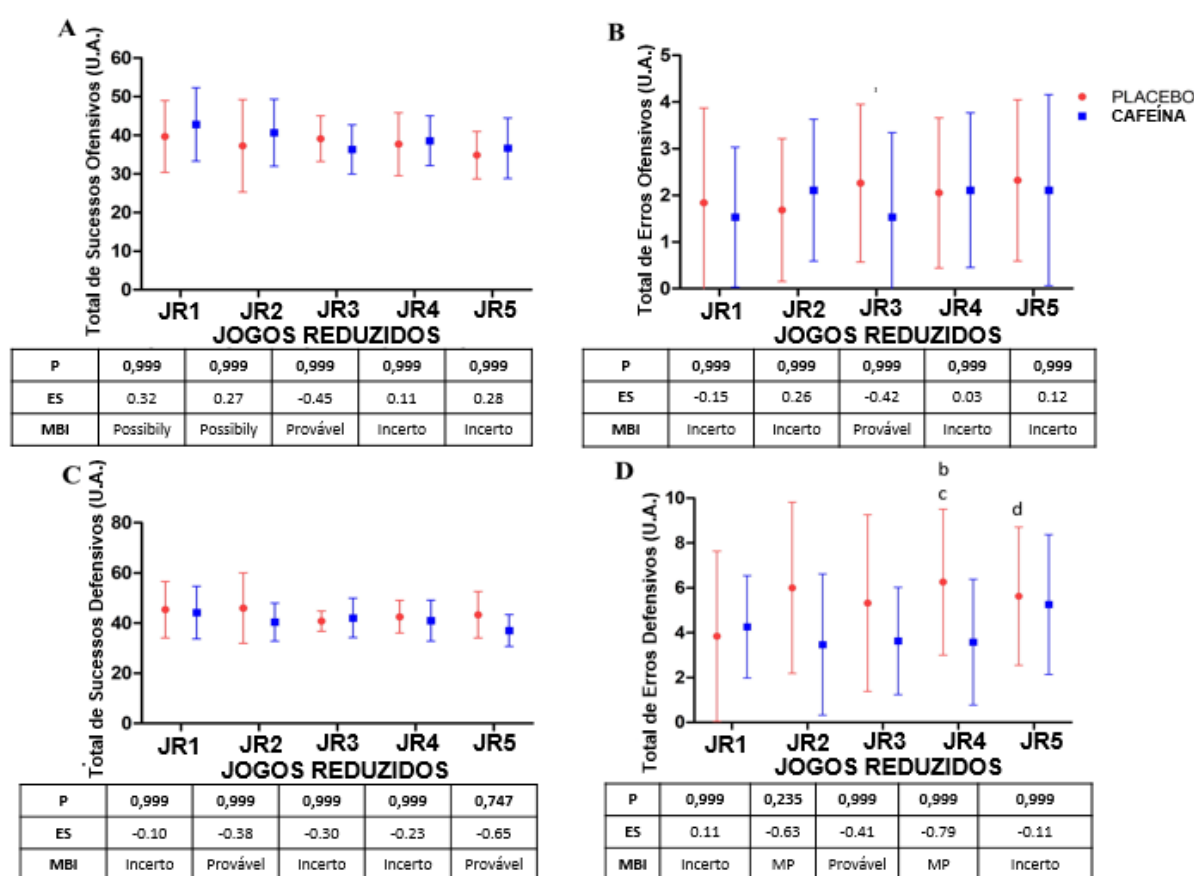


Figura 12: A) Sucesso ofensivo total; B) Total de erros ofensivos; C) Sucesso defensivo total; D) Total de erros defensivos. ; (a) diferenças estatísticas ($P < 0,05$) para Repouso; (b) para JR1; (c) para JR2; (c) para JR3. Legenda: P: valor p; ES: Tamanho do efeito; MBI: Inferência Baseada na Magnitude; U.A.: unidade arbitrária; MP: Muito Provável; JR1: Jogo 1; JR2: Jogo 2; JR3: Jogo 3; JR4: Jogo 4; e JR5: jogo

O total de sucesso defensivo (TDS) também foi analisado. Um efeito principal foi observado para a condição ($F_{1,18}$: 5,04; $P = 0,037$), sem diferenças ao longo do tempo ($F_{4,72}$: 1,91; $P = 0,117$) nem interação ($F_{4,72}$: 1,56; $P = 0,195$). De acordo com o MBI, diferenças

significativas foram detectadas entre as condições com maior desempenho na condição CAF durante JR2 e JR5 em comparação com condição PLA (Figura 12). Por outro lado, não foram encontradas diferenças entre as condições CAF e PLA no total de erros defensivos (TEDEF) ($F_{1,18}$: 1,55; $P = 0,223$), embora efeitos principais significativos para o tempo ($F_{4,72}$: 4,49; $P = 0,002$) e interação ($F_{4,72}$: 3,40; $P = 0,013$) foram observados. Diferenças surgiram de acordo com o MBI apontando para mais erros cometidos por jogadores na condição PLA durante JR2, JR3 e JR4 (Figura 12).

TABELA 9. TOTAL DOS PRINCÍPIOS TÁTICOS FUNDAMENTAIS DO JOGO DE FUTEBOL – MOMENTO OFENSIVO

JOGOS		PRINCÍPIOS TÁTICOS FUNDAMENTAIS OFENSIVOS														
		JOGO 1			JOGO 2			JOGO 3			JOGO 4			JOGO 5		
		PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%
TSO	ME±DP	39,68±2,12	42,79±2,18	-7,3	37,26±2,75	40,63±1,99	-8,3	39,11±1,36	36,32±1,46	7,7	37,68±1,87	38,58±1,48	-2,3	34,84±1,41	36,63±1,80	-4,9
	IC95%	35,22-44,15	38,21-47,37		31,50-43,03	36,45-44,81		36,24-41,97	33,25-39,39		33,75-41,62	35,47-41,69		31,88-37,81	32,85-40,41	
	TEOF	1,84±0,47	1,53±0,35	20,7	1,68±0,35	2,11±0,35	-20	2,26±0,39	1,53±0,41	48,3	2,05±0,37	2,11±0,38	-2,5	2,32±0,40	2,11±0,47	10
		IC95%	0,86-2,82	0,80-2,25	0,95-2,42	1,37-2,84		1,45-3,08	0,66-2,40		1,27-2,83	1,30-2,91		1,48-3,15	1,12-3,09	

Legenda: CAF: Cafeína; DP: Desvio Padrão; IC95%: Intervalo de Confiança (95%); ME: Média; PLA: Placebo; REP: Repouso; TSO: Total de Sucessos Ofensivos; TEOF: Total de Erros Ofensivos ; Δ%: Delta (em Percentis).

TABELA 10. TOTAL DOS PRINCÍPIOS TÁTICOS FUNDAMENTAIS DO JOGO DE FUTEBOL – MOMENTO DEFENSIVO

JOGOS		PRINCÍPIOS TÁTICOS FUNDAMENTAIS DEFENSIVOS														
		JOGO 1			JOGO 2			JOGO 3			JOGO 4			JOGO 5		
		PLA	CAF	Δ %	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ%	PLA	CAF	Δ %	PLA	CAF	Δ%
TSD	ME±DP	45,37±2,58	44,21±2,40	2,6	46±3,23	40,37±1,74	14	40,79±0,92	42,05±1,81	-3	42,53±1,49	40,95±1,86	3,9	43,32±2,11	37,05±1,46	16,9
	IC95%	39,96-50,78	39,16-49,26		39,22-52,78	36,71-44,02		38,86-42,72	38,26-45,85		39,39-45,66	37,03-44,86		38,87-47,76	33,99-40,12	
TEDEF	ME±DP	3,84±0,87	4,26±0,52	-9,9	6,00±0,88	3,47±0,72	72,7	5,32±0,90	3,63±0,55	46,4	6,26±0,74	3,58±0,64	75	5,63±0,71	5,26±0,72	7
	IC95%	2,01-5,68	3,16-5,36		4,16-7,84	1,95-4,99		3,41-7,22	2,48-4,78		4,70-7,83	2,23-4,93		4,15-7,11	3,76-6,77	

Legenda: CAF: Cafeína; DP: Desvio Padrão; IC95%: Intervalo de Confiança (95%); ME: Média; PLA: Placebo; REP: Repouso; TSD: Total de Sucessos Defensivos ; TEDEF: Total de Erros Defensivos; Δ%: Delta (em Percentis).

DISCUSSÃO (ESTUDO 2)

O presente estudo investigou o efeito da ingestão aguda de CAF (5 mg / kg-1) no desempenho tático de jogadores de futebol profissional. Os principais achados foram: i) não foram observadas diferenças para as medidas de FC e PSE entre as condições CAF e PLA; ii) a condição PLA apresentou maiores valores de sucesso tático quando comparada à condição CAF em momentos específicos durante o protocolo JR; iii) a condição CAF apresentou valores menores de erros táticos ofensivos e defensivos em relação à condição PLA. Analisando a tomada de decisão pelas variáveis elencadas, há evidências de que menos erros foram observados nos princípios táticos ofensivos e defensivos considerando a condição de jogadores do CAF. Portanto, com base nesses resultados, a ingestão aguda de CAF afeta a tomada de decisão em jogadores profissionais de futebol, resultando em erros táticos.

Neste estudo, as variáveis relacionadas ao desempenho fisiológico e subjetivo apresentaram resultados semelhantes entre as condições. No que se refere ao desempenho tático, embora os jogadores na condição CAF tenham apresentado melhores escores em algumas variáveis ofensivas como penetração para dentro do centro de jogo e largura e comprimento sem bola fora do centro de jogo. Para a cobertura ofensiva, jogadores em condição de PLA têm resultados superiores. Isso resultou em um TSO semelhante entre as condições, exceto para o JR3, onde os jogadores na condição PLA apresentaram uma pontuação melhor em relação ao CAF.

Na fase defensiva as condições do PLA apresentam melhor desfecho para dentro do centro de jogo para o princípio de atraso e cobertura defensiva com exceção do equilíbrio defensivo fora do centro de jogo onde a condição CAF apresentou resultados superiores. Isso resultou em índices mais elevados durante JR2 e JR5 para jogadores na condição PLA em TDS quando comparados à condição CAF. O predomínio defensivo de jogadores na condição PLA pode ser explicado pelos maiores valores de posse de bola para jogadores na condição CAF apontados pela análise do MBI.

Em jogos de pequeno porte, o número total de duelos e perda de posse de bola é maior do que em jogos reais para todas as posições (DELLAL et al. 2012b). Os jogadores foram condicionados a situações de grande exigência tática, técnica, física e psicológica (IAIA et al. 2009; DELLAL et al. 2012a; AGUIAR et al. 2018) onde o domínio do duelo pelas posses de bola parece apontar para a condição CAF jogadoras. Os jogadores da

condição CAF tiveram maior precisão tática nos princípios táticos centrais do que a condição PLA. Observando os erros táticos, os jogadores em condição CAF apresentaram redução dos erros na fase ofensiva pelos princípios dentro do centro de jogo e fora do centro de jogo. Saber, respectivamente, na penetração e na largura e comprimento sem a bola. A variável TEOF mostrou esses resultados no JR3 por uma diferença onde os jogadores em condições PLA cometeram mais erros. No entanto, na fase defensiva pelos princípios dentro do centro de jogo e fora do centro de jogo respectivamente, no atraso, cobertura defensiva e unidade defensiva os jogadores em condições de PLA também cometeram mais erros. Esta informação pode ser vista na variável TEDEF, onde os jogadores na condição PLA cometeram mais faltas no JR2, JR3 e JR4. Essas são evidências relevantes, indicando que os jogadores em condições CAF são mais precisos nas ações táticas. Isso apoia parcialmente o efeito ergogênico do CAF para os jogadores de futebol profissional.

Diversas funções cognitivas estão envolvidas na ação tática do futebol. Estudos anteriores mostraram que erros de decisão cometidos por jogadores durante o jogo estão relacionados a funções de controle e executivas (HUERTAS et al., 2019; Gonzaga et al., 2014). As ações motoras ou emocionais adequadas e a inibição das mesmas ações inadequadas, em determinados contextos, passam por esse aspecto cognitivo. O tratamento de informações sensoriais relevantes (por exemplo, informações visuais) detectadas na relação indivíduo, ação e ambiente é fundamental para o processo de tomada de decisão volitiva geral (ROYALL et al. 2002; MOSTOFISKY; SIMMONDS 2008; WANG et al. 2013; GANTOIS et al. 2019), bem como no futebol (VESTBERG et al. 2012; COUTINHO et al. 2017; KUNRATH et al. 2020).

O controle inibitório do comportamento inadequado está relacionado ao controle da atenção, emoções, impulsos, pensamentos, processos cognitivos, escolhas, volição e processos sociais (HAGGARD 2008). Portanto, atletas bem condicionados possuem maior controle inibitório e tendem a cometer menos erros de decisão (GONZAGA et al., 2014), o que é fundamental para o desempenho no esporte (VESTBERG et al. 2012; PAGEAUX; LEPERS; 2018). No entanto, existe uma relação com a especificidade, nível físico e especialização na modalidade (CHAN et al. 2011; MARCHETTI et al. 2015). Em situações complexas e / ou em condições de fadiga (física ou mental), o controle inibitório cai, impossibilitando a captura e / ou filtragem de informações relevantes do ambiente. Isso é muito importante para decisões eficazes tomadas durante o jogo (HAGGARD

2008; CHAN et al. 2011; GANTOIS et al. 2019), uma vez que o desempenho do jogo pode ser reduzido (MARCORA et al. 2014).

Atualmente, o controle inibitório foi testado em laboratório para envolver protocolos para induzir a fadiga mental em jogadores de futebol (BADIN et al. 2016; PAGEAUX; LEPERS 2018; GANTOIS et al. 2019). As evidências apontam para a diminuição da precisão técnica do passe após 15 min em jogos de pequeno porte (5x5) (BADIN et al. 2016) e 90 min no jogo formal (GANTOIS et al. 2019). Os resultados observados no presente estudo corroboram esse achado. No entanto, a literatura mostra uma queda na precisão em testes de tomada de decisão específicos (Smith et al. 2016).

Descobertas recentes mostraram que, para a fadiga mental, os jogadores de futebol diminuem sua percepção periférica, cometem mais erros de tomada de decisão no jogo e têm um aumento compensatório no desgaste físico (KUNRATH et al. 2020). Em geral, a literatura mostra um efeito negativo da fadiga mental nos aspectos físicos, técnicos, táticos e cognitivos relacionados à tomada de decisão no futebol (Smith et al. 2016; KUNRATH et al. 2020). Justifica-se que a fadiga, destacada nos estudos citados, como cansaço, falta de energia, alterações de humor, tempo de reação prejudicado, desatenção e queda na precisão (PAGEAUX; LEPERS 2018), estão relacionadas à queda na decisão específica, tomada (SMITH et al. 2016; GANTOIS et al. 2019; RUSSELL et al. 2019). Também há uma associação com o aumento do RPE (MARCORA et al. 2014; PAGEAUX et al. 2014; KUNRATH et al. 2020).

Evidências no desempenho esportivo cognitivo mostram melhora sob ingestão aguda de CAF (AZEVEDO et al. 2016; HUERTAS et al. 2019). No entanto, TIEGES et al. (2008) destacam que a ingestão aguda de CAF na dose de 3 mg / kg-1, em diferentes protocolos laboratoriais, parece não modular o comportamento inibitório. Esses autores justificam que a extensão total da inibição neural ainda não é conhecida. Portanto, outros mecanismos podem estar envolvidos como a ativação e sincronicidade do córtex cingulado anterior (ACC) e do córtex pré-frontal lateral no processamento preparatório e antecipatório. No entanto, existe uma relação entre a modulação CAF na ativação do circuito executivo, que parece estar relacionada com os hábitos de consumo individuais de cada sujeito (HUERTAS et al. 2019).

A diminuição do controle inibitório relacionado à fadiga mental, como se especulou, tem sido relacionada ao acúmulo de adenosina no ACC (PAGEAUX et al. 2014). O CAF bloqueia a ação da adenosina (FREDHOLM et al. 1999a; AZEVEDO et al. 2016), teoricamente reduzindo os efeitos negativos da fadiga (DAVIS; GREEN; 2009;

AZEVEDO et al. 2016) e melhorando a tomada de decisão. É importante ressaltar que existe um grande circuito envolvendo controle inibitório e tomada de decisão além do ACC (ROYALL et al. 2002; MOSTOFSKY; SIMMONDS; 2008; BRASS; HAGGARD 2010; ANGIUS et al. 2019). Portanto, estes também são essenciais, de alguma forma, para a autorregulação no esporte e na tomada de decisão (BRASS; HAGGARD 2010; MARCORA et al. 2014; PAGEAUX et al. 2014).

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo a investigar o efeito de auxílios ergogênicos no desempenho tático de jogadores profissionais de futebol. A principal importância é dada, em particular, pela grande semelhança entre os participantes jogadores de futebol profissional que realizam intenso regime de treinamento, preparação pré-jogo, alimentação, descanso e horas de sono (BASSINI-CAMERON et al. 2007; GUERRA et al. 2018; KARABAĞ; TAŞ; 2019). No entanto, é importante ter cuidado com os resultados. As principais inconsistências em estudos com CAF são devidas à grande variabilidade interindividual na resposta biológica (COSO et al. 2012; APOSTOLIDIS et al. 2018; PICKERING; GRGIC; 2019). Além disso, como o desempenho tático tem sido associado a habilidades de tomada de decisão avaliadas por meio de protocolos laboratoriais específicos do futebol, seria interessante entender o efeito da CAF em tais variáveis no futuro (CARDOSO et al. 2019; MACHADO; TEOLDO; 2020). Este artigo abre novas possibilidades para os efeitos essenciais das diversas medidas ergogênicas e nutricionais sobre a especificidade do futebol. No entanto, devido à limitação do estudo (por exemplo, a ausência de marcadores bioquímicos, a necessidade de coleta de dados em esquadrões de elite) e a escassez de dados da literatura nesta edição, novas investigações precisam ser feitas.

5.2.LIMITAÇÕES (ESTUDO 2)

Como no estudo anterior, até onde sabemos, este é o primeiro estudo que avalia os efeitos da ingestão aguda de CAF no desempenho tático dos jogadores de futebol. Todavia, mais estudos precisam ser feitos para se aprimorar algumas lacunas apresentadas.

Apesar da grande escolha, em termos de desempenho, da análise da performance tática, tivemos alguns contratempos tais como: duas equipes jogaram incompletas de um jogo para outro. Ou seja, alguns jogadores que constituíram o jogo inicial não puderam,

por questões de exigência do clube, que se encontrava em plena competição, fazer a segunda-mão da coleta. Obviamente este detalhe pode ter alguma influência no resultado final, todavia, não é possível quantificar essa expressão.

Outro fator limitador da coleta foi a postura dos jogadores. Embora antes de se iniciar a coleta houvesse uma conversa com os jogadores para explicar o estudo, destacando a importância de se jogar como se fosse uma competição, alguns jogadores, inicialmente levaram como se fosse uma “pelada”. Foi previsto, no projeto submetido ao CEP não ocorrer intervenção durante os jogos e isso foi respeitado. Todavia, num momento da coleta foi pedido aos jogadores que levassem a sério, que era importante eles estarem concentrados e jogarem como se fosse para valer, a fim de fazê-los estar no seu máximo. Felizmente, esse pedido foi atendido e os jogadores mudaram a postura.

Em termos técnicos, como se tratam de jogadores da 4ª divisão do futebol brasileiro muito que questionou antes das coletas sobre o profissionalismo destes, algo que poderia retirar validade em termos decisórios. Todavia, todos os jogadores que participaram da coleta eram jogadores que estavam, exclusivamente, voltados para o profissionalismo no futebol em termos de renda e dedicação do seu tempo. Portanto, são considerados profissionais embora num escalão inferior comparado com a elite.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONCLUSÕES

A ingestão aguda de uma dosagem de 5 mmg.kg⁻¹ de CAF melhora a performance tática em jogadores profissionais. Esta conclusão se dá pelos resultados obtidos, especialmente, no Estudo 2 em que ocorreram menos de erros decisoriais no decorrer do protocolo.

Estas afirmações confirmam a segunda hipótese da presente tese que tinha especulado a melhora no ato decisório dos jogadores de futebol.

No tocante à primeira hipótese da tese, relacionado ao estudo 1, em que foi indagado que a ingestão aguda de 5 mg/kg⁻¹ melhoraria o desempenho nos níveis de atenção e controle inibitório dos jogadores de futebol, os resultados não foram confirmados.

Baseado nesses resultados, sobretudo, pela performance em especificidade realizada no estudo 2, a suplementação de CAF é benéfica e serve como medida ergogênica para o desempenho dos jogadores de futebol.

6.2. IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

A presente tese traz uma série de implicações práticas diretas no ambiente real de jogo/treino.

Por esta razão, foi preciso enumerar uma série de orientações que as equipes técnicas, sob o comando, neste âmbito, do/a profissional da nutrição, que pode ser aplicado diretamente na performance do jogo. E são eles:

1. É fundamental rever o timing ideal de ingestão aguda de cafeína ao longo das competições e treinos. Como visto na prática, muitos jogadores ingerem essas substâncias minutos antes das partidas. É preciso rever isso. Neste âmbito, também poderiam surgir estratégias nos intervalos dos jogos, sobretudo, para as competições que contemplarem prorrogação. Todavia, é importante realçar a invalidade desse ponto dado a meia-vida da cafeína no organismo (podendo chegar até 5h de duração).
2. Utilizar a dosagem moderada entre 3 a 6 mmg.kg⁻¹ parece apresentar uma dosagem interessante para a performance no jogo de futebol em vários

âmbitos (seja ele físico, técnico ou tático). Todavia, é fundamental, como visto na presente tese, se analisar os jogadores no desempenho específico da modalidade.

3. Condicionar a dosagem de consumo de cafeína dos jogadores ao longo da temporada. Detectar os alto consumidores de café/cafeína e instruí-los a moderar o seu consumo, se possível, realizando um período de *whasout* entre 48-24h antes dos jogos.
4. Regular esse consumo junto com o timing de aferição das escalas afetivas e de percepção subjetiva de esforço, sobretudo, antes dos jogos. A utilização de cafeína pode alterar os resultados nestas componentes. Isso também deve se estender aos testes cognitivos (de rastreio das funções mentais) como o Teste de Stroop ou o rastreio por Ressonância Magnética Funcional ou Eletroencefalografia. Os jogadores devem estar limpos de substâncias psicoativas para assim, se detectar o seu normal mental. Talvez, um período de *whasout* para isso seja recomendado para se obter um maior padrão mental destes e/ou o consumo rotineiro deve ser mantido.
5. Cruzar estas variáveis com os dados bioquímicos tais como de urina e de sangue. O consumo de cafeína pode influenciar a liberação de hormônios como, por exemplo, a epinefrina e noradrenalina. É interessante, dependendo do contexto, tentar ao máximo identificar os altos e baixos respondedores. Todavia, através da performance, é também possível identificar a ergogenicidade do suplemento, por este motivo, essas informações enriqueceriam mais as coletas.

