



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

CÁSSIO ZACARIAS LOPES DE LIMA

**A FADIGA MENTAL ALTERA A PERCEÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO, MAS
NÃO PREJUDICA O TEMPO DE RESPOSTA DE ÁRBITROS DE FUTEBOL
DURANTE UMA TAREFA FÍSICA SIMULADA.**

Belém

2023

CÁSSIO ZACARIAS LOPES DE LIMA

**A FADIGA MENTAL ALTERA A PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO, MAS
NÃO PREJUDICA O TEMPO DE RESPOSTA DE ÁRBITROS DE FUTEBOL
DURANTE UMA TAREFA FÍSICA SIMULADA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna

BELÉM – PA

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

- L732f Lima, Cássio Zacarias Lopes de.
A fadiga mental altera a percepção subjetiva de esforço, mas não prejudica o tempo de resposta de árbitros de futebol durante uma tarefa física simulada. / Cássio Zacarias Lopes de Lima. — 2023.
62 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Movimento Humano, Belém, 2023.

I. Fadiga mental. I. Título.

CDD 613.707

CÁSSIO ZACARIAS LOPES DE LIMA

**A FADIGA MENTAL ALTERA A PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO, MAS
NÃO PREJUDICA O TEMPO DE RESPOSTA DE ÁRBITROS DE FUTEBOL
DURANTE UMA TAREFA FÍSICA SIMULADA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna

DATA DA AVALIAÇÃO: 27/04/2023

CONCEITO: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna
Orientador – PPGCMH/UFPA

Prof. Dr. Daniel Alvares Pires
(PPGCMH/UFPA)

Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes
(UFPB)

BELÉM
2023

Dedico este trabalho a minha família, em especial para: mãe, pai, irmãos, e minha namorada.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus por sempre me abençoar.

Agradecer a minha família, minha mãe Suely, meu Pai Edimilson, meus irmãos Caio e Junior. Tenho a certeza de que sem o apoio de vocês não estaria chegando neste momento especial. Obrigado por sempre me apoiarem, amo muito todos vocês.

Agradecer a minha querida namorada, Ana Carolina, meu amor que está do meu lado para tudo, e em todos os momentos. Obrigado por todo suporte, não tenho dúvida que sem você este momento não estaria acontecendo em minha vida, amo muito você.

Agradecer meu orientador Eduardo Penna, obrigado por todo esse período de mais de 2 anos de parceria, de me ajudar neste processo de crescimento profissional, sou grato a todos os seus ensinamentos.

Agradecer meus amigos, em especial os que contribuíram para construção deste trabalho: Kadu, Eliane, Johann, Wagner, Antenor, Andreza, Hugo, Samara, Rayra.

Agradecer ao GET, nosso grupo de estudos, obrigado por todos os ensinamentos.

Agradecer a comissão de arbitragem da federação paraense de futebol, e os árbitros que aceitaram este desafio.

Agradecer ao laboratório da faculdade de fisioterapia (FFTO), onde foram realizadas as coletas de dados.

Agradecer os ambientes particulares que foram realizados os testes piloto deste trabalho: Academia Mega Fit; Academia Sesc Castanhal; Academia Fitz.

Por fim agradecer a UFPA e o PPGCMH, por dar a oportunidade de crescimento profissional.