6.3.LIMITAÇÕES DA TESE

Para além das limitações específicas de cada estudo, mencionadas anteriormente, é possível destacar, novamente, que mais estudos precisam ser feitos, dado que ao se observar os resultados dos primeiros estudos outros problemas surgiram com novas perspectivas.

Entretanto, é importante perspectivar que as principais limitações da tese se remetem a ausência de medidas diretas de marcação de esforço e intensidade. Era previsto a utilização de lactato que, por problemas técnicos não foi possível. Grandes melhorias

seria, por exemplo, a utilização de marcadores como a CK, cell free DNA e questionários subjetivos para confirmar outros resultados em termos de esforço.

Marcadores associados à responsividade à ingestão aguda de CAF também são importantes tais como a PA, a concentração de Glicerol Plasmático, de NEFA e de epinefrina podem contribuir muito.

Outro fator limitador ao consumo de CAF foi o controle do período de *whasout*. Haja vista a corrente indisciplina cultural dos nossos futebolistas, um maior controle dessa situação talvez contribuiria para resultados ainda mais destacáveis. Assim, um regime de externato parece ser o mais indicado para o efeito.

Também surgiram várias complicações ao longo do desenvolvimento da tese tais como roubo de material, incêndio no laboratório, divergências de calendário com os clubes, divergências profissionais com os dirigentes desses clubes. Portanto, foram muitos os desafios que influenciaram de certa forma, no ambiente de captação dos resultados obtidos.

6.4.FUTURAS INVESTIGAÇÕES

A tese se apresenta eficaz no sentido de propor desenhos experimentais que obedecem ao princípio da especificidade da modalidade. Desta forma, os estudos prévios na literatura envolvendo CAF e futebol falharam em desconsiderar este contexto.

Novas considerações surgem, tais como:

- Averiguar este e/ou outros desenhos específicos com jogadores de diferentes ligas;
- Avaliar este desenho com jogadores amadores e/ou diferentes dosagens;
- Verificar outras linhas de pesquisas voltadas para a suplementação no futebol. Com especial foco nas componentes que promovem efeitos psicoativos.
- Testar o mesmo desenho experimentando outros artefatos, como o Eletroencefalograma e/ou outros testes cognitivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. et al. A Review on the Effects of Soccer Small-Sided Games by. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 33, n. June, p. 103–113, 2018.
- AKUBAT, I. TRAINING LOAD MONITORING IN SOCCER. In: Van Winckel, J., Tenney, D., Helsen, W., McMillan, K., Meert, J.P. and Bradley, P. 2013. Fitness in Soccer: The Science and Practical Application. **Moveo Ergo Sum / Leuven**. ISBN: 9789082132304. Cap. 10, p.167-177.
- AL REEF, T.; GHANEM, E.. Caffeine: Well-known as psychotropic substance, but little as immunomodulator. *Immunobiology*. 2018. DOI:10.1016/j.imbio.2018.08.011
- ALDER, H.F., BURKHARDT, W.L., IVY, AC. AND ATKINSON, A.J., Effect of various drugs on psychomotor performance at ground level and simulated altitudes of 18,000 feet. **J Aviat Med**. 1950. Jun; 21(3), pp. 221-36. PMID: 15436392.
- ALI A, O'DONNELL J, VON HURST P, FOSKETT A, HOLLAND S, STARCK C, ET AL. Caffeine ingestion enhances perceptual responses during intermittent exercise in female team-game players. **J Sports Sci**. 2016; 34:330–41. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1052746>.
- ALMEIDA, R. O Equilíbrio Dinâmico Estrutural em Organização Ofensiva. Novas condições ofensivas segundo a Periodização Tática. In: Atas do XIV Congresso de Ciências do Desporto e Educação Física dos países de Língua Portuguesa. Viçosa: **Revista Mineira de Educação Física**. 2012, 3(7) 2295-2304.
- ALVAREZ, J.A.,; EMORY, E. Executive Function and the Frontal Lobes: A Meta-Analytic Review. *Neuropsychology Review*, 16, 17–42, 2006.
- ALVES CR, GUALANO B, TAKAO PP, AVAKIAN P, FERNANDES RM, MORINE D, ET AL. Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. **J Sport Exerc Psychol**. 2012. 34, pp. 539–49. DOI: <https://doi.org/10.1123/jsep.34.4.539>.
- ANDRADE MOC DE, GONZÁLEZ-VÍLLORA S, CASANOVA F, TEOLDO I. The Attention As a Key Element to Improve Tactical Behavior Efficiency of Young Soccer Players. **Revista de Psicología del Deporte**.29(2):47–55, 2020
- ANDRADE-SOUZA, V. A. et al. Effects of isolated or combined carbohydrate and caffeine performance. **Appl. Physiol. Nutr. Metab.**, v. 40, p. 1–7, 2015.

- ANGIUS, L. et al. Transcranial Direct Current Stimulation over the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Improves Inhibitory Control and Endurance Performance in Healthy Individuals. **Neuroscience**, v. 419, p. 34–45, 2019.
- APOSTOLIDIS, A. et al. Caffeine supplementation: ergogenic in both high and low caffeine responders. **Int J Sports Physiol Perform.**, v. 14, n. 5, p. 650–657, 2018.
- ARAÚJO, D.; DAVIDS, K.W.; CHOW, J.Y., PASSOS, P.; RAAB, M. The development of decision making skill in sport: An ecological dynamics perspective. In Araujo, Duarte; Ripoll, Hubert (Eds.) **Perspectives on Cognition and Action in Sport**. Nova Science Publishers, p. 157-169, 2009.
- ARAÚJO, D; VOSSOLOVITCH, A. Fundamentos para o Treino da Tomada de Decisão. In Araújo, D. (Org.) (2005). **O Contexto da Decisão. A acção táctica no desporto**. Lisboa: Visão e Contexto Editora, 2005, p.75-97.
- ASTORINO, T. A. et al. Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. **Amino Acids**, v. 42, p. 1803–1808, 2012.
- ASTORINO, TA; COTTRELL, T; TALHAMI; LOZANO, A; ABURTO-PRATT, K; DUHON, J. Effect of caffeine on RPE and perceptions of pain, arousal, and pleasure/displeasure during a cycling time trial in endurance trained and active men. **Physiol Behav.** 106: 211–217, 2012.
- AWARDS, F. The FIFA Legends. p. 2018–2019, 2019.
- AZEVEDO, R. et al. Effects of caffeine ingestion on endurance performance in mentally fatigued individuals. *European Journal of Applied Physiology*, v. 116, n. 11–12, p. 2293–2303, 2016.
- BADIN, O. O. et al. Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2016.
- BAHR, R.; ALFREDSON, H., JÄRVINEN, M., JÄRVINEN, T., KHAN, K., KJOER, M., MATHESON, G.; MAEHLUM, S. Types and Causes of Injuries. In: Roald Bahr (Editor). *The IOC Manual of Sports Injuries: An Illustrated Guide to the Management of Injuries in Physical Activity*. Wiley-Blackwell Edition. Cap. 1, p.1-24.
- BAIRD, M. F., GRAHAM, S. M., BAKER, J. S., BICKERSTAFF, G. F. Creatine-Kinase- and Exercise-Related Muscle Damage Implications for Muscle Performance and Recovery. **Journal of Nutrition and Metabolism**, 2012, 1–13. DOI:10.1155/2012/960363

- BALLESTEROS-YÁÑEZ, I., CASTILLO, C. A., MERIGHI, S.,; GESSI, S. The Role of adenosine Receptors in Psychostimulant Addiction. **Frontiers in Pharmacology**, 8, 2018. DOI:10.3389/fphar.2017.00985.
- BANGSBO J.; IAIA F.M.; KRUSTRUP, P. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test - 1: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. **Sports Med.** 38(1):37-51, 2008.
- BANGSBO, J. Energy demands in competitive soccer. **Journal of Sports Sciences**, v. 12, n. sup1, p. S5–S12, 1994.
- BARTE, J. C. M. et al. Effects of fatigue on interception decisions in soccer. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, p. 1–12, 2018.
- BASSINI-CAMERON, A., SWEET, E., BOTTINO, A., BITTAR, C., VEIGA, C., CAMERON, L.-C., & DANTAS, E. H. M. (2007). Effect of caffeine supplementation on haematological and biochemical variables in elite soccer players under physical stress conditions * COMMENTARY. **British Journal of Sports Medicine**, 41(8), 523–530. DOI:10.1136/bjism.2007.035147
- BAYARD, S., ERKES, J.; MORONI, C. Victoria Stroop Test: Normative data in a sample group of older people and the study of their clinical applications in the assessment of inhibition in Alzheimer's disease. **Archives of Clinical Neuropsychology**, 2011, 26, 653–661.
- BERA, A. K., SMITH, J. L., ZALKIN, H. Dual Role for the Glutamine Phosphoribosylpyrophosphate Amidotransferase Ammonia Channel. **Journal of Biological Chemistry**, 275(11), 2000, pp. 7975–7979. DOI:10.1074/jbc.275.11.7975.
- BERRIDGE, M. J. Calcium microdomains: Organization and function. **Cell Calcium**, 40(5-6), 2006, pp. 405–412. DOI:10.1016/j.ceca.2006.09.002.
- BERRIDGE, M. J., BOOTMAN, M. D.,; RODERICK, H. L. Calcium signalling: dynamics, homeostasis and remodelling. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**. 4(7), 2003, pp. 517–529. DOI: 10.1038/nrm1155.
- BISHOP, N. C. et al. Effect of caffeine ingestion on lymphocyte counts and subset activation in vivo following strenuous cycling. **Eur J Appl Physiol**, v. 93, p. 606–613, 2005.
- BLYTH, C. S.; ALLEN, E. M.; LOVINGOOD, B. W. Effects of Amphetamine (Dexedrine) and Caffeine on Subjects Exposed to Heat and Exercise Stress. **Research Quarterly**. American Association for Health, Physical Education and Recreation, 31(4), 1960, pp. 553–559. DOI:10.1080/10671188.1960.10613108

- BOGAN, K. L.; BRENNER, C. 5'-Nucleotidases and their new roles in NAD⁺ and phosphate metabolism. **New Journal of Chemistry**. 34(5), 2010, p.845. DOI:10.1039/b9nj00758j.
- BOISON, D., SCHEURER, L., ZUMSTEG, V., RULICKE, T., LITYNSKI, P., FOWLER, B., MOHLER, H. Neonatal hepatic steatosis by disruption of the adenosine kinase gene. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 99(10), 2002, pp. 6985–6990. DOI:10.1073/pnas.092642899.
- BOLLEE, G., HARAMBAT, J., BENSMAN, A., KNEBELMANN, B., DAUDON, M.,; CEBALLOS-PICOT, I. adenine Phosphoribosyltransferase Deficiency. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**. 7(9), 2012, pp. 1521–1527. DOI:10.2215/cjn.02320312.
- BOMPA, T. O. **Periodização – teoria e Metodologia do Treinamento**. São Paulo: Phorte, 2002.
- BORG GA. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**. 1982, 14, pp. 377–81.
- BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine Science Sports Exercise**. 14(5):377-81, 1982.
- BOROTIKAR, B.S.; RHONDA, N.; KOPPES, R.; MCLEAN SCOTT G. Combined effects of fatigue and decision making on female lower limb landing postures: Central and peripheral contributions to ACL injury risk. **Clinical Biomechanics**. 23 (1)1, p.81-92, 2008.
- BOSWELL-SMITH, V., SPINA, D.; PAGE, C. P. Phosphodiesterase inhibitors. **British Journal of Pharmacology**, 147(S1), 2009, pp. S252–S257. DOI:10.1038/sj.bjp.0706495.
- BOTTOMS L, GREENHALGH A, GREGORY K. The effect of caffeine ingestion on skill maintenance and fatigue in epee fencers. **J Sports Sci**. 2013;31:1091–9. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.764466>.
- BOURDON et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 2017, 12, S2-161 -S2-170.
- BRASS, M.; HAGGARD, P. The hidden side of intentional action: the role of the anterior insular cortex. **Brain Struct Funct**, v. 214, n. 5–6, p. 603–610, 2010.
- BRAYTON, KELLY; Z.D., CHEN; ZHOU, GUOYI; NAGY, PETER; GAVALAS, ANTHONY; TRENT, J; DEAVEN, LARRY; DIXON, JACK; ZALKIN, H. Two genes

- for de novo purine nucleotide synthesis on human chromosome 4 are closely linked and divergently transcribed. **The Journal of biological chemistry**. 269, 1994, pp. 5313-21.
- BURKE, L. M. Caffeine and sports performance. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 33, p. 1319–1334, 2008.
- CAPPELLETTI, S., DARIA, P., SANI, G.,; AROMATARIO, M. Caffeine: Cognitive and Physical Performance Enhancer or Psychoactive Drug? **Current Neuropsychopharmacology**, 13(1), 2015, pp.71–88. DOI:10.2174/1570159x13666141210215655
- CARDOSO F DA SL, GONZÁLEZ-VÍLLORA S, GUILHERME J, TEOLDO I. Young soccer players with higher tactical knowledge display lower cognitive effort. **Perceptual & Motor Skills**. junho de 2019;126(3):499–514.
- CASAMICHANA, D. AND CASTELLANO, J. Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. **J. Sports. Sci.** 28, p.1615-1623, 2010.
- CASAMICHANA, D.; CASTELLANO, J. Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: Effects of pitch size. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 14, p. 1615–1623, 2010.
- CHAMPE, PAMELA C, RICHARD A HARVEY, DENISE R FERRIER. **Lippincott's Illustrated Reviews: Biochemistry**. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams; Wilkins, 2005.
- CHAN RCK, SHUM D, TOULOPOULOU T, CHEN EYH. Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues. **Arch Clin Neuropsychol**. 23, 2008, pp. 201–16. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.08.010>.
- CHAN, J. S. Y. et al. Fencing expertise and physical fitness enhance action inhibition. **Psychology of Sport & Exercise**, v. 12, n. 5, p. 509–514, 2011.
- CHIKAHISA, S., SÉI, H. The Role of ATP in Sleep Regulation. **Frontiers in Neurology**. 2, 2011. DOI:10.3389/fneur.2011.00087.
- CHOI, O. H., SHAMIM, M. T., PADGETT, W. L.,; DALY, J. W. Caffeine and theophylline analogues: Correlation of behavioral effects with activity as adenosine receptor antagonists and as phosphodiesterase inhibitors. **Life Sciences**. 43(5), 1988, pp. 387–398. DOI:10.1016/0024-3205(88)90517-6.

- CHUNG, H. Y., BAEK, B. S., SONG, S. H., KIM, M. S., HUH, J. I., SHIM, K. H., ... LEE, K. H. Xanthine dehydrogenase/xanthine oxidase and oxidative stress. **AGE**, 20(3), 1997, 127–140. DOI:10.1007/s11357-997-0012-2.
- CLARKE N. D.; DUNCAN M. J. Effect of Carbohydrate and Caffeine Ingestion on Badminton Performance. **Int J Sports Physiol Perform**. 2016 Jan;11(1):108-15. DOI: 10.1123/ijsp.2014-0426. Epub 2015 May 26.
- CLAUSEN, T. The Sodium Pump Keeps Us Going. **Ann. N.Y. Acad. Sci.**, v. 986, p. 595–602, 2003.
- COOPER, GEOFFREY M; ROBERT E. HAUSMAN. The Cell: A Molecular Approach. 2004. Washington, D.C.: Sunderland, Mass.: **ASM Press**. ISBN-10: 0-87893-106-6.
- COSO, J, MUNOZ-FERNANDEZ VE, MUNOZ G, FERNANDEZ-ELIAS VE, ORTEGA JF, HAMOUTI N, BARBERO JC, MUNOZ-GUERRA J. Effects of a caffeine-containing energy drink on simulated soccer performance. **PLOS ONE**. 7(2), 2012.
- COSO, J. DEL et al. Effects of a Caffeine-Containing Energy Drink on Simulated Soccer Performance. **PLOS ONE**, v. 7, n. 2, p. 1–8, 2012.
- COSTA, I. **Comportamento Tático no Futebol: Contributo para a Avaliação do Desempenho de Jogadores em Situações de Jogo Reduzido**. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte). Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Portugal. 2010.
- COSTA, I. T. DA et al. Princípios Táticos do Jogo de Futebol: conceitos e aplicação. Os Princípios Táticos. **Motriz**, v. 15, n. 3, p. 657–668, 2009.
- COSTA, I. T. DA et al. System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation. **Motricidade**, v. 7, n. 1, p. 69–83, 2011a.
- COSTA, I. T. et al. System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation Sistema de avaliação tática no Futebol (FUT-SAT): **Desenvolvimento e Motricidaded**, v. 7, n. 1, p. 69–83, 2011b.
- COSTA, I.T.; GARGANTA, J.; GRECO, P.; MESQUITA, I. MAIA, J. System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation. **Motricidade**. 2011, vol. 7, n. 1, p. 69-83.
- COUTINHO, D. et al. Mental Fatigue and Spatial References Impair Soccer Players' Physical and Tactical Performances. **Frontiers in Psychology**, v. 8, 2017.
- COUTTS AJ, RAMPININI E, MARCORA SM, CASTAGNA C, IMPELLIZZERI FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer

- games. **J Sci Med Sport.** 2009, 12, pp. 79–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.08.005>.
- DAGER, S. R. et al. Human Brain Metabolic Response to Caffeine and the Effects of Tolerance. **Am J.Psychiatry**, v. 156, p. 229–237, 1999.
- DALY JW. Caffeine analogs: biomedical impact. **Cell Mol Life Sci.** 2007, 64, pp. 2153–69. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00018-007-7051-9>.
- DAVIS JK, GREEN JM. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. **Sports Med.** 2009;39:813–32. <https://doi.org/10.2165/11317770-000000000-00000>.
- DAVIS, J. K.; GREEN, J. M. Ergogenic Value and Mechanisms of Action. **Sports Med**, v. 10, n. 2009, p. 813–832, 2009.
- DAVIS, J. M. et al. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.**, v. 284, n. 2, p. 399–404, 2002.
- de Koning JJ, Noordhof DA. Embrace Uncertainty. **Int J Sports Physiol Perform.** 1o de julho de 2019;14(6):697.
- DEL COSO J, MUÑOZ-FERNÁNDEZ VE, MUÑOZ G, FERNÁNDEZ-ELÍAS VE, ORTEGA JF, HAMOUTI N, ET AL. Effects of a caffeine-containing energy drink on simulated soccer performance. **PLoS ONE.** 2012, 7. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031380>.
- DELLAL, A. et al. Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. **European Journal of Sport Science**, v. 11, n. 1, p. 51–59, 2011.
- DELLAL, A. et al. 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.
- DELLAL, A.; DRUST, B.; LAGO-PENAS, C. Variation of Activity Demands in Small-Sided Soccer Games. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 05, p. 370–375, 2012.
- DESLANDES AC, VEIGA H, CAGY M, PIEDADE R, POMPEU F, RIBEIRO P. Effects of caffeine on the electrophysiological, cognitive and motor responses of the central nervous system. **Braz J Med Biol Res.** 2005, 38, pp. 1077–86. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2005000700011>.
- DEWS P. B. Caffeine. **Annu. Rev. Nutr.** 2, 1982, pp. 323–341. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.02.070182.001543>.

- DEWS, P. B. Behavioral Effects of Caffeine. **Caffeine**, 1984, pp. 86–103. DOI:10.1007/978-3-642-69823-1_6.
- DI GARBO, A., ALLOISIO, S., NOBILE, M. P2X7 receptor-mediated calcium dynamics in HEK293 cells: experimental characterization and modelling approach. **Physical Biology**. 9(2), 2012. DOI:10.1088/1478-3975/9/2/026001.
- DIXIT A, GOYAL A, THAWANI R, VANEY N. Effect of caffeine on information processing: evidence from stroop task. **Indian J Psychol Med**. 2012, 34, pp. 218–22. DOI: <https://doi.org/10.4103/0253-7176.106013>.
- DJAOUI L., M. HADDAD, K. CHAMARI, A. DELLAL. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. **Physiol. Behav**. 181, 2017, p. 86–94.
- DOEPKER, C., LIEBERMAN, H. R., SMITH, A. P., PECK, J. D., EL-SOHEMY, A., WELSH, B. T. Caffeine: Friend or Foe? **Annual Review of Food Science and Technology**, 7(1), 117–137, 2016. DOI: 10.1146/annurev-food-041715-033243
- DRUST, B. et al. Circadian Rhythms in Sports Performance — an Update. **Chronobiology International**, v. 22, n. 1, p. 21–44, 2005.
- DUNWIDDIE, T. V.; MASINO, S. A. The Role and Regulation of adenosine in the Central Nervous System. **Annual Review of Neuroscience**. 24(1), 2001, pp.31–55. DOI:10.1146/annurev.neuro.24.1.31.
- DZEJA, P. P., ZELEZNIKAR, R. J., GOLDBERG, N. D. adenylate kinase: Kinetic behavior in intact cells indicates it is integral to multiple cellular processes. **Molecular and Cellular Biochemistry**. 184(1/2), 1998, pp. 169–182. DOI:10.1023/a:1006859632730.
- EBRAHIMI, A., HABIBI-KHORASSANI, M., AKHER, F. B., FARROKHZADEH, A., KARIMI, P. Caffeine as base analogue of adenine or guanine: A theoretical study. **Journal of Molecular Graphics and Modelling**, 42, 2013, pp.81–91. DOI:10.1016/j.jmglm.2013.02.012
- EINÖTHER, S.J.L.; GIESBRECHT, T. Caffeine as an attention enhancer: reviewing existing assumptions. **Psychopharmacology**. Jan, 225 (2), pp 251–274, 2013.
- EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M.; WÄLDEN, M. Injury incidence and injury patterns in professional football - The UEFA injury study. **British journal of Sports Medicine**. 2009. Disponível em: <http://bjsm.bmj.com/content/45/7/553.abstract>. Acesso em: 23 de Maio de 2016.

ELLIS, M. et al. Low Doses of Caffeine: Enhancement of Physical Performance in Elite Adolescent Male Soccer Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 5, p. 569–575, 2018.

ERMOLAO, A. et al. Repeated sprint ability is not enhanced by caffeine, arginine, and branched-chain amino acids in moderately trained soccer players. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 13, n. 1, p. 55–61, 2017.

FANCHINI, M. F. et al. Effect of Bout Duration on Exercise Intensity and Technical Performance of Small-Sided Games in Soccer. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 453–458, 2011.

FENECK, R. Phosphodiesterase inhibitors and the cardiovascular system. **Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain**. 7(6), 2007, pp. 203–207. DOI:10.1093/bjaceaccp/mkm039

FISONE, G., BORGKVIST, A.; USIELLO, A. Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action. **Cellular and Molecular Life Sciences (CMLS)**. 61(7-8), 2004, pp. 857–872. DOI: 10.1007/s00018-003-3269-3.

FLORY, C.D.; GILBERT, J. The effects of benzedrine sulfate and caffeine citrate on the efficiency of college students, 1. **Appl. Psychol.**, 27, 1943, pp. 121-134.

FOREMAN N, BARRACLOUGH S, MOORE C, MEHTA A, MADON M. High doses of caffeine impair performance of a numerical version of the Stroop task in men. **Pharmacol Biochem Behav**. 1989, 32, pp. 399–403. DOI: [https://doi.org/10.1016/0091-3057\(89\)90169-x](https://doi.org/10.1016/0091-3057(89)90169-x).

FOSKETT, A., ALI, A; GANT, N. Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**. 2009 Aug;19(4):410-23.

FOSKETT, A.; ALI, A.; GANT, N. Caffeine Enhances Cognitive Function and Skill Performance During Simulated Soccer Activity. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 19, n. 4, p. 410–423, 2009.

FOSTER, C. et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.

FRARY CD, JOHNSON RK, WANG MQ. Food sources and intakes of caffeine in the diets of persons in the United States. **J Am Diet Assoc**. 2005, 105, pp. 110–3. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2004.10.027>.

FREDHOLM BB, BATTIG K, HOLMEN J, NEHLIG A, ZVARTAU EE. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. **Pharmacol Rev.** 51, 1999, pp 83–133.

FREDHOLM BB, IJZERMAN AP, JACOBSON KA, KLOTZ K-N, LINDEN J. International Union of Pharmacology. XXV. Nomenclature and classification of adenosine receptors. **Pharmacol Rev.** 53(4), 2001a, pp.1–26.

FREDHOLM, B. B. et al. Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference to Factors That Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference. n. April, 1999.

FREDHOLM, B. B., YANG, J.,; WANG, Y. Low, but not high, dose caffeine is a readily available probe for adenosine actions. **Molecular Aspects of Medicine.** 55, 2017, pp. 20–25. DOI:10.1016/j.mam.2016.11.011.

FROBERG, J., KARLSSON, C. G., LEVI, L., LINDE, L. SEEMAN K. Test performance and subjective feelings as modified by caffeine-contaming and caffeine-free coffee. In: F. Heim, H.P.T. Ammon and F.K. Schattauer (Eds.). **Koffein und Andere Methylanthane**, Springer, Stuttgart, 1969, pp. 15-20.

FULGONI VL, KEAST DR, LIEBERMAN HR. Trends in intake and sources of caffeine in the diets of US adults: 2001-2010. **Am J Clin Nutr.** 2015, 101, pp. 1081–7. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.080077>.

FULLER, C. W.; EKSTRAND, J.; JUNGE, A.; ANDERSEN, T. E.; BAHR, R. DVORAK, J.; HÄGGLUND, M.; McCROY, P.; MEEUWISSE. W. H. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. **British Journal of Sports Medicine.** 40(3): 193–201, 2006.

FUMAGALLI, M., LECCA, D., ABBRACCHIO, M. P.; CERUTI, S. Pathophysiological Role of Purines and Pyrimidines in Neurodevelopment: Unveiling New Pharmacological Approaches to Congenital Brain Diseases. **Frontiers in Pharmacology.** 8, 2017. DOI:10.3389/fphar.2017.00941.

GABBETT, T.; WHYTE, D.G. HARTWIG, T.B. WESCOMBE, H. NAUGHTON, G. The Relationship Between Workloads, Physical Performance, Injury and Illness in Adolescent Male Football Players. **Sports Med.** 2014. 44:989–1003.

GANT, N., ALI, A.; FOSKETT, A. The influence of caffeine and carbohydrate coingestion on simulated soccer performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, 20, 191-197, 2010.

GANT, NICHOLAS; ALI, AJMOL; FOSKETT, ANDREW. (2010). The Influence of Caffeine and Carbohydrate Coingestion on Simulated Soccer Performance.

International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 20. 191-7. 10.1123/ijsnem.20.3.191.

GANTOIS, P. et al. Effects of mental fatigue on passing decision- making performance in professional soccer athletes. **European Journal of Sport Science**, v. 0, n. 0, p. 1–21, 2019.

GARGANTA, J. Dos constrangimentos da acção à liberdade de (inter)acção, para um futebol com pés... e cabeça. In: ARAÚJO, D. (Org.). **O Contexto da Decisão. A acção táctica no desporto**. Lisboa: Visão e Contexto Editora, 2005, Cap.5, p.179-190.

GARGANTA, J.; PINTO, J. O ensino do futebol. In: GRAÇA, A.; OLIVEIRA, J. (Eds.). **O ensino dos jogos desportivos**. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física/Universidade do Porto, 1994. 1, p.95-136.

GARGANTA, J: **Modelação táctica do Futebol. Estudo da organização ofensiva de equipas de alto nível de rendimento**. Tese de doutorado. FCDEF-UP. 1997.

GARRETT, B. E.,; GRIFFITHS, R. R. The Role of Dopamine in the Behavioral Effects of Caffeine in Animals and Humans. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**, 57(3), 2017, pp. 533–541. DOI:10.1016/s0091-3057(96)00435-2.

GENG, JINGYI; SCHNUR, TATIANA & JANSSEN, NIELS. (2013). Relative speed of processing affects interference in Stroop and picture–word interference paradigms: evidence from the distractor frequency effect. **Language and Cognitive Processes**. 29. 10.1080/01690965.2013.846473.

GLAISTER M, GISSANE C. Caffeine and Physiological Responses to Submaximal Exercise: A Meta-Analysis. **Int J Sports Physiol Perform**. 2018; 13:402–11. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0312>.

GLAISTER M, GISSANE C. Caffeine and Physiological Responses to Submaximal Exercise: A Meta-Analysis. **Int J Sports Physiol Perform**. 2018, 13, pp. 402–11. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0312>.

GOLDSTEIN, E. R. et al. International society of sports nutrition position stand : caffeine and performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 1–15, 2010.

GOMES, A. C. **Treinamento Desportivo. Estruturação e Periodização**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

GONÇALVES E, NOCE F, BARBOSA MAM, FIGUEIREDO AJ, HACKFORT D, TEOLDO I. Correlation of the peripheral perception with the maturation and the effect

of the peripheral perception on the tactical behaviour of soccer players. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*. 18(5):687–99, 2020.

GONÇALVES, E.; REZENDE, A. L. G. DE; COSTA, I. T. DA. Comparação entre a performance tática defensiva e ofensiva de jogadores de futebol Sub-17 de diferentes posições. **Rev Bras Ciênc Esporte**, v. 39, n. 2, p. 108–114, 2017.

GRAHAM TE, SPRIET LL. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. **J Appl Physiol**, 1995 Mar;78(3):867-74.

GRAHAM, T. E. Caffeine and Exercise Metabolism, Endurance and Performance. **Sports Med**, v. 31, n. 11, p. 785–807, 2001.

GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. **Journal of Applied Physiology**, v. 78, n. 3, p. 867–874, 1995.

GUERRA MA, CALDAS LC, DE SOUZA HL, VITZEL KF, CHOLEWA JM, DUNCAN MJ, ET AL. The acute effects of plyometric and sled towing stimuli with and without caffeine ingestion on vertical jump performance in professional soccer players. **J Int Soc Sports Nutr**. 2018, 15, p. 51. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0258-3>.

GUERRA, M. A. et al. The acute effects of plyometric and sled towing stimuli with and without caffeine ingestion on vertical jump performance in professional soccer players. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 51, p. 3–9, 2018.

GUIMARÃES-FERREIRA, LUCAS; TREXLER, ERIC T.; JAFFE, DANIEL A.; CHOLEWA, JASON M. Role of Caffeine in Sports Nutrition. In: Bagchi, Debasis. **Sustained Energy for Enhanced Human Functions and Activity**. Academic Press. Chapter 19, p.299-319.

GUNNINK, L. K., BUSSCHER, B. M., WODAREK, J. A., ROSETTE, K. A., STROHBEHN, L. E., LOOYENGA, B. D.,; LOUTERS, L. L. Caffeine inhibition of GLUT1 is dependent on the activation state of the transporter. **Biochimie**, 137, 2017, pp. 99–105. DOI:10.1016/j.biochi.2017.03.011.

GUTTIERRES, A. P. M. et al. Efeito Ergogênico de Uma Bebida Esportiva Cafeinada Sobre a Performance em Testes de Habilidades Específicas do Futebol Ergogenic Effect of a Caffeinated Sports Drink on Performance in. **Rev Bras Med Esporte**, v. 15, n. 6, p. 450–454, 2009.

GUTTIERRES, A. P. M. et al. Metabolic effects of a caffeinated sports drink consumed during a soccer match Metabolic effects of a caffeinated sports drink consumed during a soccer match. **Motriz**, v. 19, n. 4, p. 688–695, 2013.

- GUTTIERRES, A. P. M. et al. SOBRE O ESTADO DE HIDRATAÇÃO DE JOGADORES DE FUTEBOL. *Rev. Bras. Cienc. Esporte*, v. 29, n. 2, p. 147–163, 2008.
- HAGGARD, P. Human volition: towards a neuroscience of will. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 9, n. 12, p. 934–946, 2008.
- HAGGER, M. S. et al. Ego Depletion and the Strength Model of Self-Control: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, v. 136, n. 4, p. 495–525, 2010.
- HALSON SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. **Sports Med.** Nov; 44 Suppl 2: S139-47. 2014.
- HAMILTON, B. Does caffeine supplementation improve soccer performance in specific exercise? [s.l.] Loughborough College, 2008.
- HARDIE, D. G. The AMP-activated protein kinase pathway - new players upstream and downstream. **Journal of Cell Science**. 117(23), 2004, pp. 5479–5487. DOI:10.1242/jcs.01540.
- HERNÁNDEZ-CAMACHO, J. D. et al. Nutrición Humana y Dietética. **Rev Esp Nutr Hum Diet.**, v. 21, n. 2, p. 155–163, 2017.
- HESPEL, P.; MAUGHAN, R. J.; GREENHAFF, P. L. Dietary supplements for football. **Journal of Sports Sciences**, v. 24, n. 07, p. 749–761, 2003.
- HILL-HAAS SV, DAWSON B, IMPELLIZZERI FM, COUTTS AJ. Physiology of small-sided games training in football: A systematic review. **Sports Medicine**. 41(3):199-220, 2011.
- HOPKINS, W. G. et al. Progressive Statistics for Studies in **Sports Medicine** and Exercise Science. *Med Sci Sports Exerc*, v. 41, n. 1, p. 3–13, 2009.
- HORRIGAN, L. A.; KELLY, J. P.; CONNOR, T. J. Caffeine suppresses TNF- α production via activation of the cyclic AMP/protein kinase A pathway. **International Immunopharmacology**, v. 4, p. 1409–1417, 2004.
- HORST, K., BUXTON, R.E. AND ROBINSON, W.D., The effect of the habitual use of coffee or decaffeinated coffee upon blood pressure and certain motor reactions of normal young men, **J. Pharmacol.** 52, 1934, pp. 322-337.
- HORST, K., ROBINSON, W.D., JENKINS, W.L. AND BAO, D.L., The effect of caffeine, coffee and decaffeinated coffee upon blood pressure, pulse rate and certain motor reactions of normal young men. **J. Pharmacol.** 52, 1934, pp. 307-321.
- HUERTAS, FLORENTINO; BLASCO HERRAIZ, ESTHER; MORATAL, CONSUELO; LUPIÁÑEZ, JUAN. Caffeine intake modulates the functioning of the

attentional networks depending on consumption habits and acute exercise demands OPEN. **Scientific Reports**. 2019, 9. DOI: 10.1038/s41598-019-46524-x.

IAIA, F. M.; RAMPININI, E.; BANGSBO, J. High-Intensity Training in Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 4, n. 3, p. 291–306, 2009.

IMPELLIZZERI FM, RAMPININI E, COUTTS AJ, SASSI A, MARCORA SM. Use of RPE-based training load in soccer. **Med Sci Sports Exerc**, 2004; 36: 1042–1047.

JAAKOLA, V.-P.; IJZERMAN, A. P. The crystallographic structure of the human adenosine A2A receptor in a high-affinity antagonist-bound state: implications for GPCR drug screening and design. **Current Opinion in Structural Biology**. 20(4), 2010, pp. 401–414. DOI:10.1016/j.sbi.2010.05.002.

JAAKOLA, V.-P.; IJZERMAN, A. P. The crystallographic structure of the human adenosine A2A receptor in a high-affinity antagonist-bound state: implications for GPCR drug screening and design. **Current Opinion in Structural Biology**. 20(4), 2010, pp. 401–414. DOI:10.1016/j.sbi.2010.05.002.

JACOBSON, K. A., TOSH, D. K., JAIN, S.,; GAO, Z.-G. Historical and Current adenosine Receptor Agonists in Preclinical and Clinical Development. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 13, 2019. DOI:10.3389/fncel.2019.00124.

JACOBSON, M. The Effects of Sports Drinks Containing Caffeine and Carbohydrate on Soccer-Specific Skill Performance During Match-Induced Fatigue. [s.l.] University of Victoria, 2011.

JORDAN, J. B., KORGAOKAR, A., FARLEY, R. S., COONS, J. M., & CAPUTO, J. L. Caffeine Supplementation and Reactive Agility in Elite Youth Soccer Players. **Pediatric Exercise Science**, 2014, 26(2), 168–176. DOI:10.1123/pes.2013-013.

JURADO, MARIA-BEATRIZ; ROSSELLI, MONICA. The Elusive Nature of Executive Functions: A Review of our Current Understanding. **Neuropsychology review**. 2007, 17. 213-33. 10.1007/s11065-007-9040-z.

KALMAR, J. M. Muscle Activation ABSTRACT. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 37, n. 12, p. 2113–2119, 1999.

KAPLAN, G. B., TAI, N. T., GREENBLATT, D. J.; SHADER, R. I. Caffeine-induced behavioural stimulation is dose- and concentration-dependent. **British Journal of Pharmacology**. 100(3), 1990, pp. 435–440. DOI:10.1111/j.1476-5381.1990.tb15824.x.

KARABAĞ, S.; TAŞ, Z. The examination of the effect of caffeine supplementation in professional soccer players. **Physical Education of Students**, v. 23, n. 3, p. 129–141, 2019.

- KATUNUMA, N., MATSUDA, Y.,; KURODA, Y. Phylogenic aspects of different regulatory mechanisms of glutamine metabolism. **Advances in Enzyme Regulation**. 8, 1970, pp. 73–81. DOI:10.1016/0065-2571(70)90009-9.
- KEISLER, B. D., ARMSEY, T. D. Caffeine As an Ergogenic Aid. **Current Sports Medicine Reports**, 2006, 5(4), 215–219. DOI:10.1097/01.csmr.0000306510.57644.a7.
- KEMPE, M. et al. Possession vs. Direct Play: Evaluating Tactical Behavior in Elite Soccer. **International Journal of Sports Science**, v. 4, n. 6A, p. 35–41, 2014.
- KERKHOF, A., XAVIER, A. C., DA SILVA, B. S., CANAS, P. M., IDEMA, S., BAAYEN, J. C. MANSVELDER, H. D. Caffeine Controls Glutamatergic Synaptic Transmission and Pyramidal Neuron Excitability in Human Neocortex. **Frontiers in Pharmacology**, 8, 2018. DOI:10.3389/fphar.2017.00899.
- KINGSLEY, M. et al. Effects of carbohydrate-hydration strategies on glucose metabolism, sprint performance and hydration during a soccer match simulation in recreational players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 17, n. 2, p. 239–243, 2013.
- KLAUSS, J. et al. A randomized controlled trial of targeted prefrontal cortex modulation with tDCS in patients with alcohol dependence. **International Journal of Neuropsychopharmacology**, v. 17, n. 11, p. 1793–1803, 2014.
- KNICKER, A. J., RENSHAW, I; OLDHAM, A; CAIMS, S.P. Interactive Processes Link the Multiple Symptoms of Fatigue in Sport Competition. **Sports Medicine**. April 1, 2011.
- KONISHI Y, HORI H, IDE K, KATSUKI A, ATAKE K, IGATA R, ET AL. Effect of single caffeine intake on neuropsychological functions in healthy volunteers: A double-blind placebo-controlled study. **PLoS ONE**. 2018, 13. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202247>.
- KUKULA-KOCH, W. A.,; WIDELSKI, J. Alkaloids. **Pharmacognosy**, 2017, pp.163–198. DOI:10.1016/b978-0-12-802104-0.00009-3
- KUNRATH CA, NAKAMURA FY, ROCA A, TESSITORE A, TEOLDO DA COSTA I. How does mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. **J Sports Sci**. Agosto de 2020;38(15):1818–28.
- LAGO, C. et al. Determinants of possession of the ball in soccer. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 9, p. 37–41, 2007.
- LAGO, C. The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 13, p. 1463–1469, 2009.

- LANZMASTER, D., DAL-CIM, T., PIERMARTIRI, T. C. B.; TASCA, C. I. Guanosine: a Neuromodulator with Therapeutic Potential in Brain Disorders. **Aging and Disease**, 7(5), 2016, p.657. DOI:10.14336/ad.2016.0208.
- LARA B, GONZALEZ-MILLÁN C, SALINERO JJ, ABIAN-VICEN J, ARECES F, BARBERO-ALVAREZ JC, ET AL. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. **Amino Acids**. 2014, 46, pp. 1385–92. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1709-z>.
- LARA, B. et al. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. *Amino Acids*, v. 46, p. 1385–1392, 2014.
- LIMA, J. P.; FARAH, A. Caffeine Metabolism and Health Effects. In: **Coffee: Consumption and Health Implications**. Adriana Farah (Org). Editor: Royal Society of Chemistry, 2019. Cap. 15, pp 313 – 339. DOI: 10.1039/9781788015028-00313
- LOVINGOOD, B. W., BLYTH, C. S., PEACOCK, W. H., LINDSAY, R. B. Effects of d-Amphetamine Sulfate, Caffeine, and High Temperature on Human Performance. *Research Quarterly*. **American Association for Health, Physical Education and Recreation**, 38(1), 1960, pp.64–71. DOI:10.1080/10671188.1967.10614804.
- LPATA, P. L., BALESTRI, F. The Regulation of Brain Nucleoside Utilization. **Current Metabolomics**. 2, 2014. DOI: 10.2174/2213235X02666140422230822.
- M. MOREAU, S. E. WEBB, I. NÉANT, A. L. MILLER, C. LECLERC. **HANDBOOK OF NEUROCHEMISTRY AND MOLECULAR NEUROBIOLOGY: NEURAL SIGNALING MECHANISMS**. Abel Lajtha, Katsuhiko Mikoshiba (eds.). Publisher: Springer US, Year: 2009. ISBN: 978-0-387-30338-3,978-0-387-30370-3.
- MACHADO G, GONZÁLEZ-VÍLLORA S, SARMENTO H, TEOLDO I. Development of Tactical Decision-making Skills in Youth Soccer Players: Macro- and Microstructure of Soccer Developmental Activities as a Discriminant of Different Skill Levels. **International Journal of Performance Analysis in Sport**. 2020;1–20.
- MACHADO G, TEOLDO I. TacticUP Video Test for Soccer: Development and Validation. **Frontiers in Psychology**. 2020;11(1690):1–12.
- MÁDROVÁ, L., KRIJT, M., BAREŠOVÁ, V., VÁCLAVÍK, J., FRIEDECKÝ, D., DOBEŠOVÁ, D, SOUČKOVA, O, SKOPOVA, V., ADAM, T., ZIKÁNOVÁ, M. Mass spectrometric analysis of purine de novo biosynthesis intermediates. **PLOS ONE**, 13(12), 2018. DOI:10.1371/journal.pone.0208947.
- MAGI, S., CASTALDO, P., MACRÌ, M. L., MAIOLINO, M., MATTEUCCI, A., BASTIOLI, G., LARICCIA, V. Intracellular Calcium Dysregulation: Implications for

- Alzheimer's Disease. **BioMed Research International**. 2016, 1–14. DOI:10.1155/2016/6701324.
- MAHONEY, C. R., GILES, G. E., MARRIOTT, B. P., JUDELSON, D. A., GLICKMAN, E. L., GEISELMAN, P. J.; LIEBERMAN, H. R. Intake of caffeine from all sources and reasons for use by college students. **Clinical Nutrition**, 2018. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.04.004
- MANGAS, J. **Conhecimento declarativo no futebol: estudo comparativo em praticantes federados e não-federados, do escalão de sub-14**. Não publicado. Porto: Faculdade de Desporto Universidade do Porto, 1999.
- MARCHETTI, ROSALBA; FORTE, ROBERTA; BORZACCHINI, MARCO; VAZOU, SPYRIDOULA; TOMPOROWSKI, PHILLIP; PESCE, CATERINA. Physical and Motor Fitness, Sport Skills and Executive Function in Adolescents: **A Moderated Prediction Model. Psychology**. 2015, 06. 1915-1929. 10.4236/psych.2015.614189.
- MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans activation during emotion processing in elite adventure racers Mental fatigue impairs physical performance in humans. **J Appl Physiol**, v. 106, p. 857–864, 2014.
- MARTÍNEZ-LÓPEZ, S., SARRIÁ, B., BAEZA, G., MATEOS, R.; BRAVO-CLEMENTE, L. Pharmacokinetics of caffeine and its metabolites in plasma and urine after consuming a soluble green/roasted coffee blend by healthy subjects. **Food Research International**, 64, 2014, pp. 125–133. DOI:10.1016/j.foodres.2014.05.043.
- MAUGHAN, R. J. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. **Nutrition Research Reviews**, 1999, 12(02), 255. DOI: 10.1079/095442299108728956.
- MCCALL, A. L., MILLINGTON, W. R.; WURTMAN, R. J. Blood-brain barrier transport of caffeine: Dose-related restriction of adenine transport. **Life Sciences**, 31(24), 1982, pp. 2709–2715. DOI:10.1016/0024-3205(82)90715-9.
- MCCLARAN, S. R.; WETTER, T. J. Low doses of caffeine reduce heart rate during submaximal cycle ergometry. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 4, n. 11, p. 1–9, 2007.
- McGARRY, T.; ANDERSON, D; STEPHAN, A.; HUGUES, M.; FRANKS, I. Sports competition as dynamical self-organizing system. **Journal of Sports Sciences**. 20(1), 771-781, 2002.