RESUMO

A fadiga mental (FM) é um estado psicobiológico, ocasionado por atividade cognitiva exigente e prologada, caracterizada por sensações de cansaço e falta de energia induzidos por períodos de atividade cognitiva exigente. A FM afeta de modo prejudicial a tomada de decisão no esporte, pois estes efeitos têm sido associados a uma redução no desempenho das funções executivas, que são conceituadas como um conjunto de processos cognitivos utilizados para planejar e realizar ações para alcançar um objetivo. Nesse contexto, sabe-se ainda que o desempenho das funções executivas tem sido fortemente associado a tomada de decisão de árbitros de futebol, logo a relação entre a FM e o desempenho cognitivo de árbitros é importante no contexto da arbitragem. Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da fadiga mental sobre o tempo de resposta em teste que avalia funções executivas, e a percepção subjetiva de esforço em uma tarefa física de jogo simulado em árbitros de futebol. Doze árbitros profissionais, de nível regional participaram do estudo, e realizaram três visitas ao laboratório. A primeira visita para avaliações e familiarização aos protocolos experimentais, e assinatura do Termo Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Na 2^o e 3^o visitas os participantes foram expostos a duas condições experimentais, alta carga cognitiva ou baixa carga cognitiva, de modo cruzado e aleatorizado. Na condição alta carga cognitiva os árbitros realizaram Teste Stroop e na condição baixa carga cognitiva assistiram vídeo emocionalmente neutro, logo após estas condições eles deveriam realizar testes de função executiva simultaneamente com a tarefa física simulada para árbitros de futebol. Em relação à análise estatística um teste t de student pareado foi feito para comparar os dados médios, coletados em um único ponto entre os ensaios experimentais (EVA-MOT). As ANOVAs de duas vias, com medidas repetidas, foram utilizadas para comparar os dados entre as condições experimentais, em diferentes momentos. Os resultados revelaram que não houve efeito da fadiga mental sobre o desempenho das funções executivas ($P = 0,395$). Apesar disso, foram encontradas maiores percepções de esforço na condição de alta carga cognitiva ($P = 0,018$). Nesse sentido, o presente estudo mostra que apesar da fadiga mental alterar a percepção subjetiva de esforço, não houve qualquer prejuízo no desempenho das funções executivas de árbitros de futebol.

Palavras-chave: Árbitros, funções executivas, fadiga mental.

ABSTRACT

Mental fatigue (MF) is a psychobiological state caused by prolonged and demanding cognitive activity, characterized by feelings of tiredness and lack of energy induced by periods of demanding cognitive activity. MF negatively affects decision-making in sports, as these effects have been associated with a reduction in the performance of executive functions, which are conceptualized as a set of cognitive processes used to plan and carry out actions to achieve a goal. In this context, it is known that the performance of executive functions has been strongly associated with the decision-making of soccer referees, so understanding whether MF reduces the cognitive performance of referees is relevant. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of mental fatigue and simulated physical task on soccer referees, on response time in a test that evaluates executive functions, and subjective perception of effort. Twelve professional regional soccer referees participated in the study, and made three visits to the laboratory, the first visit for evaluations and familiarization with the experimental protocols, and signing of the Informed Consent Form (ICF). In the 2nd and 3rd visits, the participants were exposed to two experimental conditions, mental fatigue or control, in a cross-over and randomized way. Therefore, in the MF condition, referees performed the Stroop Test and in the control condition, they watched an emotionally neutral video, and after these conditions, they were required to perform executive function tests simultaneously with the simulated physical task for soccer referees. The results revealed that there was no effect of mental fatigue on the performance of executive functions ($P = 0.395$). However, higher perceptions of effort were found in the mental fatigue condition ($P = 0.018$). In this sense, the present study shows that although mental fatigue alters the subjective perception of effort, there was no impairment in the executive functions performance of soccer referees.

Keywords: Referees, executive functions, mental fatigue.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Ilustração 1 - Delineamento experimental	31
Ilustração 2 - Montagem do teste de função executiva na esteira	34
Ilustração 3 – Circuito da tarefa física	35
Ilustração 4 - Percepção subjetiva de fadiga mental	36
Ilustração 5 - Percepção subjetiva de motivação	37
Ilustração 6 - Percepção subjetiva de esforço durante a tarefa física simulada	38
Ilustração 7 - Respostas da frequência cardíaca durante a tarefa física simulada	38
Ilustração 8 - Desempenho das funções executivas	39