- MEEUSEN, R.; WATSON, P.; DVORAK J. The brain and fatigue: new opportunities for nutritional interventions? **Journal of Sports Sciences**. 24 (7), 773-782, 2006.
- MEKHAIL-ISHAK, K., LAVOIE, P.A. AND SHARKAWI. M. Effects of caffeine and cyclic adenosine 3',5'-monophosphate on adenosine triphosphate-dependent calcium uptake by lysed brain synaptosomes. **Brain Res**. 426, 1987, pp. 62-68.
- MIELGO-AYUSO J, CALLEJA-GONZALEZ J, DEL COSO J, URDAMPILLETA A, LEÓN-GUEREÑO P, FERNÁNDEZ-LÁZARO D. Caffeine Supplementation and Physical Performance, Muscle Damage and Perception of Fatigue in Soccer Players: A Systematic Review. **Nutrients**, 2019, 11. <https://doi.org/10.3390/nu11020440>.
- MIELGO-AYUSO, J. et al. Muscle Damage and Perception of Fatigue in Soccer Players : A Systematic Review. **Nutrients**, v. 11, n. 2, p. 1–15, 2019.
- MIRAGAIA, C. M. P. **Conhecimento Declarativo e Tomada de Decisão em Futebol. Estudo comparativo da exactidão e do tempo de resposta de Futebolistas Seniores pertencentes a Equipas da I, II, 2ª divisão B**. Não publicado. Porto: FCDEF-UP, 2001.
- MIRANDA, S. Como as necessidades de informação podem se relacionar com as competências informacionais. **Ciência da Informação**. Brasília, v. 35, n. 3, p. 99-114, Dec. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652006000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10 Abril 2018. [http://dx. doi.org /10.1590/S0100-19652006000300010](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-19652006000300010).
- MOSTOFSKY, S. H.; SIMMONDS, D. J. Response Inhibition and Response Selection: Two Sides of the Same Coin. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 25, n. 5, p. 751–761, 2008.
- MUELLER ST, PIPER BJ. The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. **J Neurosci Methods**. 2014, 222, pp. 250–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2013.10.024>.
- MUTAFOVA-YAMBOLIEVA, V. N.; DURNIN, L. The purinergic neurotransmitter revisited: A single substance or multiple players? **Pharmacology & Therapeutics**. 144(2), 2014, pp. 162–191. DOI:10.1016/j.pharmthera.2014.05.012.
- NAFTALIN, R. J. Definitely, my cup of tea. Focus on “Caffeine inhibits glucose transport by binding at the GLUT1 nucleotide-binding site.” **American Journal of Physiology-Cell Physiology**. 308(10), 2015, C825–C826. DOI:10.1152/ajpcell.00083.2015

NEHLIG A. Is caffeine a cognitive enhancer? *J Alzheimers Dis.* 2010, 20, Suppl 1, S85-94. DOI: <https://doi.org/10.3233/JAD-2010-091315>.

NEHLIG, A., DAVAL, J.-L., DEBRY, G. Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. **Brain Research Reviews**, 17(2), 1992, pp. 139–170. DOI:10.1016/0165-0173(92)90012-b.

NEHLIG, A., DAVAL, J.-L.; DEBRY, G. Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. **Brain Research Reviews**. 17(2), 1992, pp. 139–170. DOI:10.1016/0165-0173(92)90012-b.

NEWBY AC. adenosine and the concept of “retaliatory metabolites.” **Trends Biochem Sci**, 9: 42– 44, 1984. DOI:10.1016/0968-0004(84)90176-2.

Newcomer JW, Farber NB, Olney JW. NMDA receptor function, memory, and brain aging. **Dialogues Clin Neurosci**. 2000;2(3):219–232.

NOAKES, T. D. Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. **Front Physiol**. Apr. 11(3). 2012.

NOAKES, T. D. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. **Scand J Med Sci Sports**. Jun;10(3):123-45. 2000.

OJEDA P, PEREZ A, OJEDA L, VARGAS-URIBE M, RIVAS CI, SALAS M, VERA JC, REYES AM. Noncompetitive blocking of human GLUT1 hexose transporter by methylxanthines reveals an exofacial regulatory binding site. **Am J Physiol Cell Physiol**. 303, 2012, C530–C539.

PAGEAUX, B.; LEPERS, R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. **Prog Brain Res.**, v. 240, p. 1–25, 2018.

PAGEAUX, B.; LEPERS, R.; MARCORA, S. M. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. **Eur J Appl Physiol**, v. 114, n. 5, p. 1095–1105, 2014.

PAGLIA, D.E., VALENTINE, W.N., NAKATANI, M., BROCKWAY, R.A. AMP deaminase as a cell-age marker in transient erythroblastopenia of childhood and its role in the adenylate economy of erythrocytes. **Blood**, 74(6), 1989, pp. 2161-5.

PATAT A, ROSENZWEIG P, ENSLEN M, TROCHERIE S, MIGET N, BOZON M-C, et al. Effects of a new slow release formulation of caffeine on EEG, psychomotor and cognitive functions in sleep-deprived subjects. **Hum Psychopharmacol**. 2000, 15, pp.

153–70. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1077\(200004\)15:3<153&AID-HUP154>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1077(200004)15:3<153&AID-HUP154>3.0.CO;2-C).

PEDERSEN, P. L. Transport ATPases: Structure, Motors, Mechanism and Medicine: A Brief Overview. **Journal of Bioenergetics and Biomembranes**. 37(6), 2005, pp. 349–357. DOI:10.1007/s10863-005-9470-3.

PEDLEY, A. M.; BENKOVIC, S. J. A New View into the Regulation of Purine Metabolism: The Purinosome. **Trends in Biochemical Sciences**. 42(2), 2017, pp. 141–154. DOI:10.1016/j.tibs.2016.09.009.

PENNER, R., FASOLATO, C.; HOTH, M. Calcium influx and its control by calcium release. **Current Opinion in Neurobiology**, 3(3), 1993, pp. 368–374. DOI:10.1016/0959-4388(93)90130-q.

PETTERSEN, S. A. et al. Caffeine supplementation does not affect match activities and fatigue resistance during match play in young football players. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 20, p. 37–41, 2014.

PICKERING, C.; GRGIC, J. Caffeine and Exercise: What Next? **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1007–1030, 2019.

PICKERING, C.; KIELY, J. Are the current guidelines on caffeine use in sport optimal for everyone? Inter-individual variation in caffeine ergogenicity, and a move towards personalised sports nutrition. **Sports Medicine**. 2018, p. 1-10.

POLLO, A.; CARLINO, E.; BENEDETTI, F. The top-down influence of ergogenic placebos on muscle work and fatigue. **European Journal of Neuroscience**, v. 28, n. May, p. 379–388, 2008.

PREEDY, V. R. CAFFEINE: CHEMISTRY, ANALYSIS, FUNCTION AND EFFECTS. **Royal Society of Chemistry**, 2012, p.424.

PURVES, DALE; GEORGE J. AUGUSTINE; DAVID FITZPATRICK; WILLIAM C. HALL; ANTHONY-SAMUEL LAMANTIA; JAMES O. MCNAMARA; LEONARD E. WHITE. 2008. **Neuroscience**. 4 Ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates. ISBN 978-0-87893-697-7. Cap.7.

RAMPININI, E. et al. Match-related fatigue in soccer players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 11, p. 2161–2170, 2011.

RANCHORDAS, M. K. et al. Effects of caffeinated gum on a battery of soccer-specific tests in trained university-standard male soccer players. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise**, v. 1, n. 28, p. 629–634, 2018.

- RAPOPORT, J.L., JENSVOLD, M., ELKINS, R., BUCHSBAUM, M.S., WEINGARTNER, H., LUDLOW, C., ZAHN, T.P., BERG, C.J.; NEIMS, A. H. Behavioural and cognitive effects of caffeine in boys and adult males. **J. New. Ment. Dis.** 169, 1981, pp. 726-732.
- RIBEIRO, J. A.,; SEBASTIÃO, A. M. Caffeine and adenosine. **Journal of Alzheimer's Disease**, 20(s1), 2010, S3–S15. DOI: 10.3233/jad-2010-1379.
- RÖHRIG, T., LIESENFELD, D.,; RICHLING, E. Identification of a Phosphodiesterase-Inhibiting Fraction from Roasted Coffee (*Coffea arabica*) through Activity-Guided Fractionation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 65(19), 2017, pp. 3792–3800. DOI:10.1021/acs.jafc.6b05613.
- ROYALL, D. R. et al. Executive Control Function: A Review of Its Promise and Challenges for Clinical Research. **The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 14, n. 4, p. 377–405, 2002.
- RUSSELL, S. et al. The application of mental fatigue research to elite team sport performance: New perspectives. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 22, n. 6, p. 723–728, 2019.
- SALINERO JJ, LARA B, DEL COSO J. Effects of acute ingestion of caffeine on team sports performance: a systematic review and meta-analysis. **Res Sports Med.** 1–19, 2018.
- SARMENTO, H. et al. Small sided games in soccer – a systematic review. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, p. 1–57, 2018.
- SAUNDERS, B. et al. Placebo in sports nutrition : a proof-of-principle study involving caffeine supplementation. **Scand J Med Sci Sports**, v. 27, p. 1240–1247, 2017.
- SAWYNOK J. adenosine receptor activation and nociception. **Eur J Pharmacol.** 1998, 347, pp. 1–11.
- SAWYNOK, J.; LIU, X. J. adenosine in the spinal cord and periphery: release and regulation of pain. **Progress in Neurobiology**. 69(5), 2003, pp. 313–340. DOI: 10.1016/s0301-0082(03)00050-9.
- SCARPINA F, TAGINI S. The Stroop Color and Word Test. **Front Psychol.** 2017. 8:557. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00557>.
- SCHNEIKER, K. T. et al. Effects of Caffeine on Prolonged Intermittent- Sprint Ability in Team-Sport Athletes. **Physical Fitness and Performance**, v. 38, n. 3, p. 578–585, 2006.
- SHABIR, A. et al. The Influence of Caffeine Expectancies on Simulated Soccer Performance in Recreational Individuals. **Nutrients**, v. 11, n. 10, p. 2289, 2019.

SIBLEY, B.A.; ETNIER, J.L.; LE MASURIER, G.C. Effects of an acute bout of exercise on cognitive aspects of stroop performance. **Journal of Sport; Exercise Psychology**, 2006, 28, 285–299.

SILVA, B.S.R. **Estudo dos Comportamentos Táticos de jogadores de Futebol em jogos reduzidos e por estatuto posicional**. Tese (Mestrado em Ciências do Desporto e Educação Física) Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Porto, 2011.

SILVA, P.; ARAÚJO, D.; SAMPAIO J.; DAVIDS, K.; ARAÚJO, D. Field dimension and skill level constrain team tactical behaviours in small-sided and conditioned games in football. **Journal of Sports Science**.1(8), 2-9, 2014.

SILVA, R. R. et al. Imunoglobulina A salivar (IgA-s) e exercício: relevância do controle em atletas e implicações metodológicas. **Rev Bras Med Esporte**, Niterói, v. 15, n. 6, p. 459-466, dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922009000700012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 Abril 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922009000700012>.

SILVER MD. Use of ergogenic aids by athletes. **J Am Acad Orthop Surg**. 9(1):61–70, 2001.

SKALOVA, K; LUPTAK, IVAN; TURCANI, MARIAN; HULIN, IVAN. adenosine and cardioprotection: what can we learn from nature's genetic polymorphism? **Bratislavské lekárske listy**. 103, 2002, pp. 187-93.

SMITH, J. L. Glutamine PRPP amidotransferase: snapshots of an enzyme in action. **Current Opinion in Structural Biology**, 8(6), 1998, pp. 686–694. DOI: 10.1016/s0959-440x(98)80087-0

SMITH, M. R., ZEuwTS, L., LENOIR, M., HENS, N., DE JONG, L. M. S.; COUTTS, A. J. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. **Journal of Sports Sciences**, 34(14), 1297–1304. doi:10.1080/02640414.2016.1156241.

SMITH, T. M., HICKS-BERGER, C. A., KIM, S., KIRLEY, T. L. Cloning, expression, and characterization of a soluble calcium-activated nucleotidase, a human enzyme belonging to a new family of extracellular nucleotidases. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 406(1), 2002, pp. 105–115. DOI:10.1016/s0003-9861(02)00420-4.

SPERLÁGH, B.,; VIZI, S. E. Neuronal synthesis, storage and release of ATP. **Seminars in Neuroscience**. 8(4), 1996, pp. 175–186. DOI:10.1006/smns.1996.0023.

- SPILLER, G.A. Basic metabolism and physiological effects of the methylxanthines. **Caffeine**. New York: CRC Press, 2019. Cap.10, 1998, p.225-231. DOI: 10.1201/9780429126789-10.
- STÅHLE, L. Drug distribution studies with microdialysis: I. Tissue dependent difference in recovery between caffeine and theophylline. **Life Sciences**, 49(24), 1991, pp. 1835–1842. DOI: 10.1016/0024-3205(91)90486-u.
- STÅHLE, L., SEGERSVÄRD, S., UNGERSTEDT, U. Drug distribution studies with microdialysis II. Caffeine and theophylline in blood, brain and other tissues in rats. **Life Sciences**, 49(24), 1991, pp. 1843–1852. DOI: 10.1016/0024-3205(91)90487-v.
- STRATTON G, REILLY T, RICHARDSON D, WILLIAMS AM. Youth Soccer: From Science to Performance. **Psychology Press**; 2004.
- STRATTON, GARETH; REILLY, T.; WILLIAMS, A.M.; RICHARDSON, DAVE. Youth soccer: **From Science to Performance**, 2004. DOI: 10.4324/9780203644133.
- STROOP, J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. **Journal of Experimental Psychology**, 18, 643–662, 1935.
- STROOP, JR. Studies of interference in serial verbal reactions. **Journal of Experimental Psychology**.18, 1935, pp. 643–62. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0054651>.
- SVENSSON, M.; DRUST, B. Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences*, v. 23, n. 6, p. 37–41, 2005.
- TAMARIT, X. **Periodización Táctica vs Periodización Táctica**. Vitor Frade aclara. España. Editora: Edição do autor, 2013.
- TARNOPOLSKY, M.; CUPIDO, C. Caffeine potentiates low frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. **J Appl Physiol**, v. 89, n. 5, p. 1719–1724, 2000.
- TASCA, C. I., LANZMASTER, D., OLIVEIRA, K. A., FERNÁNDEZ-DUEÑAS, V., CIRUELA, F. Neuromodulatory Effects of Guanine-Based Purines in Health and Disease. **Frontiers in Cellular Neuroscience**. 12, 2018. DOI:10.3389/fncel.2018.00376.
- TAVARES, Cristiane; SAKATA, Rioko Kimiko. Caffeine in the treatment of pain. *Rev. Bras. Anesthesiol.* [online]. 2012, vol.62, n.3 [cited 2020-03-17], pp.394-401. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942012000300011&lng=en&nrm=iso. ISSN 0034-7094. <https://doi.org/10.1590/S0034-70942012000300011>.
- TEOLDO I, GUILHERME J, GARGANTA J. **Training football for smart playing: On tactical performance of teams and players**. Curitiba: Appris; 2017. 321p.

TIEGES, Z. et al. Caffeine does not modulate inhibitory control Brain and Cognition Caffeine does not modulate inhibitory control. **Brain and Cognition**, v. 69, n. 2, p. 316–327, 2008.

TIYYAGURA, S. R., KAZEROUNIAN, S., SCHULZ, S., WALDMAN, S. A.; PITARI, G. M. Reciprocal Regulation and Integration of Signaling by Intracellular Calcium and Cyclic GMP. **Vitamins & Hormones**, 2004, pp. 69–94. DOI:10.1016/s0083-6729(04)69003-0.

TROTТА, E.E. AND FREIRE. G.L. Inhibition by caffeine of calcium uptake by brain microsomal vesicles, **J. Pharm. Pharmacol.**, 214, 1980, pp. 670-674.

TROYER, A. K., LEACH, L., & STRAUSS, E. Aging and Response Inhibition: Normative Data for the Victoria Stroop Test. **Aging, Neuropsychology, and Cognition**, 2006, 13(1), 20–35. doi:10.1080/138255890968187.

VAN DUINEN, H.; LORIST, M. M.; ZIJDEWIND, I. The effect of caffeine on cognitive task performance and motor fatigue. **Psychopharmacology**, Berlin, v. 180, n. 3, p. 539-547, July 2005.

VERNIKOS-DANELIS, J.; HARRIS, C. G. The Effect of in Vitro and in Vivo Caffeine, Theophylline, and Hydrocortisone on the Phosphodiesterase Activity of the Pituitary, Median Eminence, Heart, and Cerebral Cortex of the Rat. **Experimental Biology and Medicine**, 128(4), 1968, pp. 1016–1021. DOI:10.3181/00379727-128-33183.

VESTBERG T, GUSTAFSON R, MAUREX L, INGVAR M, PETROVIC P. Executive functions predict the success of top-soccer players. **PLoS ONE**. 2012;7. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034731>.

VESTBERG T, REINEBO G, MAUREX L, INGVAR M, PETROVIC P. Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. **PLoS ONE**. 2017;12. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170845>.

VESTBERG, T. et al. Executive Functions Predict the Success of Top-Soccer Players. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, p. 1–5, 2012.

VOET, DONALD., VOET, JUDITH G. PRATT, CHARLOTTE W. **Fundamentals of Biochemistry: Life At The Molecular Level**. Hoboken, NJ : Wiley, 2013.

WADA. **The World Anti-Doping Code THE 2011 PROHIBITED LIST INTERNATIONAL**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.wada-ama.org/en/World-Anti-Doping-Program>>.

WANG, C. et al. Open vs. Closed Skill Sports and the Modulation of Inhibitory Control. **PLoS ONE**, v. 8, n. 2, p. 4–13, 2013.

- WILKINSON M, WINTER EM. Estimation versus falsification approaches in sport and exercise science. *J Sports Sci.* 37(1):3–4, 2019.
- WILLIAMS, J. H., SIGNORILE, J. F., BARNES, W. S.,; HENRICH, T. W. Caffeine, maximal power output and fatigue. *British Journal of Sports Medicine.* 22(4), 1988, pp. 132–134. DOI:10.1136/bjsm.22.4.132.
- WINDT J., GABBETT T. J. How do training and competition workloads relate to injury? the workload–injury aetiology model. *Br J Sports Med.* 51(5):428–435. 2017.
- WONG, A. D., YE, M., LEVY, A. F., ROTHSTEIN, J. D., BERGLES, D. E.,; SEARSON, P. C. The blood-brain barrier: an engineering perspective. **Frontiers in Neuroengineering.** 6, 2013. DOI:10.3389/fneng.2013.00007.
- WORREL, T W.; PERRIN, D. H. Hamstring Muscle Injury: The Influence of Strength, Flexibility, Warm-Up, and Fatigue. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy,** 16, 12-18, 1992.
- WROGEMANN, K.; PENA, S. D. J. MITOCHONDRIAL CALCIUM OVERLOAD: A GENERAL MECHANISM FOR CELL-NECROSIS IN MUSCLE DISEASES. **The Lancet.** 307(7961), 1976, pp. 672–674. DOI:10.1016/s0140-6736(76)92781-1.
- YANAGISAWA H, DAN I, TSUZUKI D, KATO M, OKAMOTO M, KYUTOKU Y, ET AL. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. **NeuroImage.** 2010, 50, pp. 1702–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.12.023>.
- YEGUTKIN, G. G. Nucleotide- and nucleoside-converting ecteOFnzymes: Important modulators of purinergic signalling cascade. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research.** 1783(5), 2008, pp. 673–694. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2008.01.024
- YEOMANS MR, PRYKE R, DURLACH PJ. Effect of caffeine-deprivation on liking for a non-caffeinated drink. *Appetite.* Aug;39(1):35-42, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE – 1

Effects of acute caffeine ingestion on cognitive performance before and after small-sided games in professional soccer players: a crossover randomized double-blind Placebo-controlled trial

RODRIGO FREIRE DE ALMEIDA^{1,2}, MATEUS PEREIRA DE OLIVEIRA²,
NATALIA MADALENA RINALDI¹, RODRIGO AQUINO¹, LUCAS
GUIMARÃES-FERREIRA^{1,2,3*}

1 Postgraduate Program in Physical Education, Center of Physical Education and Sports, Federal University of Espírito Santo, Vitória, ES, Brazil.

2 Muscle Physiology and Human Performance Research Group, Federal University of Espírito Santo, Vitória, ES, Brazil.

3 Postgraduate Program in Nutrition and Health, Center of Health Sciences, Federal University of Espírito Santo, Vitória, ES, Brazil.

* Corresponding author

Lucas Guimarães-Ferreira, PhD.

Fernando Ferrari Av, 514, Goiabeiras, Vitória, ES, Brazil. ZIP: 29075-910.

Phone: +55 27 40097882

E-mail: lucas.ferreira@ufes.br

ABSTRACT

The aim of the current study was to investigate the acute effects of Caffeine ingestion on Stroop Test performance before and after Small-Sided Games (SSG) in professional soccer players. Twelve professional male soccer players (22.4 ± 4.1 years; 75.6 ± 5.7 kg of body mass) participated in this study. A randomized double-blind Placebo-controlled trial with a crossover experimental was designed. A moderate dose of Caffeine (5 mg/kg^{-1}) or Placebo were ingested 60 minutes before a protocol consisted of five 5-min SSG with 1 min of interval. The colour Stroop Test was completed immediately before and after the exercise protocol. Ratings of perceived exertion (RPE) was assessed after each SSG. RPE increased during the 5 sets of SSG protocol ($p < 0.001$), without differences between Caffeine and Placebo trials. Caffeine ingestion resulted in improved reaction time during the Stroop Test in the congruent ($p = 0.02$) and neutral ($p = 0.02$), but not on incongruent situation ($p = 0.12$). Accuracy was lower in Caffeine trial in congruent ($p = 0.022$) condition. Acute Caffeine ingestion resulted in faster response during the Stroop Test, but with less accuracy when cognitive interference was not present.

Keywords:: Association football, Stroop test, Executive function, Sport science.

INTRODUCTION

Executive function generally refers to cognitive processes, comprising a variety of cognitive functions such as working memory, planning, problem-solving, sustained attention and inhibition and cognitive flexibility [1]. Among several neuropsychological tests, The Stroop Test is often used for experimental and clinical purposes [2], assessing selective attention and the ability to inhibit cognitive interference [3]. Previous studies showed that an acute bout of low or moderate-intensity exercise improved cognitive performance during the Stroop Test. For example, Yanagisawa et al [4] showed that young adults improved their performance during the Stroop test and presented high dorsolateral prefrontal activation after an acute aerobic exercise session at moderate intensity (50% of "VO₂max"). Similarly, Alves et al [5] demonstrated that an acute bout of aerobic or resistance exercise can improve performance during the Stroop test in healthy women, demonstrating that different modalities of exercise may result in cognitive performance improvement. However, there is a lack outcomes in specific soccer performance.

Soccer is an open skill team-sport where the players need to deal with large amount of information in a short time, responding with both speed and accuracy to the quick-changing game demands, which is associated to the often called "soccer IQ", or "game intelligence" [6]. Previous investigations have demonstrated that executive functions are associated with success in soccer players [7,8], indicating that cognitive performance enhancers have the potential to improve performance in soccer. In addition, investigations have demonstrated that Caffeine (1,3,7-trimethylxanthine) is present in foods, beverages and medicines and consumed by approximately 85% of adults in the U.S. [9,10]. It is one of the most consumed nutritional supplement in sports, aiming improvements in cognitive and physical performance [11,12]. Caffeine is used to improve physical performance in soccer [13,16], but investigations on the effects of Caffeine ingestion on executive function in general population have been presenting contrasting results [17–20]. Therefore, to the best of our knowledge, the effects of acute Caffeine ingestion on executive function in soccer players was not investigated.

The aim of the current study was to investigate the acute effects of an ingestion of a moderate dosage of Caffeine (5 mg/kg⁻¹) on Stroop Test performance before and after Small-Sided Games (SSG) in professional soccer players. Moderate doses of Caffeine enhance the cognition and sport performance in general, including soccer.

METHODS

Participants

Twelve professional soccer players participated in this study (29 ± 4.9 years; 78.1 ± 7.7 kg of body mass). All players were recruited from a professional soccer club in Brazil in the preseason phase. All participants were active on soccer training, with no injuries or illnesses, and familiar with the procedures herein. Exclusion criteria included injured or returned from injury or inapt players for soccer performance, utilization of psychoactive or psychodepressive drugs, and presence of daltonism. Goalkeepers were excluded from the analysis, since their behavioural pattern differs from other players. The procedures were approved by the University Ethics Committee for Study in Humans (registration 66849317.9.0000.5542). The participants signed an informed consent form after verbal explanation about the procedures used at the study.

Design

A crossover randomized double-blind Placebo-controlled trial was used in the current study. Two weeks after the familiarization session, participants performed an SSG exercise protocol after the ingestion of a Caffeine (5 mg/kg^{-1}) or Placebo solutions. Cognitive performance was assessed by the Stroop Test 45 minutes after Caffeine or Placebo ingestion and immediately after the exercise protocol.

Exercise Protocol and Ratings of Perceived Exertion

Testing sessions were performed at the same time of the day (08 am) to avoid variations in the circadian cycle. Environmental conditions were: a) Temperature ($^{\circ}\text{C}$): start: 31.9 ± 1.98 , end: 32.45 ± 3.21 ; b) Relative air humidity (%): start: 51.85 ± 25.31 , end: 51.3 ± 25.36 ; c) Wind speed (m/s): start: 4.35 ± 4.46 , end: 3.08 ± 5.91 . These variables were measured using a digital thermo-higro-anemometer (Akrom KR825, São Leopoldo-RS, Brazil).

The SSG was composed of a GK+3 x 3+GK format (3 players + goalkeeper on each team) with a constant area of $36 \text{ m} \times 27 \text{ m}$ and 5 min duration.), the players were randomly balanced, defenders, midfielders and attackers. After 5 min of warm-up, five series of SSG were performed, with 1 min of recovery between each SSG. The objective was induce general fatigue in the players with complex environmental conditions were specific decision are made No specific verbal instructions were provided before, during, or after the SSGs, which followed official soccer rules including offside. Water was consumed *ad libidum* for hydration. The objective of each game was to score and outscore the opponents. Ratings of perceived exertion (RPE) was assessed after each SSG serie using a 0-10 scale (from “no exertion at all” to “maximal effort”) [21]. Previous study with soccer players have

demonstrated that RPE correlates with heart rate and blood lactate during SSG, being a valid measurement of global exercise intensity in soccer [22].

Caffeine Ingestion

45 minutes before testing, participants ingested 5 mg kg⁻¹ of Caffeine (Sigma-Aldrich, Sydney, USA) diluted in 250 mL of artificially sweetened water or a Placebo drink consisting of 250 mL of artificially sweetened water alone. Moderate doses ranging from 3 to 6 mg/kg⁻¹ are often used to improve physical performance [23], so the dose in the current study was chosen to investigate if it is also capable of improve cognitive performance when associated with a soccer-specific exercise protocol. Peak plasma Caffeine occur 45 to 60 minutes post-ingestion, with a half-life around 3-5 hours [23]. The solutions were identical in flavour and colour. The participants were asked to have the same breakfast on test days and to abstain from nutritional supplements and Caffeine-containing foods and drinks 48-hours before testing sessions.

Blinding of drink ingestion was controlled by the model adapted from Klauss et al. [24] with two questions: do you think you received / are receiving treatment? Regardless of the answer, yes or no, a second question was asked: how confident is your impression? This last question contains a Likert Scale from 1 to 5 (1. None; 2. Little; 3. Average; 4. Much and 5. Extreme). Only 41% (five) of the participants identified the use of Caffeine, revealing the effectiveness of blinding. Habitual consumption of Caffeine was obtained through the questionnaire based on information from Maughan [25]. Average daily Caffeine intake was ~16.22 mg per day.

Stroop Test

The computerized colour Stroop Test consist the visualization of coloured words on the computer screen (i.e., red, blue, yellow and green) and the identification of the correct colour using the correspondent keyboard key, which were painted in the respective colour. The participants were instructed to respond as quick as possible with best accuracy the colour of the word. Words appeared on the computer screen if three different ways: i) Neutral words (neutral condition); ii) correspondent colour (i.e., “red” painted in red; congruent condition), or; iii) different colour (i.e., “red” painted in green; incongruent condition). The incongruent condition aimed to cause the interference effect, as the colour and the word did not match. The Stroop Test is a valid tool to assess selective attention and ability to inhibit cognitive interference [2,3]. The test was applied using the Psychology Experiment Building Language (PEBL) version 2.1 with 48 stimuli of 1 second of duration for each Stroop Test condition [26]. For all tests, the participants used the same hardware to avoid influences of computer's

processing speed. The test duration is ~5 minutes. Data were extracted from software and the response time (ms) and accuracy (% of correct responses) were determined for neutral, congruent and incongruent conditions. The experimental protocol is illustrated in Figure 1.



Figure 1. Experimental protocol. SSG: Small-Sided Game (5 min each). Stroop: colour Stroop Test.

Statistical Analysis

Data normality was confirmed using the Shapiro-Wilk test. Therefore, the results were presented as mean $\pm$ standard deviation (SD). RPE and Stroop Test performance (response time and accuracy) were assessed using 2-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) using the Geisser–Greenhouse epsilon correction for violations of the sphericity assumption. The variables evaluated were Stroop Test pré and post protocol in Caffeine and Placebo condition. Post hoc analysis using Bonferroni adjustments were performed where any significant interactions and main effects were found. A p-value of 0.05 was used to establish statistical significance and eta partial squared (η^2) to evaluate the effect size. The statistical analysis was performed using the software GraphPad Prism, version 8.0.

RESULTS

The RPE was assessed after each SSG. RPE increased during the 5 SSG protocol (ANOVA main effect for time: $F_{2,242;24,66}$: 16.55; $p < 0.001$), with no differences between Caffeine and Placebo conditions (ANOVA main effect for supplementation: $F_{1,11}$: 1.590; $p = 0.23$; interaction main effect: $F_{2,307;25,38}$: 1.543; $p = 0.23$, Figure 2). Post-hoc analysis indicated that RPE increased after the fourth and fifth SSG after Caffeine ingestion and after fourth SSG after Placebo ingestion ($p < 0.05$; Figure 2).

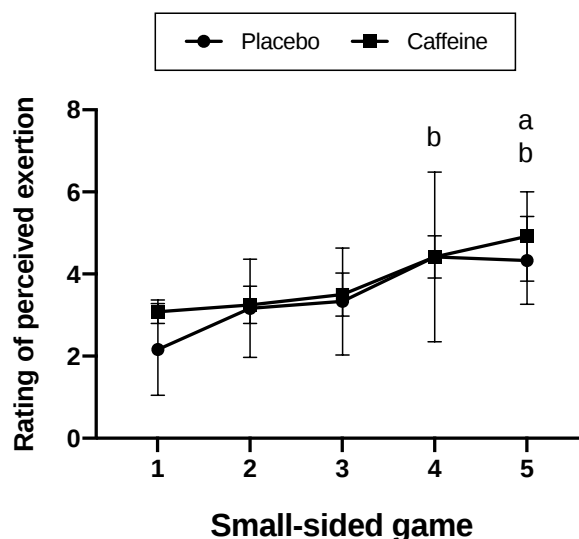


Figure 2: Rating of perceived exertion during 5 small-sided games in Placebo and Caffeine condition. Condition (Placebo vs. Caffeine) main effect: $p = 0.23$; SSG (time) main effect: $p < 0.001$; Interaction main effect: $P = 0.23$. a = $p < 0.05$ vs SSG 1 within Placebo condition; b = $p < 0.05$ vs SSG 1 within Caffeine condition.

When the response time during the Stroop Test was analysed, significant differences between Placebo and Caffeine conditions were found at congruent ($F_{1,11}$ 6.649; $p = 0.025$; Figure 3A) and neutral conditions ($F_{1,11}$ 6.795; $p = 0.024$; Figure 3C), with faster response during the Caffeine condition. Only in neutral condition, Stroop Test response time was increased after the SSG protocol ($F_{1,11}$ 7.294; $p = 0.020$, Figure 3C). At incongruent conditions, no differences were observed in response time to Caffeine ingestion or the SSG protocol ($p < 0.05$; Figure 3B).

In the congruent condition, Caffeine ingestion resulted in lower accuracy compared to Placebo (Caffeine main effect: $F_{1,11}$ 6.974; $p = 0.022$; Figure 3A), with no effect of the exercise protocol ($F_{1,11}$ 4.538; $p = 0.056$). In incongruent condition, a significant interaction was found (interaction main effect: $F_{1,11}$ 5.996; $p = 0.032$, Figure 3D) pointing out some difference between the conditions, but with no effects for Caffeine ($F_{1,11}$ 3.667; $p = 0.0819$; Figure 3E) and also to the exercise protocol ($F_{1,11}$ 0.08043; $p = 0.7820$; Figure 3D). No differences were found in neutral condition of the Stroop test ($p > 0.05$ for all ANOVA main effects, Figure 3F).

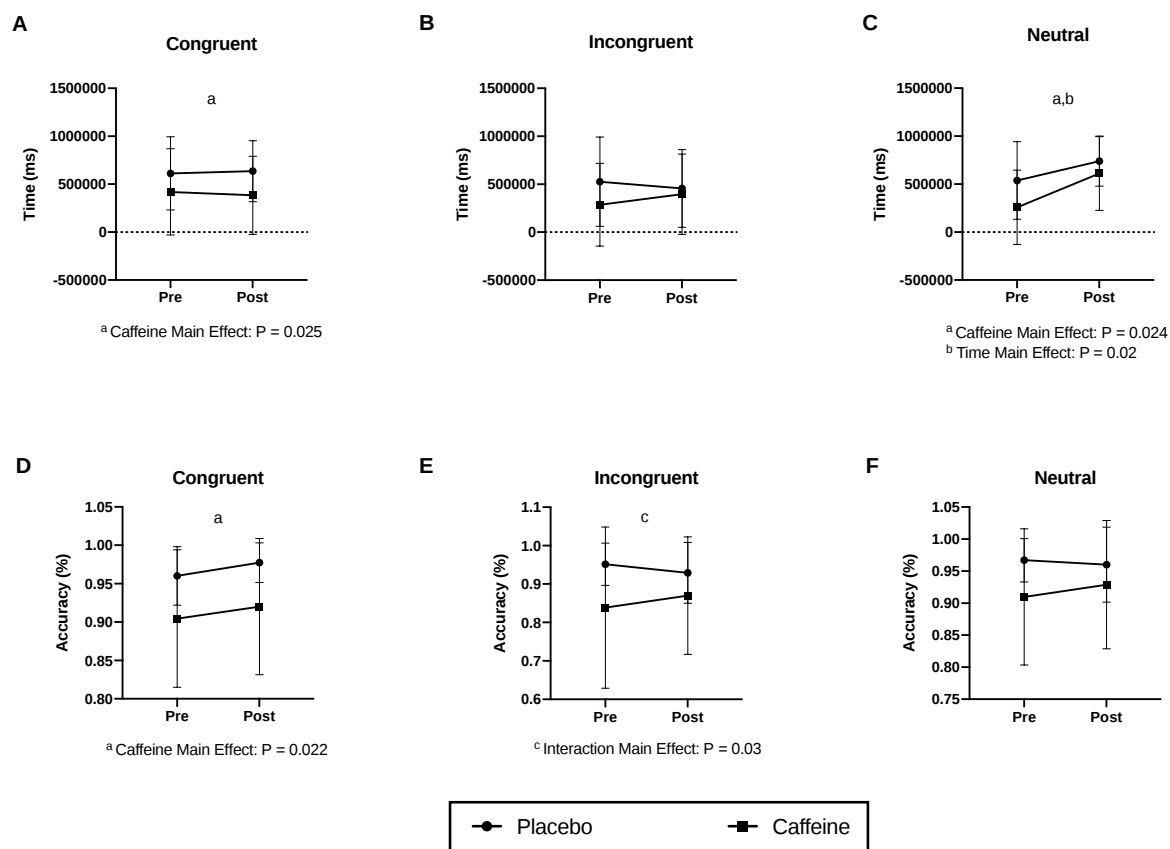


Figure 3: Stroop test performance before and after 5 small-sided games in Placebo and Caffeine condition. It is indicated on the figure when ANOVA Main Effects were $P < 0.05$. a = Caffeine main effect; b = time (small-sided games protocol) main effect; and c = interaction main effect.

DISCUSSION

The current study aimed to investigate the effects of acute Caffeine ingestion on Stroop Test performance before and after an SSG protocol in professional soccer players. The results indicated an increased RPE during 5 bouts of SSG for both Placebo and Caffeine conditions. Caffeine ingestion resulted in a faster response during the Stroop Test in congruent and neutral conditions, but lower accuracy in the congruent condition, as indicated by condition (Placebo vs. Caffeine) ANOVA main effects. To the best of our knowledge, this is the first study that investigated the effects of Caffeine ingestion and soccer-specific exercise on cognitive performance in soccer players.

Soccer demands fast reactions to external information in order to take the appropriate decisions. Executive functions, such as attention and the ability to inhibit cognitive interference, assessed with the Stroop Test, are needed for high-performance in soccer. Vestberg et al (7) evaluated the executive function using the D-KEFS test battery from the highest Swedish soccer leagues and from lower

leagues. Their results have demonstrated that the executive functions can predict the success in the sport, since the players from higher leagues outperformed those from lower leagues, and the results in the executive test was significantly associated with performance in-game statistics (goals and assists) during the competitive season. This can bring an important information about the study outcome, which the players under Caffeine supplementation take fast decision than Placebo.

However, the Stroop Test stimulus could provide important information about the constrain influence which the players were submit in the SSG protocol. At this atmosphere, huge physical effort was made under a complex environmental conditions. Constant decision making were made and the executive functions could influence and be influenced under acute Caffeine supplementation. Thus, Smith et al [27] demonstrated that mental fatigue induced by 30 min of the Stroop Test resulted in impaired physical and technical performance in 12 soccer players assessed through the Yo-Yo Intermittent Recovery Test 1 (Yo-Yo IR1) and the Loughborough Passing and Shooting tests, respectively. Based on this, interventions aiming to improve cognitive performance or attenuate cognitive decline during exhaustive exercise can be important for the soccer players. In this regard, Caffeine has been studied as a valid ergogenic aid due to its actions on the central nervous system (CNS) and positive effects on physical performance [11,12,16]. The results presented in this study shows fast decision making in Congruent and Neutral conditions but not in the accuracy, were there is no evidence of improvement of Caffeine acute ingestion.

Caffeine cross the blood-brain barrier by diffusion due its hydrophilic and lipophilic characteristics [28], thus being able to easily reach all areas in the CNS. The mechanism by which Caffeine ingestion may influence the state of alertness, arousal and ratings of perceived exertion (RPE) is the inhibition of adenosine receptors. Adenosine is a purine with a general function of inhibiting neural activity, reducing locomotor activity, increasing the perception of effort, inhibition in the release of neurotransmitters and hormones [29]. Since Caffeine acts as a competitive inhibitor of adenosine, increasing its concentration in the CNS results in facilitating the release of noraepinephrine, dopamine, acetylcholine, serotonin and GABA [30]. The result is the reduction of pain perception, increased alertness and spontaneous locomotor activity, increase in the rate of firing of motor units in active muscles, and attenuation of fatigue [28,31].

According to this, possibly the first work investigating the effects of Caffeine ingestion on Stroop Test performance was published in 1989 by Foreman et al [17]. It was demonstrated that the ingestion of 250 mg of Caffeine resulted in impaired Stroop Test performance, with slower responses when compared to non-caffeinated drink. That observation differs from the current work, where participants under Caffeine condition exhibited a faster response, albeit with less accuracy, at least in some Stroop Test conditions. The sports literature point to improvement of executive functions in the practice high intensity sports. Possibly, this could balance the cognitive players performance in both conditions.

In female team-sports players, Caffeine promoted positive effects on vigour, but the effects on the Stroop Test performance after an intermittent exercise were not statistically significant. Despite the authors reporting a tendency ($p = 0.072$ and $p = 0.087$ in reaction time and accuracy, respectively) [32]. Other work corroborated those results, with no effects of Caffeine ingestion on Stroop Test performance in fresh participants [19,33,34]. On the other hand, Patat et al [20] demonstrated that a single dose (600 mg) of a slow release form of Caffeine resulted in faster response during the Stroop Test in sleep-deprived subjects. This observation suggest that Caffeine can exert positive cognitive performance in fatigated individuals. Also, Hogervorst et al [35] demonstrated that the ingestion of 100 mg of Caffeine before a cycling protocol resulted in faster responses during the Stroop Test in trained cyclists, with no effect on the accuracy during the test. The Caffeine dosage used in the present study (5 mg.kg^{-1}), commonly used to improve physical performance, is substantially higher than that used in the previous study, suggesting that higher doses of Caffeine possibly can elicit detrimental effects on accuracy during the Stroop Test.

In the current study, acute Caffeine ingestion (5 mg.kg^{-1}) resulted in faster response during the Stroop test in professional soccer players. However, accuracy was compromised when cognitive interference was not present. The results of the current study did not permit definitive conclusions on the potential of Caffeine as a cognitive enhancer for the soccer athlete, given that fast responses to in-game stimuli and correct decisions and accuracy are both important for soccer performance. As the relation between Caffeine dosage and cognitive performance may exists, possibly with significant inter-individual differences to its action, the results herein should not be extrapolated to lower Caffeine dosages. However, as higher doses (usually from 3 to 6 mg.kg^{-1}) are commonly used to improved physical performance by players, it is also important to investigate the effects on cognitive performance. Another noteworthy limitation of the present study is the assessment of cognitive performance with the Stroop Test, which is significantly different from the cognitive demands observed during a soccer game. Future studies using methodologies assessing tactical parameters and/or decision-making during soccer game or soccer-related activities will shed light of the potential value of Caffeine ingestion as an ergogenic aid to improve cognitive performance for soccer players.

Conflict of interest

The author(s) have no conflicts of interest relevant to this article.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

REFERENCES

- [1] Chan RCK, Shum D, Touloupoulou T, Chen EYH. Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues. *Arch Clin Neuropsychol* 2008;23:201–16. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.08.010>.
- [2] Scarpina F, Tagini S. The Stroop Color and Word Test. *Front Psychol* 2017;8:557. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00557>.
- [3] Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology* 1935;18:643–62. <https://doi.org/10.1037/h0054651>.
- [4] Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, Kato M, Okamoto M, Kyutoku Y, et al. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *NeuroImage* 2010;50:1702–10. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.12.023>.
- [5] Alves CR, Gualano B, Takao PP, Avakian P, Fernandes RM, Morine D, et al. Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. *J Sport Exerc Psychol* 2012;34:539–49. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.4.539>.
- [6] Stratton G, Reilly T, Richardson D, Williams AM. *Youth Soccer: From Science to Performance*. Psychology Press; 2004.
- [7] Vestberg T, Reinebo G, Maurex L, Ingvar M, Petrovic P. Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PLoS ONE* 2017;12:e0170845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170845>.
- [8] Vestberg T, Gustafson R, Maurex L, Ingvar M, Petrovic P. Executive functions predict the success of top-soccer players. *PLoS ONE* 2012;7:e34731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034731>.
- [9] Fulgoni VL, Keast DR, Lieberman HR. Trends in intake and sources of caffeine in the diets of US adults: 2001–2010. *Am J Clin Nutr* 2015;101:1081–7. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.080077>.
- [10] Frary CD, Johnson RK, Wang MQ. Food sources and intakes of caffeine in the diets of persons in the United States. *J Am Diet Assoc* 2005;105:110–3. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2004.10.027>.
- [11] Davis JK, Green JM. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports Med* 2009;39:813–32. <https://doi.org/10.2165/11317770-000000000-00000>.
- [12] Glaister M, Gissane C. Caffeine and Physiological Responses to Submaximal Exercise: A Meta-Analysis. *Int J Sports Physiol Perform* 2018;13:402–11. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2017-0312>.
- [13] Guerra MA, Caldas LC, De Souza HL, Vitzel KF, Cholewa JM, Duncan MJ, et al. The acute effects of plyometric and sled towing stimuli with and without caffeine ingestion on vertical jump performance in professional soccer players. *J Int Soc Sports Nutr* 2018;15:51. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0258-3>.
- [14] Del Coso J, Muñoz-Fernández VE, Muñoz G, Fernández-Elías VE, Ortega JF, Hamouti N, et al. Effects of a caffeine -containing energy drink on simulated soccer performance. *PLoS ONE* 2012;7:e31380. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031380>.
- [15] Lara B, Gonzalez-Millán C, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Areces F, Barbero-Alvarez JC, et al. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. *Amino Acids* 2014;46:1385–92. <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1709-z>.

- [16] Mielgo-Ayuso J, Calleja-Gonzalez J, Del Coso J, Urdampilleta A, León-Guereño P, Fernández-Lázaro D. Caffeine Supplementation and Physical Performance, Muscle Damage and Perception of Fatigue in Soccer Players: A Systematic Review. *Nutrients* 2019;11. <https://doi.org/10.3390/nu11020440>.
- [17] Foreman N, Barraclough S, Moore C, Mehta A, Madon M. High doses of caffeine impair performance of a numerical version of the Stroop task in men. *Pharmacol Biochem Behav* 1989;32:399–403. [https://doi.org/10.1016/0091-3057\(89\)90169-x](https://doi.org/10.1016/0091-3057(89)90169-x).
- [18] Dixit A, Goyal A, Thawani R, Vaney N. Effect of caffeine on information processing: evidence from stroop task. *Indian J Psychol Med* 2012;34:218–22. <https://doi.org/10.4103/0253-7176.106013>.
- [19] Bottoms L, Greenhalgh A, Gregory K. The effect of caffeine ingestion on skill maintenance and fatigue in epee fencers. *J Sports Sci* 2013;31:1091–9. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.764466>.
- [20] Patat A, Rosenzweig P, Enslen M, Trocherie S, Miget N, Bozon M-C, et al. Effects of a new slow release formulation of caffeine on EEG, psychomotor and cognitive functions in sleep-deprived subjects. *Hum Psychopharmacol* 2000;15:153–70. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1077\(200004\)15:3<153::AID-HUP154>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1077(200004)15:3<153::AID-HUP154>3.0.CO;2-C).
- [21] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377–81.
- [22] Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport* 2009;12:79–84. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.08.005>.
- [23] McLellan TM, Caldwell JA, Lieberman HR. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neurosci Biobehav Rev* 2016;71:294–312. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.09.001>.
- [24] Klauss J, Penido Pinheiro LC, Silva Merlo BL, de Almeida Correia Santos G, Fregni F, Nitsche MA, et al. A randomized controlled trial of targeted prefrontal cortex modulation with tDCS in patients with alcohol dependence. *Int J Neuropsychopharmacol* 2014;17:1793–803. <https://doi.org/10.1017/S1461145714000984>.
- [25] Maughan RJ. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. *Nutr Res Rev* 1999;12:255–80. <https://doi.org/10.1079/095442299108728956>.
- [26] Mueller ST, Piper BJ. The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. *J Neurosci Methods* 2014;222:250–9. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2013.10.024>.
- [27] Smith MR, Coutts AJ, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora SM. Mental Fatigue Impairs Soccer-Specific Physical and Technical Performance. *Med Sci Sports Exerc* 2016;48:267–76. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000762>.
- [28] McCall AL, Millington WR, Wurtman RJ. Blood-brain barrier transport of caffeine: dose-related restriction of adenine transport. *Life Sci* 1982;31:2709–15.
- [29] Fisone G, Borgkvist A, Usiello A. Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action. *Cell Mol Life Sci* 2004;61:857–72. <https://doi.org/10.1007/s00018-003-3269-3>.
- [30] Daly JW. Caffeine analogs: biomedical impact. *Cell Mol Life Sci* 2007;64:2153–69. <https://doi.org/10.1007/s00018-007-7051-9>.
- [31] Sawynok J. Adenosine receptor activation and nociception. *Eur J Pharmacol* 1998;347:1–11.
- [32] Ali A, O'Donnell J, Von Hurst P, Foskett A, Holland S, Starck C, et al. Caffeine ingestion enhances perceptual responses during intermittent exercise in female team-game players. *J Sports Sci* 2016;34:330–41. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1052746>.

- [33] Konishi Y, Hori H, Ide K, Katsuki A, Atake K, Igata R, et al. Effect of single caffeine intake on neuropsychological functions in healthy volunteers: A double-blind Placebo-controlled study. *PLoS ONE* 2018;13:e0202247. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202247>.
- [34] Deslandes AC, Veiga H, Cagy M, Piedade R, Pompeu F, Ribeiro P. Effects of caffeine on the electrophysiological, cognitive and motor responses of the central nervous system. *Braz J Med Biol Res* 2005;38:1077–86. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2005000700011>.
- [35] Hogervorst E, Bandelow S, Schmitt J, Jentjens R, Oliveira M, Allgrove J, et al. caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:1841–51. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817bb8b7>.

APÊNDICE – 2

The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Tactical Performance of Professional Soccer Players.

RODRIGO FREIRE DE ALMEIDA^{1,2}, ISRAEL TEOLDO DA COSTA³,
GUILHERME MACHADO³, NATALIA MADALENA RINALDI^{1,2},
RODRIGO AQUINO², LUCAS GUIMARÃES-FERREIRA^{1,2*}

- 1- Postgraduate Program in Physical Education, Center of Physical Education and Sports, Federal University of Espírito Santo, Vitória, ES, Brazil.
- 2- Department of Sports, Center of Physical Education and Sports, Federal University of Espírito Santo, Vitória, ES, Brazil.
- 3- Centre of Research and Studies in Soccer (NUPEF), Physical Education Department, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

*Corresponding author:

Lucas Guimarães-Ferreira

Address: Av. Fernando Ferrari nº 514, Goiabeiras, Vitória - ES, Brazil. ZIP: 29075-910.

Tel.: +55 27 40097882

E-mail: lucas.ferreira@ufes.br

ABSTRACT

In soccer, tactical and decision-making processes are highly required during training sessions and matches. Caffeine (CAF) is one of the ergogenic resources most used to improve physical and cognitive performance in sports. This study aimed to investigate the effects of acute CAF intake at a moderate dose (5mg/kg^{-1}) on tactical performance during small-sided games (SSG) in professional soccer players. Nineteen soccer players ($22.4 \pm 4.1\text{a}$) underwent a randomized, balanced, and double-blind clinical trial. The protocol consisted of 5 bouts of 5-min SSG with 3+GK x 3+GK format with 1 minute of interval. This format was chosen following the FUT-SAT protocol, which was used to assess tactical performance. Following a familiarization session, in two testing sessions, (1-week apart), players ingested CAF (5mg/kg^{-1}) or placebo 60 minutes prior the protocol. Players in PLA condition presented greater offensive tactical errors (SSG3: ES = -0.42; "likely") than CFA condition. In addition, PLA condition presented greater defensive tactical errors (SSG2: ES = -0.63; "very likely"; SSG3: ES = -0.41; "likely"; SSG4: ES = -0.79; "very likely") compared to CAF condition. Therefore, acute CAF intake at moderate dosage (5mg/kg^{-1}) results in better tactical performance during SSG in professional soccer players.

Keywords: supplementation; football; sports science; decision-making.

INTRODUCTION

The use of nutritional supplements is very widespread in sports. It was estimated that between 40 and 88% of athletes consume one or more nutritional supplements (Silver 2001). Caffeine (CAF) is a trimethylxanthine naturally present in foods and beverages, but also used as a nutritional supplement by athletes (Fredholm et al. 1999a; Hespel et al. 2003; Burke 2008). In 2004 it was removed from the list of prohibited substances by the World Doping Agency (WADA 2011). Research have been demonstrating that acute CAF intake can improve physical performance in professional and recreational athletes involved in endurance, strength and power activities (Graham 2001; Burke 2008), as well as in team sports as soccer (Salinero et al. 2018).

Although many mechanisms of action have been attributed to CAF, the most likely effect of physiological CAF concentrations is on the central nervous system (CNS) (Astorino et al. 2012). CAF can easily pass through the blood-brain barrier acting as a facilitator for the CNS activity (Dager et al. 1999). Its primary action is related to the blockade of adenosine receptors (A1 and A2A), suppressing the neuromodulatory effects of adenosine (Fredholm et al. 1999b). As result, CAF facilitates the release of neurotransmitters as norepinephrine, dopamine, acetylcholine, serotonin and gamma-aminobutyric acid (Daly 2007). Moreover, it promotes an increase in motoneurons firing rate and in recruitment of motor units (Fredholm et al. 1999b; Kalmar 1999; Graham 2001).

Team sports, such as soccer, are open skill activities where athletes need to process in-game information and respond quickly with speed and accuracy (Machado a Teoldo 2020). The ability to deal successfully with those process is often called “soccer IQ” (Stratton et al. 2004). Thus, soccer is multifaceted in its neurophysiological demand, requiring perceptual-cognitive and perceptual-motor skills, both of them contributing to the achievement of high-performance level (Machado et al. 2020). Recent findings have shown a positive association between cognitive skills, such as attention and perception, with decision-making and tactical performance in game situations (Andrade et al. 2020; Gonçalves et al. 2020). Additionally, evidence suggests that CAF acts as an ergogenic substance for physical and cognitive enhancement (Apostolidis et al. 2018).

The majority of CAF studies in soccer assessed performance using physical tests related to the sport, such as sprints and vertical jumps. For the better understating of the potential of CAF as an ergogenic aid for the soccer athlete, it is important to assess

cognitive processing and decision-making during in-game situations (Andrade-Souza et al. 2015; Mielgo-Ayuso et al. 2019). Therefore, few studies have contemplated the formal and/or adapted soccer game as an independent variable in their protocols (Gutierrez et al. 2008, 2009, 2013; Coso et al. 2012; Lara et al. 2014; Pettersen et al. 2014). Further investigations are needed to determine the effect of CAF in more complex and ecological environments with specific game situations involving decision-making situations (Mielgo-Ayuso et al. 2019).

To address some of these gaps in the literature which do not investigate supplementation at specific environment of soccer, this study aims to investigate the effect of acute intake of CAF at a moderate dose (5mg/kg^{-1}) on tactical performance of professional soccer players. As hypothesis, we established that acute CAF intake improves tactical performance in small-sided games simulating offensive and defensive actions during the game.

METHODS

Subjects

Nineteen male professional soccer players participated in the study (22.4 ± 4.1 years and 75.6 ± 5.7 kg of body mass). The sample size estimated by G Power software (version 3.1.4) was of 10 subjects, considering a statistical power ($1-\beta$) of 0.85 to ANOVA of repeated measures, within-between interaction to 2 measurements. As a greater number of players was available at the club, 47 players were initially recruited. However, twenty-eight dropped out (24 by club request or other commitments, 3 due to injuries acquired in the previous official game [competition] and 1 due to indisposition).

Participants were all professional soccer players, in the competitive period, from a Brazilian fourth division team. The institution's Human Research Ethics Committee approved the procedures used in this study (protocol number: 66849317.9.0000.5542) and all the athletes gave informed consent to take part, in accordance with the 2008 declaration of Helsinki and the resolution of the National Health Council.

Design and Procedures

A randomized, within-subjects, repeated-measures and double-blinded controlled design was used in this study. All participants performed a familiarization session one

week prior the experimental sessions. Before the tests, participants rested sitting for 10 minutes to acquire the resting heart rate (HR) using telemetry (Geonaute CR2032 OnRhythm 50®, Decathlon Ltd., France). Participants ingested 500 ml of cold flavored solution with CAF (5 mg/kg⁻¹; Sigma-Aldrich®, Sydney, USA) or flavored solution alone, which was used as placebo (PLA). Solutions were identical in flavour and colour.

Participants were asked to follow the same diet and exercise practices before each trial but to abstain from CAF consumption (in drinks and supplements) during all data collection period. Both experimental conditions were applied, with an interval of 1 week, in a randomized and double-blinded fashion. The blinding protocol was controlled by a model adapted from Klauss et al. (2014). This model consists of two questions: 1) do you think you have received/are receiving treatment? Regardless of the answer, yes or no, the second question was asked; 2) how confident is your impression? This last question contains a likert scale from 1 to 5 (1: none; 2: little; 3: average; 4: much and 5: extreme). Only 16% (n = 2) of the participants correctly identified the use of CAF in this condition. Based on the CAF content available by (Maughan 1999) 17 of the 19 participants were low CAF consumers with an mean daily intake of 19.94 mg.

Sixty minutes after the intake of CAF or PLA solutions, participants performed a free warm-up for 3 minutes followed by a protocol consisted of five bouts of 5-min small-sided games (SSG) with 1 minute of interval. Intervals were used to HR measurement and rating of perceived exertion (RPE) using a 0-10 scale (Foster et al. 2001), as well as for recovery and *ad-libitum* hydration. The complete protocol consisted of 30 minutes of activity.

All data collections were performed in the morning starting at 8:00 am to avoid variations in the circadian cycle (Drust et al. 2005). Environmental conditions were measured using a digital thermo-higro-anemometer (Akrom KR825®, São Leopoldo-RS, Brazil): i) temperature (°C) (pre: 31.9 ± 1.98, post: 32.45 ± 3.21); ii) relative humidity (%) (pre: 51.85±25.31, post: 51.3 ± 25.36) e; iii) wind speed (m/s) (pre: 4.35±4.46, post: 3.08 ± 5.91).

Tactical Performance

Tactical performance was assessed using the System of Tactical Assessment in Soccer (FUT-SAT), as described by Costa et al. (2011) and Teoldo et al. (2017). FUT-SAT protocol enables the assessment of tactical actions performed by players with and

without ball possession, either in offensive or defensive situations, near or distant from the ball, according to the ten core tactical principles of soccer (see table 1) (Teoldo et al. 2009, 2017). The protocol consisted of five SSG and each SSG consisted of two teams with 4 players (3 outfield players + goalkeeper x 3 outfield players + goalkeeper), balancing, randomly, defenders, midfielders and attackers. The SSG were played in a natural grass pitch with the field size of 36 meters long by 27 meter wide. The game was played according to the official FIFA rules of soccer, and an experienced soccer coach performed the referee role. Each of the five SSG had 5 minutes of duration, with 1 min recovery between them. Before the session, players were asked to perform at their maximum and during the games, no feedback was transmitted. Team formations and experimental conditions (CAF and PLA) were randomized. Each team consisted of a goalkeeper (not used in the analysis) a defender, a midfielder and an attacker.

Table 1. Description of the core tactical principles of soccer.

Phases of Play	Principles	Description
Offensive	Penetration	Reduction of distance between the player in possession of the ball and the opponent's goal or goal line.
	Offensive Coverage	Providing offensive support to the player in possession.
	Depth Mobility	Generation of organizational instability in the opposing defense.
	Width and Length without the ball	Utilization and increase of the effective play-space in width and depth.
	Offensive Unity	Progression movements or offensive support by the player (s) who compose (s) the last transversal line (s) of the team.
Defensive	Delay	Opposition to the player in possession.
	Defensive Coverage	Providing defensive support to the player performing delay.
	Balance	Numerical stability or superiority in opposition relations.
	Concentration	Increase of defensive protection within the riskier zone to the goal.
	Defensive Unity	Reduction of the opposition's effective play-space.

Source: Teoldo et al. (2017).

All SSG were recorded using a digital camera (Sony NEX-F3K–16.1 Megapixel, SONY®, Brazil) positioned diagonally, at least 5 m away and 8 m high. Video processing and analysis were performed using the Soccer Analyser® software. This software was developed for use with FUT-SAT and enables the insertion of spatial references and the accurate verification of position and movement of the players, as well as the analysis and categorization of the actions that were to be assessed. Forty-five games were played, summing 225 minutes (13,500 seconds). A total of 21.906 tactical actions (offensive: 12.739 and defensive: 9.167) were performed by players.

Tactical performance index provided by the output of FUT-SAT is based on a

number, quality, place and results of tactical actions (for more details, please see Costa et al., 2011b). Tactical success takes into account the number of correct actions performed divided by the total number of actions for the respective phase of play. The dependent variables are: i) Variables inherent to the exercise protocol: HR; RPE; ii) Ball Possession; iii) FUTSAT variables: core tactical principles of soccer: Offensive: Penetration; Offensive Coverage; Width and Length without the ball; Depth Mobility; Offensive Unity and; Defensive: Delay; Defensive Coverage; Defensive Balance; Concentration; Defensive Unity with analysis of tactical performance index, frequency of actions, percentage of tactical efficiency and tactical errors and total of offensive success (TOS); total of defensive success (TDS); total of offensive errors (TOE); total of defensive errors (TDE).

Statistical Analysis

Data were presented as mean $\pm$ standard deviation and by the 95% Confidence Interval. Data normality was assessed with the Shapiro–Wilk test. As data was normally distributed, two-way ANOVA with repeated measures was used (condition: CAF x PLA vs time: SSG1 to SSG5). Post hoc analysis using Bonferroni adjustments were performed where any significant interactions and main effects were found. The level of significance used was 5% ($p < 0.05$). GraphPad Prism software version 8.0 (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, USA) was used for statistical analysis and graphs generation.

Effect Sizes (ES) were estimated by the magnitude-based inference (MBI) calculated by the spreadsheet provided by Hopkins et al. (2009) in order to capture the effects of the chances of minimum difference consolidating the significance of differences between conditions. Previous editorials pointing out those philosophical goals of sport and exercise science are better served using estimation approach and statistical methods that embody this, e.g. magnitude-based inferences and decisions (e.g., de Koning e Noordhof 2019; Wilkinson e Winter 2019). Thus, the practical implications were classified as having a beneficial, negligible or harmful effect. Percentage scores present these data was classified as follows: <1% almost certainly not; 1-5% very unlikely; 5-25% unlikely; 25-75% possibly; 75-95% likely; 95-99%, very likely, > 99% almost certain. Beneficial and/or harmful changes > 5%) are considered inconclusive. In some conditions the calculation may be unclear.

RESULTS

Physiological and Subjective Performance

No differences in HR were observed between CAF and PLA conditions ($F_{1,18}$: 0,785; $P = 0.387$). A significant main effect was observed for time ($F_{5,90}$: 472.4; $P < 0,0001$), with no interaction main effect ($F_{5,90}$: 1.465; $P = 0.21$). Post-hoc analysis and MBI indicated a higher HR to the CAF condition ($P = 0.999$; ES: 0.37; “likely”) during rest. No differences were observed in RPE between conditions ($F_{1,18}$: 1.107; $P = 0.31$) but a significant effect of time (SSGs) was observed ($F_{4,72}$: 80.42; $P < 0.0001$) and no interaction ($F_{4,72}$: 0.997; $P = 0.41$) (Figure 1).

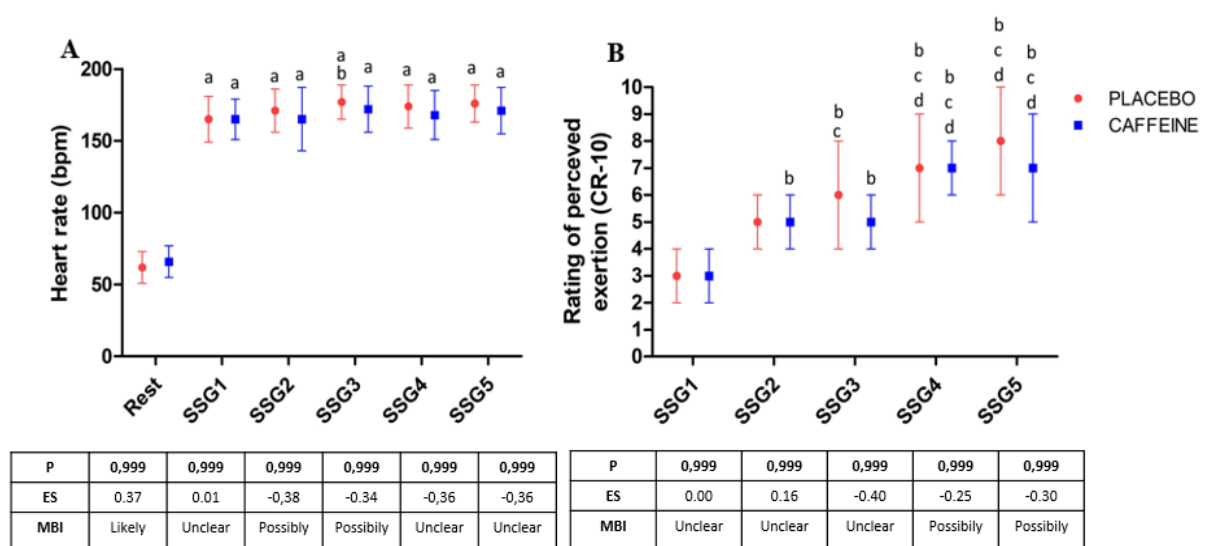


Figure 1: A) Heart rate at rest and after five SSG; B) Rating of perceived exertion after five SSG. a) $P < 0,05$ vs. Rest; b) $P < 0,05$ vs. SSG1; c) $P < 0,05$ vs. SSG2; c) $P < 0,05$ vs. SSG3.

Legend: P: p-value; ES: effect size; MBI: magnitude-based inference AU: arbitrary unit; SSG1: game 1; SSG2: game 2; SSG3: game 3; SSG4: game 4; and SSG5: game 5.

Tactical Performance

Ball possession was significantly different between conditions ($F_{1,4}$: 5.565; $P = 0.0233$). No main effect was found for time ($F_{1,4}$: 1.435; $P = 0.240$) and no interaction was observed ($F_{1,4}$: 0.985; $P = 0.426$, Figure 2B). A higher ball possession was observed in CAF compared to PLA condition ($P = 0.023$; ES: 0.56; “likely”; Figure 2A) and in the

SSG2 (ES: 0.83; “likely”); SSG3 (ES: 0.96; “likely”); and SSG5 (ES: 0.81; “likely”) (Figure 2B).

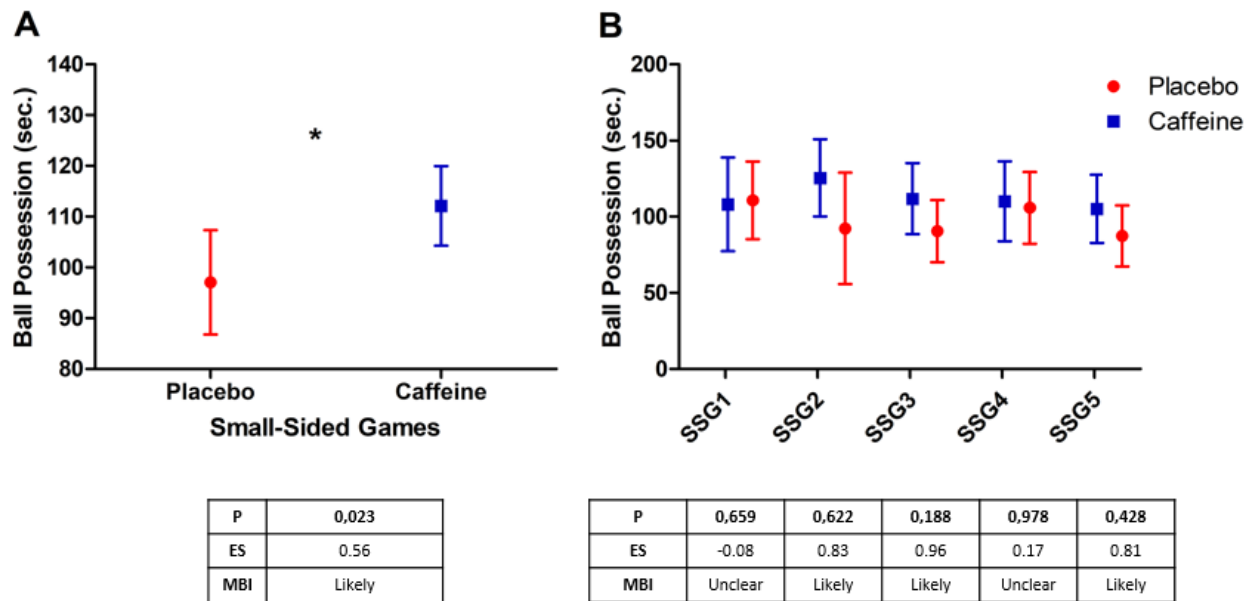


Figure 2: A) Ball possession (total) in seconds; B) Ball possession in each SSG in seconds. * $P < 0.05$ Placebo vs Caffeine.

In the Table 2, was observed the offensive phase of the core tactical principles of soccer. In the principle penetration there is no difference was found for tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 0.000; $P = 0.983$], time [$F_{4,72}$: 0.763; $P = 0.552$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.263; $P = 0.292$]), frequency of actions (between conditions [$F_{1,18}$: 0.189; $P = 0.668$], time [$F_{4,72}$: 0.664; $P = 0.618$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.282; $P = 0.285$]), percentage of tactical efficiency (between conditions [$F_{1,18}$: 2.313; $P = 0.227$], time [$F_{4,72}$: 0.795; $P = 0.269$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.778; $P = 0.059$]) and tactical errors (between conditions [$F_{1,18}$: 1.560; $P = 0.597$], time [$F_{4,72}$: 1;323; $P = 0.999$], and interaction [$F_{4,72}$: 2.377; $P = 0.999$]). According to MBI, a higher performance in CAF condition was found compared to PLA in Tactical Performance Index in the Small-Sided Game-1 (SSG1), Percentage of Tactical Efficiency (SSG1) and reduced tactical errors in this tactical principle (SSG1) with exception to frequency of actions (SSG4) which was higher to PLA condition.

The results showed no difference for the Offensive Coverage (Table 2) in the tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 0.0359; $P = 0.851$], time [$F_{4,72}$: 0.3423; $P = 0.848$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.9260; $P = 0.453$]), frequency of actions (between conditions [$F_{1,18}$: 1.005; $P = 0.3292$], time [$F_{4,72}$: 1.515; $P = 0.207$] and

interaction [$F_{4,72}$: 1.297; $P = 0.2792$]). For percentage of tactical efficiency no difference was found between conditions ($F_{1,18}$: 0.198; $P = 0.661$), but difference was detected in interaction ($F_{4,72}$: 3.394; $P = 0.013$) and tendency time ($F_{4,72}$: 2.426; $P = 0.055$). For tactical errors there is no difference between conditions ($F_{1,18}$: 0.4362; $P = 0.517$), for time ($F_{4,72}$: 0.5712; $P = 0.684$) and for interaction ($F_{4,72}$: 1.301; $P = 2.778$). According to MBI, a higher performance in CAF condition was found compared to PLA in tactical performance index (SSG5), percentage of tactical efficiency (SSG1 and SSG4) and minor tactical errors (SSG4). Higher performance was found to PLA condition in frequency of actions (SSG3), percentage of tactical efficiency (SSG2 and SSG3) and for reduced tactical errors (SSG2).

For the Width and Length without the ball (Table 2) the results showed no difference for all detail of tactical performance tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 0.1905; $P = 0.667$], time [$F_{4,72}$: 1.854; $P = 0.128$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.4029; $P = 0.80$]), frequency of actions (between conditions [$F_{1,18}$: 1.574; $P = 0.225$], time [$F_{4,72}$: 2.105; $P = 0.08$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.7630; $P = 0.552$]), percentage of tactical efficiency (between conditions [$F_{1,18}$: 0.9077; $P = 0.353$], time [$F_{4,72}$: 1.082; $P = 0.371$], interaction [$F_{4,72}$: 0.7183; $P = 0.582$]). For tactical errors the situation was similar (between conditions [$F_{1,18}$: 1.550; $P = 0.22$], for time [$F_{4,72}$: 1.406; $P = 0.24$], and interaction [$F_{4,72}$: 0.6346 ; $P = 0.63$]). The MBI showed a higher performance in CAF condition compared to PLA in frequency of actions (SSG2), percentage of tactical efficiency (SSG3) and reduced tactical errors (SSG3).

For the Depth Mobility (Table 2) the results also showed no difference for all detailed tactical performance. This occurred for the tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 1.095; $P = 0.309$], time [$F_{4,72}$: 1.824; $P = 0.133$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.1180; $P = 0.975$]), frequency of actions (between conditions [$F_{1,18}$: 0.0123; $P = 0.912$], time [$F_{4,72}$: 2.035; $P = 0.985$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.485; $P = 0.743$]), percentage of tactical efficiency (between conditions [$F_{1,18}$: 0.8971; $P = 0.3561$], time [$F_{4,72}$: 1.565; $P = 0.1929$], interaction [$F_{4,72}$: 1.565; $P = 0.192$]) and tactical errors (between conditions [$F_{1,18}$: 0.2989; $P = 0.5913$], for time [$F_{4,72}$: 0.8348; $P = 0.507$], and interaction [$F_{4,72}$: 0.7262; $P = 0.576$]).

For the Offensive Unity (Table 2) the results showed no difference in the tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 0.2592; $P = 0.6161$], time [$F_{4,72}$: 0.6270; $P = 0.644$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.656; $P = 0.169$]), percentage of tactical efficiency (between conditions [$F_{1,18}$: 2.081; $P = 0.1664$], time [$F_{4,72}$: 2.183; $P = 0.079$], interaction

[$F_{4,72}$: 1.231; $P = 0.305$]), tactical errors (between conditions [$F_{1,18}$: 2.649; $P = 0.121$], for time [$F_{4,72}$: 1.800; $P = 0.1382$], interaction [$F_{4,72}$: 0.8186 ; $P = 0.517$]). Similarly no difference occurred for frequency of actions (between conditions [$F_{1,18}$: 2.588; $P = 0.125$], time [$F_{4,72}$: 0.2532; $P = 0.906$]) exceptionally for interaction ($F_{4,72}$: 2.909; $P = 0.027$). Higher performance in CAF condition was found compared to PLA according to MBI in frequency of actions (SSG4 and SSG5) and tactical errors (SSG4). In the SSG2 the players in PLA condition showed a higher outcome in the percentage of tactical efficiency.

The defensive phase of the core principles was also observed (Table 3). In the delay principle the results also showed no difference for all detailed tactical performance. This occurred for the tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 0.175; $P = 0.680$], time [$F_{4,72}$: 1.921; $P = 0.116$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.4407; $P = 0.778$]), frequency of actions (between conditions [$F_{1,18}$: 2.297; $P = 0.147$], time [$F_{4,72}$: 2.215; $P = 0.075$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.036; $P = 0.394$]), percentage of tactical efficiency (between conditions [$F_{1,18}$: 1.099; $P = 0.308$], time [$F_{4,72}$: 1.105; $P = 0.360$], interaction [$F_{4,72}$: 0.7096; $P = 0.588$]) and tactical errors (between conditions [$F_{1,18}$: 2.264; $P = 0.1497$], for time [$F_{4,72}$: 0.5953; $P = 0.667$], and interaction [$F_{4,72}$: 2.234; $P = 0.738$]). According to MBI, a higher performance in PLA condition was found compared to CAF in tactical performance index (SSG1) and frequency of actions (SSG5). Players in CAF condition committed reduced tactical errors in two games (SSG3 and SSG5).

For the Defensive Coverage (Table 3) the results also showed difference for the tactical performance index, frequency of actions and percentage of tactical efficiency only between conditions (respectively [$F_{1,18}$: 12.67; $P = 0.002$]; [$F_{1,18}$: 8.347; $P = 0.009$] and [$F_{1,18}$: 5.541; $P = 0.030$]). For the same variables there is no difference detected between time (respectively [$F_{4,72}$: 0.6944; $P = 0.598$; $F_{1,18}$: 0.458; $P = 0.765$ and $F_{1,18}$: 0.885; $P = 0.474$]) and interaction (respectively, [$F_{4,72}$: 1.869; $P = 0.1252$; $F_{1,18}$: 1.102; $P = 0.362$ and $F_{1,18}$: 0.6551; $P = 0.625$]). This statistical condition continue in tactical errors (between conditions [$F_{1,18}$: 1.329; $P = 0.2641$], for time [$F_{4,72}$: 0.2432; $P = 0.9128$], and interaction [$F_{4,72}$: 1.815; $P = 0.9352$]). Higher performance in CAF condition was found compared to PLA due MBI, in tactical performance index (SSG1), Frequency of actions (SSG1, SSG3, SSG4 and SSG5) and tactical errors (SSG3). Players in PLA condition presented a higher performance in the percentage of tactical efficiency (SSG1 and SSG4).

For the Defensive Balance (Table 3) the results also showed no difference for the tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 0.158; $P = 0.695$], time [$F_{4,72}$:

1.256; $P = 0.2953$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.155; $P = 0.3380$]), frequency of actions (between conditions [$F_{1,18}$: 0.0043; $P = 0.9480$], time [$F_{4,72}$: 2.309; $P = 0.066$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.5137; $P = 0.725$]), percentage of tactical efficiency (between conditions [$F_{1,18}$: 0.5786; $P = 0.456$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.6238; $P = 0.6470$] exceptionally with time [$F_{4,72}$: 3.727; $P = 0.0082$]) and tactical errors (between conditions [$F_{1,18}$: 0.0744; $P = 0.7881$] and interaction [$F_{4,72}$: 0.4284; $P = 0.787$] exceptionally time [$F_{4,72}$: 3.180; $P = 0.018$]). According to MBI, a higher performance in CAF condition was found compared to PLA in tactical performance index (SSG4), in the frequency of actions (SSG4) and percentage of Tactical Efficiency (SSG4). But players in CAF condition committed major tactical errors in the SSG1.

Concentration (Table 3) the results showed no difference for the tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 1.1607; $P = 0.6932$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.733; $P = 0.152$], but time [$F_{4,72}$: 2.826; $P = 0.030$]), frequency of actions (time [$F_{4,72}$: 0.4861; $P = 0.7459$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.149; $P = 0.340$], with exception to between conditions [$F_{1,18}$: 4.911; $P = 0.039$]), percentage of tactical efficiency (between conditions [$F_{1,18}$: 0.9059; $P = 0.766$], time [$F_{4,72}$: 0.697; $P = 0.5964$], interaction [$F_{4,72}$: 1.318; $P = 0.271$]) and tactical errors (between conditions [$F_{1,18}$: 1.211; $P = 0.285$], for time [$F_{4,72}$: 0.397; $P = 0.836$], and interaction [$F_{4,72}$: 2.137; $P = 0.085$]). Players in PLA condition presented, due MBI analysis, higher performance compared to CAF in frequency of actions (SSG1 and SSG2), Percentage of Tactical Efficiency (SSG4). But players in CAF condition showed better performance in tactical performance index (SSG3), in the SSG4 Percentage of Tactical Efficiency and reduced tactical errors in the SSG3.

The results of Defensive Unity (Table 3) showed no difference in the tactical performance index (between conditions [$F_{1,18}$: 0.0006; $P = 0.9794$], time [$F_{4,72}$: 0.6874; $P = 0.606$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.479; $P = 0.217$]), frequency of actions (between conditions [$F_{1,18}$: 0.0918; $P = 0.765$], time [$F_{4,72}$: 1.035; $P = 0.395$] with exception for interaction [$F_{4,72}$: 3.601; $P = 0.009$]), percentage of tactical efficiency (between conditions [$F_{1,18}$: 3.122; $P = 0.094$], time [$F_{4,72}$: 2.476; $P = 0.051$] and interaction [$F_{4,72}$: 1.614; $P = 0.180$]) and tactical errors (between conditions [$F_{1,18}$: 3.308; $P = 0.085$], for time [$F_{4,72}$: 1.801; $P = 0.138$], exceptionally for interaction [$F_{4,72}$: 2.933; $P = 0.268$]). Higher performance in PLA condition was found compared to CAF in frequency of actions (SSG3), percentage of tactical efficiency (SSG2; SSG4) and tactical errors (SSG3 and SSG5). Upper performance was found to CAF condition in the tactical performance index (SSG4) and frequency of actions (SSG5).

Table 2. Results of the core tactical principles of soccer (Teoldo et al. 2017) featuring offensive principles played inside and outside the centre of play.

Phase	Core Tactical Principles	Principle Location	Detailed Performance	Placebo (ME±SD)	Caffeine (ME±SD)	BMI-value	BMI-classification
Offensive Principles	Penetration	ICP	TPI	38,66±23,9 (SSG1)	48,64±16,1 (SSG1)	0.40 (SSG1)	Likely
			Frequency	3,53±1,86 (SSG4)	2,84±1,38 (SSG4)	-0.35 (SSG4)	Likely
			% Tactical Efficiency	63,16±41,6 (SSG1)	90,00±17,1 (SSG1)	0.62 (SSG1)	Likely
			Errors	0,53±0,61 (SSG1)	0,32±0,47 (SSG1)	-0.47 (SSG1)	Likely
			TPI	41,14±16,2 (SSG5)	47,77±16,9 (SSG5)	0.81 (SSG5)	Likely
	Offensive Coverage	ICP	Frequency	5,84±3,30 (SSG3)	4,53±2,54 (SSG3)	-0.69 (SSG3)	Likely
				96,23±9,22 (SSG1)	100,00±0 (SSG1)	0.39 (SSG1)	Likely
			% Tactical Efficiency	97,18±7,0 (SSG2)	88,35±26,5 (SSG2)	-1.21 (SSG2)	Likely
				96,41±11,9 (SSG3)	76,14±41,2 (SSG3)	-1.62 (SSG3)	Likely
				89,62±23,9 (SSG4)	98,95±4,58 (SSG4)	0.37 (SSG4)	Likely
			Errors	0,16±0,37 (SSG2)	0,47±1,12 (SSG2)	0.81 (SSG2)	Likely
				0,37±0,76 (SSG4)	0,05±0,22 (SSG4)	-0.40 (SSG4)	Likely
	Width and Length without the ball	OCP	TPI	47.60±6.74 [#]	48.05±6.35 [#]	-	-
			Frequency	21,53±7,38 (SSG2)	25,21±9,16 (SSG2)	0.48 (SSG2)	Likely
			% Tactical Efficiency	95,27±6,30 (SSG3)	97,95±4,30 (SSG3)	0.41 (SSG3)	Likely
			Errors	0,89±1,04 (SSG3)	0,37±0,76 (SSG3)	-0.48 (SSG3)	Likely
	Depth Mobility	OCP	TPI	48.69±29.6 [#]	44.41±30.5 [#]	-	-
			Frequency	1.52±1.30 [#]	1.55±1.30 [#]	-	-
			% Tactical Efficiency	79.12±40.2 [#]	72.37±43.5 [#]	-	-
			Errors	0.04±0.32 [#]	0.07±0.33 [#]	-	-
			TPI	46.01±14.4 [#]	47.57±15.5 [#]	-	-
	Offensive Unity	OCP	Frequency	5,37±2,13 (SSG4)	7,89±3,87 (SSG4)	1.13 (SSG4)	Very Likely
				5,32±2,80 (SSG5)	8,37±3,78 (SSG5)	1.04 (SSG5)*	Very Likely
			% Tactical Efficiency	92,87±12,4 (SSG2)	79,31±32,0 (SSG2)	-1.04 (SSG2)	Likely
			Errors	0,26±0,45 (SSG4)	0,84±1,16 (SSG4)	1.23 (SSG4)	Very Likely

Note: % Tactical Efficiency: Percentage of Tactical Efficiency; *: $p < 0.05$; BMI: Based Magnitude Inference (only when there is a difference); Errors: tactical errors; ICP: Inside the Centre of Play; ME±SD: Mean and Standard Deviation; OCP: Outside the Centre of Play; SSG: Small Sided-Game; TPI: Tactical Performance Index.

Table 3. Results of the core tactical principles of soccer (Teoldo et al. 2017) featuring offensive principles played inside and outside the centre of play.

Phase	Core Tactical Principles	Principle Location	Detailed Performance	Placebo (ME±SD)	Caffeine (ME±SD)	BMI-value	BMI-classification
Defensive Principles	Delay	ICP	TPI	33,64±9,83 (SSG1)	28,74±6,99 (SSG1)	-0.48 (SSG1)	Likely
			Frequency	6,26±2,82 (SSG5)	4,79±2,14 (SSG5)	-0.50 (SSG5)	Likely
			% Tactical Efficiency	81.35±20.5 [#]	84.95±18.0 [#]	-	-
			Errors	1,95±2,32 (SSG3)	0,79±0,78 (SSG3)	-0.48 (SSG3)	Likely
				1,37±1,01 (SSG5)	0,74±0,93 (SSG5)	-0.60 (SSG5)	Likely
			TPI	43,38±18,9 (SSG1)	19,47±14,8 (SSG1)	-1.21 (SSG1)	Most Likely
	Defensive Coverage	ICP		2,42±1,34 (SSG1)	1,42±1,26 (SSG1)	-0.71 (SSG1)	Likely
			Frequency	2,37±2,03 (SSG3)	1,16±0,95 (SSG3)	-0.57 (SSG3)	Likely
				2,05±1,92 (SSG4)	1,16±0,95 (SSG4)	-0.44 (SSG4)	Likely
				2,05±1,50 (SSG5)	1,05±0,84 (SSG5)	-0.64 (SSG5)	Likely
			% Tactical Efficiency	89,30±25,6 (SSG1)	61,40±45,0 (SSG1)	-1.04 (SSG1)	Likely
				75,68±38,4 (SSG4)	55,26±49,7 (SSG4)	-0.51 (SSG4)	Likely
	Defensive Balance	OCP	Errors	0,63±1,16 (SSG3)	0,05±0,22 (SSG3)	-0.48 (SSG3)	Likely
			TPI	26,21±25,1 (SSG4)	37,80±24,07 (SSG4)	0.44 (SSG4)	Likely
			Frequency	1,26±1,14 (SSG4)	2,32±1,70 (SSG4)	0.88 (SSG4)	Likely
			% Tactical Efficiency	61,84±45,9 (SSG4)	82,46±37,4 (SSG4)	0.43 (SSG4)	Likely
			Errors	0,11±0,31 (SSG1)	0,26±0,45 (SSG1)	0.48 (SSG1)	Likely
			TPI	31,89±12,5 (SSG3)	40,71±21,0 (SSG3)	0.67 (SSG3)	Likely
	Concentration	OCP		5,84±4,12 (SSG1)	3,68±3,05 (SSG1)	-0.50 (SSG1)	Likely
			Frequency	5,16±2,89 (SSG2)	3,47±2,29 (SSG2)	-0.56 (SSG2)	Likely
				83,42±25,4 (SSG3)	94,33±22,9 (SSG3)	0.41 (SSG3)	Likely
			% Tactical Efficiency	90,20±25,1 (SSG4)	73,46±41,3 (SSG4)	-0.64 (SSG4)	Likely
			Errors	0,68±0,88 (SSG3)	0,11±0,31 (SSG3)	-0.63 (SSG3)	Likely
			TPI	29,46±4,76 (SSG4)	31,91±6,63 (SSG4)	0.49 (SSG4)	Likely
	Defensive Unity	OCP		23,00±6,52 (SSG3)	28,53±9,61 (SSG3)	0.81 (SSG3)	Very Likely
			Frequency	28,05±8,80 (SSG5)	23,84±4,12 (SSG5)	-0.46 (SSG5)	Likely
				81,43±31,8 (SSG2)	85,35±26,9 (SSG2)	0.57 (SSG2)	Likely
			% Tactical Efficiency	90,20±25,1 (SSG4)	73,46±41,3 (SSG4)	0.59 (SSG4)	Likely
				2,16±1,97 (SSG3)	2,63±2,31 (SSG3)	0.81 (SSG3)	Very Likely
			Errors	3,68±3,11 (SSG5)	3,53±2,54 (SSG5)	-0.46 (SSG5)	Likely

Note: % Tactical Efficiency: Percentage of Tactical Efficiency; *: $p < 0.05$; BMI: Based Magnitude Inference (only when there is a difference); Errors: tactical errors; ICP: Inside the Centre of Play; ME±SD: Mean and Standard Deviation; OCP: Outside the Centre of Play; SSG: Small Sided-Game; TPI: Tactical Performance Index.

All those core principles result in total tactical behavior. For the total of offensive success (TOS) no difference were detected between conditions ($F_{1,18}$: 1.59; $P = 0.223$), but a main effect was observed for time ($F_{4,72}$: 3.02; $P = 0.023$). No interaction was observed ($F_{4,72}$: 0.992; $P = 0.415$). According to MBI, a higher performance in PLA condition was found compared to CAF in SSG3 ($P = 0.999$; ES: -0.45; “likely”) (Figure 3). No significant differences were observed for total of offensive errors (TOE) between conditions ($F_{1,18}$: 0.17; $P = 0.682$), for time ($F_{4,72}$: 0.53; $P = 0.711$) or interaction ($F_{4,72}$: 1.00; $P = 0.413$). Players in PLA condition presented more offensive errors in SSG3 according to MBI (ES: -0.42; “likely”; Figure 3).

The total of defensive success (TDS) were also analyzed. A main effect was observed for condition ($F_{1,18}$: 5.04; $P = 0.037$), without differences across time ($F_{4,72}$: 1.91; $P = 0.117$) nor interaction ($F_{4,72}$: 1.56; $P = 0.195$). According to MBI, meaningful differences were detected between conditions with higher performance in CAF condition during SSG2 ($P = 0.999$; ES: -0.38; “likely”) and SSG5 ($P = 0.999$; ES: -0.65; “likely”) compared to PLA condition (Figure 3). On the other hand, no differences between CAF and PLA conditions were found in total of defensive errors (TDE) ($F_{1,18}$: 1.55; $P = 0.223$), although significant main effects for time ($F_{4,72}$: 4.49; $P = 0.002$) and interaction ($F_{4,72}$: 3.40; $P = 0.013$) were observed. Differences emerged according to MBI pointing to more errors made by players in PLA condition during SSG2 ($P = 0.235$; ES: -0.63; “very likely”); SSG3 ($P = 0.999$; ES: -0.41; “likely”) and SSG4 ($P = 0.999$; ES: -0.79; “very likely”), as presented in Figure 3.

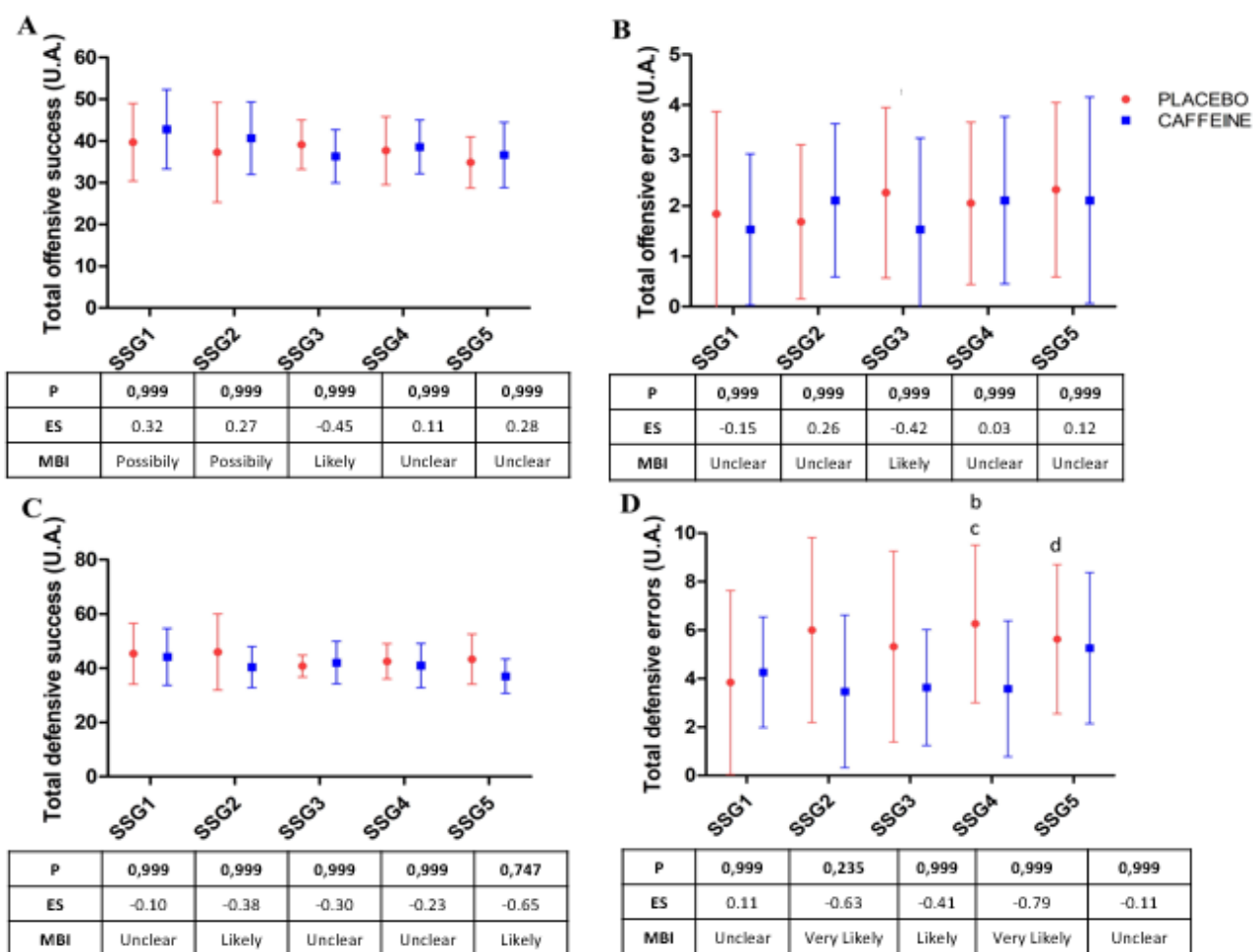


Figure 3: A) Total Offensive Success; B) Total Offensive Errors; C) Total Defensive Success; D) Total Defensive Errors. ; (a) statistical ($P < 0,05$) differences to Rest; (b) to SSG1; (c) to SSG2; (c) to SSG3. **Legend:** P: p-value; ES: Effect Size; MBI: Magnitude-Based Inference AU: Arbitrary Unit; SSG1: Game 1; SSG2: Game 2; SSG3: Game 3; SSG4: Game 4; and SSG5: Game 5.

DISCUSSION

The current study investigated the effect of acute CAF intake (5 mg/kg^{-1}) on tactical performance in professional soccer players. The main findings were: i) no differences were observed for HR and RPE measures between CAF and PLA conditions; ii) PLA condition presented higher values of tactical success compared to CAF condition at specific moments during the SSG protocol; iii) CAF condition presented lower values of offensive and defensive tactical errors compared to PLA condition. Analyzing the decision-making by the listed variables, there is evidence that fewer errors were observed in the offensive and defensive tactical principles considering the CAF condition players.

Therefore, based on these results, acute intake of CAF affects decision-making in professional soccer players, resulting in tactical errors.

In this study, in the variables related to physiological and subjective performance showed similar outcomes between the conditions. With regards to tactical performance, although the players in CAF condition presented better scores in some offensive variables like penetration for inside the centre of play and width and length without the ball outside the centre of play. For the offensive coverage players in PLA condition have higher outcomes. This resulted in a similar TOS among the conditions, except to the SSG3, where players in PLA condition presented a better score compared to CAF.

In defensive phase PLA conditions have better outcome for inside the centre of play for the delay and defensive coverage principle with exception for the defensive balance in outside the centre of play principles where CAF condition presented higher outcomes. This resulted in higher indexes during SSG2 and SSG5 for players in PLA condition in TDS when compared to CAF condition. The defensive predominance of players in PLA condition can be explained by the higher values of ball possession to players in CAF condition pointed by the MBI analysis.

In small-sided games, the total number of duels and loss of ball possession is greater than in actual games for all positions (Dellal et al. 2012b). The players were conditioned to situations of great tactical, technical, physical and psychological demands (Iaia et al. 2009; Dellal et al. 2012a; Aguiar et al. 2018) where the dominance of duel to the ball possessions seems to point toward CAF condition players. CAF condition players had higher tactical precision in the core tactical principles than PLA condition. Observing the tactical errors, players in CAF condition presented reduced errors offensive phase by the inside the centre of play and outside the centre of play principles. To know, respectively, in the penetration and in the width and length without the ball. The TOE variable showed those results in the SSG3 by a meaningful difference where players in PLA conditions made more mistakes. Nevertheless, in the defensive phase by the inside the centre of play and outside the centre of play principles respectively, in the delay, defensive coverage and defensive unity players in PLA conditions also committed more mistakes. This information can be seen in the TDE variable, where players in PLA condition committed more faults in the SSG2, SSG3 and SSG4. These are relevant evidences, indicating that players in CAF conditions are more precise in tactical actions. This partially supports the ergogenic effect of CAF to the professional soccer players.

Several cognitive functions are involved in the tactical action in the soccer game.

Previous studies have shown decision errors committed by players during the game are related to control and executive functions (Huertas et al., 2019; Gonzaga et al., 2014). The appropriate motor or emotional actions and the inhibition of the same inappropriate actions, in certain contexts, go through this cognitive aspect. The treatment of relevant sensory information (e.g. visual information) detected in the environment is fundamental to the general volitional decision-making process (Royall et al. 2002; Mostofsky e Simmonds 2008; Wang et al. 2013; Gantois et al. 2019), as well as in soccer (Vestberg et al. 2012; Coutinho et al. 2017; Kunrath et al. 2020).

The inhibitory control of inappropriate behavior is related to the attention control, emotions, impulses, thoughts, cognitive processes, choices, volition and social processes (Haggard 2008). Therefore, well-conditioned athletes have greater inhibitory control and tend to make fewer decision errors (Gonzaga et al., 2014) which is fundamental for the performance in sports (Vestberg et al. 2012; Pageaux e Lepers 2018). However, there is a relationship with specificity, physical level and expertise in the modality (Chan et al. 2011; Marchetti et al. 2015). In complex situations and/or in fatigue conditions (physical or mental), inhibitory control falls, disabling the capture and/or the filtering of relevant information from the environment. This is very important to effective decisions made during the game (Haggard 2008; Chan et al. 2011; Gantois et al. 2019), since game performance can be reduced (Marcora et al. 2014).

Currently, inhibitory control has been tested in laboratory settings to involve protocols for inducing mental fatigue in soccer players (Badin et al. 2016; Pageaux e Lepers 2018; Gantois et al. 2019). Evidence points to the decrease in passing technical accuracy after 15 min in small-sided games (5x5) (Badin et al. 2016) and 90 min in the formal game (Gantois et al. 2019). The results observed in the current study corroborate this finding. However, the literature shows a drop in accuracy in specific decision-making tests (Smith et al. 2016). Recent findings showed that for mental fatigue, soccer players decrease their peripheral perception, make more decision-making errors in game and have an compensatory increase in physical attrition (Kunrath et al. 2020). Overall, literature shows a negative effect of mental fatigue in physical, technical, tactical and cognitive aspects related to decision-making in soccer (Smith et al. 2016; Kunrath et al. 2020). It is justified that the fatigue, highlighted in the aforementioned studies, such as tiredness, lack of energy, changes in mood, impaired reaction time, inattention, and drop in accuracy (Pageaux e Lepers 2018) are related to the drop in specific decision-making (Smith et al. 2016; Gantois et al. 2019; Russell et al. 2019). There is also an association with increased

RPE (Marcora et al. 2014; Pageaux et al. 2014; Kunrath et al. 2020).

Evidences in cognitive sports performance shows improvement under acute CAF intake (Azevedo et al. 2016; Huertas et al. 2019). However, Tieges et al. (2008) emphasize that acute intake of CAF at 3 mg/kg^{-1} , in different laboratory protocols, does not seem to modulate the inhibitory behavior. These authors justify that the full extent of neural inhibition is not yet known. Therefore, other mechanisms may be involved as the activation and synchronicity of anterior cingulate cortex (ACC) and lateral pre-frontal cortex in preparatory and anticipatory processing. However, there is a relationship between CAF modulation in the activation of executive circuit, which seems to be related to the individual consumption habits of each subject (Huertas et al. 2019).

The decrease in inhibitory control related to mental fatigue, as it speculated, has been related to the accumulation of adenosine in the ACC (Pageaux et al. 2014). CAF blocks the action of adenosine (Fredholm et al. 1999a; Azevedo et al. 2016), theoretically reducing the negative effects of fatigue (Davis e Green 2009; Azevedo et al. 2016) and improving decision-making. It is important to emphasize that there is a great circuitry involving inhibitory control and decision making in addition to the ACC (Royall et al. 2002; Mostofsky e Simmonds 2008; Brass e Haggard 2010; Angius et al. 2019). Therefore, these are also essential, in some way, for self-regulation in sport and decision-making (Brass e Haggard 2010; Marcora et al. 2014; Pageaux et al. 2014).

To the best of our knowledge, this is the first study to investigate the effect of ergogenic aids on tactical performance of professional soccer players. The main importance is given, in particular, by the great similarity between the participants who are professional soccer players who carry out an intense training regime, pre-game preparation, diet, rest and hours of sleep (Bassini-cameron et al. 2007; Guerra et al. 2018; Karabağ e Taş 2019). However, it is important to be cautious with the results. Major inconsistencies in studies with CAF are due to the great inter-individual variability in the biological response (Coso et al. 2012; Apostolidis et al. 2018; Pickering e Grgic 2019). Moreover, as tactical performance has been associated with decision-making skills assessed through soccer specific laboratory protocols, would be interesting to understand the effect of CAF in such variables in the future (Cardoso et al. 2019; Machado and Teoldo 2020). This paper opens new possibilities for the essential effects of the various ergogenic and nutritional measures on the specificity of the soccer game. However, due to the study limitation (for example, the absence of biochemical markers, the need of data collections in elite squads) and the scarcity of literature data in this issue, further

investigations need to be made.

Conclusion

The acute intake of 5 mg/kg⁻¹ of CAF, 1h before the soccer game improves the tactical performance in professional players, mainly by reducing the number of offensive and defensive decision-making errors during the protocol. Therefore, in TOS e TDS variable, players in PLA conditions had a better tactical performance. Due to fewer offensive and defensive errors observed in the supplemented condition, moderate doses of CAF supplementation appear to be beneficial to improve tactical performance during SSG. Those outcomes must be seen carefully. New investigations using different dosages, preserving the same team formations and the effect of CAF intake in an official game is need or in elite population should be done.

References

- Aguiar M, Botelho G, Lago C, Maças V, Sampaio J, Performance S, et al. A Review on the Effects of Soccer Small-Sided Games by. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2018;33(June):103–13.
- Andrade MOC De, González-Víllora S, Casanova F, Teoldo I. The Attention As a Key Element to Improve Tactical Behavior Efficiency of Young Soccer Players. *Revista de Psicologia del Deporte*. 2020;29(2):47–55.
- Andrade-Souza VA, Bertuzzi R, Araujo GG De, Bishop D, Lima-silva AE. Effects of isolated or combined carbohydrate and caffeine performance. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015;40:1–7.
- Angius L, Santarnecchi E, Pascual-leone A, Marcora SM. Transcranial Direct Current Stimulation over the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Improves Inhibitory Control and Endurance Performance in Healthy Individuals. *Neuroscience*. 2019;419:34–45.
- Apostolidis A, Mougios V, Smilios I, Rodosthenous J, Hadjicharalambous M. Caffeine supplementation: ergogenic in both high and low caffeine responders. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;14(5):650–7.
- Astorino TA, Matera AJ, Basinger J, Evans M, Marquez R. Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. *Amino Acids*. 2012;42:1803–8.

- Azevedo R, David M, Cavalcante S, Gualano B, Lima-Silva AE, Bertuzzi R. Effects of caffeine ingestion on endurance performance in mentally fatigued individuals. *European Journal of Applied Physiology*. 2016;116(11–12):2293–303.
- Badin OO, Smith MR, Conte D, Coutts AJ. Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2016;
- Bassini-cameron A, Sweet E, Bottino A, Bittar C, Veiga C. Effect of caffeine supplementation on hematological and biochemical. 2007;
- Brass M, Haggard P. The hidden side of intentional action: the role of the anterior insular cortex. *Brain Struct Funct*. 2010;214(5–6):603–10.
- Burke LM. Caffeine and sports performance. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008;33:1319–1334.
- Cardoso F da SL, González-Víllora S, Guilherme J, Teoldo I. Young soccer players with higher tactical knowledge display lower cognitive effort. *Perceptual & Motor Skills*. junho de 2019;126(3):499–514.
- Chan JSY, Wong ACN, Liu Y, Yu J, Yan JH. Fencing expertise and physical fitness enhance action inhibition. *Psychology of Sport & Exercise*. 2011;12(5):509–14.
- Coso J Del, Muñoz-Fernández VE, Muñoz G, Fernández-Elías VE, Ortega JF, Hamouti N, et al. Effects of a Caffeine-Containing Energy Drink on Simulated Soccer Performance. *PLoS ONE*. 2012;7(2):1–8.
- Costa IT da, Garganta J, Greco PJ, Mesquita I. Proposta de avaliação do comportamento tático de jogadores de futebol baseada em princípios fundamentais do jogo. *Motriz: Revista de Educação Física*. setembro de 2011a;17(3):511–24.
- Costa IT, Garganta J, Greco PJ, Mesquita I, Maia J. Sistema de avaliação tática no Futebol (FUT-SAT): Desenvolvimento e validação preliminar. *Motricidade*. 2011b;7(1):69–84.
- Coutinho D, Gonçalves B, Travassos B, Wong DP, Coutts AJ, Sampaio JE. Mental Fatigue and Spatial References Impair Soccer Players' Physical and Tactical Performances. *Frontiers in Psychology*. 2017;8.
- Dager SR, Layton ME, Strauss W, Richards TL, Heide A, Friedman SD, et al. Human Brain Metabolic Response to Caffeine and the Effects of Tolerance. *Am J Psychiatry*. 1999;156:229–37.
- Daly JW. Caffeine analogs: biomedical impact. *Cell Mol Life Sci*. agosto de 2007;64(16):2153–69.
- Davis JK, Green JM. Ergogenic Value and Mechanisms of Action. *Sports Med*. 2009;10(2009):813–32.
- Dellal A, Drust B, Lago-Penas C. Variation of Activity Demands in Small-Sided Soccer Games. *International Journal of Sports Medicine*. 2012a;33(05):370–5.

- Dellal A, Owen A, Wong DP, Krstrup P, Exsel M Van, Mallo J. Technical and physical demands of small vs. large sided games in relation to playing position in elite soccer. *Human Movement Science*. 2012b;31(4):957–69.
- Drust B, Waterhouse J, Atkinson G, Edwards BJ, Reilly T. Circadian Rhythms in Sports Performance — an Update. *Chronobiology International*. 2005;22(1):21–44.
- Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Suzanne P, et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001;15(1):109–15.
- Fredholm BB, Institutet K, Nehlig A, Zvartau E. Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference to Factors That Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference. 1999a;(April).
- Fredholm BB, Institutet K, Nehlig A, Zvartau E. Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference to Factors That Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference. *PHARMACOLOGICAL REVIEWS*. 1999b;51(1):84–113.
- Gantois P, Elisa M, Ferreira C, Lima-junior D De, Nakamura Y, Batista GR, et al. Effects of mental fatigue on passing decision- making performance in professional soccer athletes. *European Journal of Sport Science*. 2019;0(0):1–21.
- Gonçalves E, Noce F, Barbosa MAM, Figueiredo AJ, Hackfort D, Teoldo I. Correlation of the peripheral perception with the maturation and the effect of the peripheral perception on the tactical behaviour of soccer players. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2020;18(5):687–99.
- Graham TE. Caffeine and Exercise Metabolism , Endurance and Performance. *Sports Med*. 2001;31(11):785–807.
- Guerra MA, Caldas LC, Souza HL De, Vitzel KF, Cholewa JM, Duncan MJ, et al. The acute effects of plyometric and sled towing stimuli with and without caffeine ingestion on vertical jump performance in professional soccer players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(51):3–9.
- Guttierres APM, Alfenas R de CG, Gatti K, Lima JRP, Silva ÂA, Marins AJNJC. Metabolic effects of a caffeinated sports drink consumed during a soccer match. *Metabolic effects of a caffeinated sports drink consumed during a soccer match. Motriz*. 2013;19(4):688–95.
- Guttierres APM, Gatti K, Lima JRP, Natali AJ, Alfenas R de CG, Marins JCB. SOBRE O ESTADO DE HIDRATAÇÃO DE JOGADORES DE FUTEBOL. *Rev Bras Cienc Esporte*. 2008;29(2):147–63.
- Guttierres APM, Natali AJ, Alfenas R de CG, Marins JCB. Efeito Ergogênico de Uma Bebida Esportiva Cafeinada Sobre a Performance em Testes de Habilidades Específicas do Futebol Ergogenic Effect of a Caffeinated Sports Drink on Performance in. *Rev Bras Med Esporte*. 2009;15(6):450–4.
- Haggard P. Human volition: towards a neuroscience of will. *Nature Reviews Neuroscience*. 2008;9(12):934–46.

- Hespeel P, Maughan RJ, Greenhaff PL. Dietary supplements for football. *Journal of Sports Sciences*. 2003;24(07):749–61.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(1):3–13.
- Huertas F, Blasco E, Moratal C, Lupiañez J. Caffeine intake modulates the functioning of the attentional networks depending on consumption habits and acute exercise demands. *Scientific Reports*. 2019;9(10043):1–12.
- Iaia FM, Rampinini E, Bangsbo J. High-Intensity Training in Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2009;4(3):291–306.
- Kalmar JM. Muscle Activation ABSTRACT. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;37(12):2113–9.
- Karabağ S, Taş Z. The examination of the effect of caffeine supplementation in professional soccer players. *Physical Education of Students*. 2019;23(3):129–41.
- Klauss J, Cleres L, Pinheiro P, Lima B, Merlo S, Almeida G De, et al. A randomized controlled trial of targeted prefrontal cortex modulation with tDCS in patients with alcohol dependence. *International Journal of Neuropsychopharmacology*. 2014;17(11):1793–1803.
- de Koning JJ, Noordhof DA. Embrace Uncertainty. *Int J Sports Physiol Perform*. 1º de julho de 2019;14(6):697.
- Kunrath CA, Nakamura FY, Roca A, Tessitore A, Teoldo Da Costa I. How does mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. *J Sports Sci*. agosto de 2020;38(15):1818–28.
- Lara B, Gonzalez-Millán C, Salinero JJ, Areces F, Barbero-Alvarez JC, Muñoz V, et al. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. *Amino Acids*. 2014;46:1385–92.
- Machado G, González-Víllora S, Sarmiento H, Teoldo I. Development of Tactical Decision-making Skills in Youth Soccer Players: Macro- and Microstructure of Soccer Developmental Activities as a Discriminant of Different Skill Levels. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2020;1–20.
- Machado G, Teoldo I. TacticUP Video Test for Soccer: Development and Validation. *Frontiers in Psychology*. 2020;11(1690):1–12.
- Marchetti R, Forte R, Borzacchini M, Vazou S, Tomporowski PD, Pesce C. Physical and Motor Fitness, Sport Skills and Executive Function in Adolescents: A Moderated Prediction Model. *Psychology*. 2015;6:1915–29.
- Marcora SM, Staiano W, Manning V. Mental fatigue impairs physical performance in humans activation during emotion processing in elite adventure racers Mental fatigue impairs physical performance in humans. *J Appl Physiol*. 2014;106:857–64.

- Maughan RJ. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. *Nutrition Research Reviews*. 1999;12:255–80.
- Mielgo-Ayuso J, Calleja-Gonzalez J, Coso J Del, Urdampilleta A, León-Guerreño P, Fernández-Lázaro D. Muscle Damage and Perception of Fatigue in Soccer Players : A Systematic Review. *Nutrients*. 2019;11(2):1–15.
- Mostofsky SH, Simmonds DJ. Response Inhibition and Response Selection: Two Sides of the Same Coin. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2008;25(5):751–61.
- Pageaux B, Lepers R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. *Prog Brain Res*. 1^o ed 2018;240:1–25.
- Pageaux B, Lepers R, Marcora SM. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(5):1095–105.
- Pettersen SA, Krustrup P, Bendiksen M, Randers MB, Brito J, Bangsbo J, et al. Caffeine supplementation does not affect match activities and fatigue resistance during match play in young football players. *Journal of Sports Sciences*. 2014;32(20):37–41.
- Pickering C, Grgic J. Caffeine and Exercise: What Next? *Sports Medicine*. 2019;49(7):1007–30.
- Royall DR, Lauterbach EC, Cummings JL, Reeve A, Rummans TA, Kaufer DI, et al. Executive Control Function: A Review of Its Promise and Challenges for Clinical Research. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*. 2002;14(4):377–405.
- Russell S, Jenkins D, Smith M, Halson S, Kelly V. The application of mental fatigue research to elite team sport performance: New perspectives. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2019;22(6):723–8.
- Salinero JJ, Lara B, Del Coso J. Effects of acute ingestion of caffeine on team sports performance: a systematic review and meta-analysis. *Res Sports Med*. 5 de dezembro de 2018;1–19.
- Silver MD. Use of ergogenic aids by athletes. *J Am Acad Orthop Surg*. fevereiro de 2001;9(1):61–70.
- Smith MR, Zeuwts L, Lenoir M, Hens N, Laura MS, Jong D, et al. Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. *Journal of Sports Sciences*. 2016;34(14):1297–304.
- Stratton G, Reilly T, Richardson D, Williams AM. *Youth Soccer: From Science to Performance*. Psychology Press; 2004.
- Teoldo, Garganta J, Greco P, Mesquita I. *Tactical Principles of Soccer Game: concepts and application*. Motriz. 2009;15(3):657–68.
- Teoldo I, Guilherme J, Garganta J. *Training football for smart playing: On tactical performance of teams and players*. Curitiba: Appris; 2017.

- Tieges Z, Snel J, Kok A, Ridderinkhof KR. Caffeine does not modulate inhibitory control Brain and Cognition Caffeine does not modulate inhibitory control. Brain and Cognition. 2008;69(2):316–27.
- Vestberg T, Gustafson R, Maurex L, Ingvar M, Petrovic P. Executive Functions Predict the Success of Top-Soccer Players. PLoS ONE. 2012;7(4):1–5.
- WADA. The World Anti-Doping Code THE 2011 PROHIBITED LIST INTERNATIONAL. 2011.
- Wang C, Chang C, Liang Y, Shih C, Chiu W, Tseng P, et al. Open vs. Closed Skill Sports and the Modulation of Inhibitory Control. PLoS ONE. 2013;8(2):4–13.
- Wilkinson M, Winter EM. Estimation versus falsification approaches in sport and exercise science. J Sports Sci. janeiro de 2019;37(1):3–4.