LISTA DE SIGLAS

FM	FADIGA MENTAL
CON	CONTROLE
FES	FUNNÇÕES EXECUTIVAS
TD	TOMADA DE DECISÃO
TR	TEMPO DE RESPOSTA
EVA	ESCALA VISUAL ANÁLOGA
MOT	MOTIVAÇÃO
FC	FREQUÊNCIA CARDÍACA
PSE	PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Fadiga mental.....	14
2.2.1 Fadiga mental e desempenho físico.....	16
2.2.2 Fadiga mental e desempenho de habilidades perceptivo-cognitivas.....	17
2.3 Funções executivas.....	19
2.3.1 Funções executivas e exercício físico.....	20
2.3.2 Funções executivas e fadiga mental	23
2.4 Arbitragem de futebol.....	23
2.4.1 Desempenho de habilidades perceptivo-cognitivas de árbitros de futebol.....	24
2.4.2 Árbitros de futebol e fadiga física	24
2.4.3 Árbitros de futebol e fadiga mental	25
3 OBJETIVO	27
4 HIPOTESES	28
5 MATERIAIS E MÉTODOS	29
5.1 Participantes	29
5.2 Delineamento experimental	29
5.3 Procedimentos.....	31
5.3.1 Medidas antropométricas.....	31
5.3.2 Teste progressivo na esteira.....	31
5.3.3 Condição alta carga cognitiva.....	31
5.3.4 Condição baixa carga cognitiva.....	32

5.3.5 Escala visual análoga de fadiga mental e motivação.....	32
5.3.6 Escala de percepção subjetiva de esforço.....	33
5.3.7 Frequência cardíaca	33
5.3.8 Teste de função executiva	33
5.8.9 Tarefa física	34
5.4 Análise estatística	35
6 RESULTADOS	36
6.1 Percepção subjetiva de fadiga mental.....	36
6.2 Motivação	37
6.3 Percepção subjetiva de esforço.....	37
6.4 Frequência cardíaca	38
6.5 Função executiva	39
7 DISCUSSÃO	39
7.1 Limitações	44
7.2 Aplicabilidade prática	44
8 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	54
APÊNDICE B – CHECKLIST PARA REALIZAR OS PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	55
ANEXO A - PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	56
ANEXO B - QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA	57
ANEXO C - ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DE BORG	58
ANEXO D - ESCALA VISUAL ANÁLOGA DE FADIGA MENTAL	59

ANEXO E - ESCALA VISUAL ANÁLOGA DE MOTIVAÇÃO	60
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

A fadiga mental (FM) é um estado psicobiológico, caracterizado por ocasionar aumento da sensação de cansaço ou falta de energia, letargia e prejuízo das funções executivas (controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho) (CUTSEM et al., 2017a). A FM pode ser induzida por períodos prolongados de atividade cognitiva ou por alta demanda cognitiva em curto período (GIBOIN; WOLFF, 2019). Ao longo dos anos, este estado de cansaço mental foi associado principalmente a atividades laborais, como dirigir por períodos prolongados, que aumentam o risco de acidentes de motoristas e pilotos de avião (LAL; CRAIG, 2001; GOODE, 2003). No entanto, a FM nos últimos anos tem sido tema de pesquisa e debate na ciência do esporte, mais especificamente sobre seu efeito no desempenho físico e cognitivo de atletas (HABAY et al., 2021b; PAGEUX et al., 2018; PENNA et al., 2018a; FORTES et al., 2020).

Estudos tem investigado os efeitos da FM sobre capacidades importantes para desempenho esportivo (HABAY et al., 2021b). Com base na literatura, o desempenho de atletas em habilidades físicas (SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015), técnicas (SMITH et al., 2016a) e táticas (COUTINHO et al., 2018), são afetadas negativamente pela FM. Além disso, habilidades perceptivo-cognitivas, dentre elas a tomada de decisão (TD) de atletas, parecem também ser influenciada de modo prejudicial pela FM (SMITH *et al.*, 2016b; TRECROCI *et al.*, 2020; GANTOIS, *et al.*, 2020; FORTES *et al.*, 2020).

Em relação aos árbitros de futebol, a TD é a principal habilidade para o sucesso no seu desempenho (MACMAHON *et al.*, 2007; SPITZ *et al.*, 2018). A literatura demonstra que as funções executivas (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva) exercem um papel fundamental no processo de TD de árbitros de futebol, pois os árbitros de futebol precisam ser capazes de processar e reconhecer situações em um ambiente dinâmico, ou seja, necessitam da memória de trabalho. Também devem manter o foco atencional em estímulos relevantes, e ignorar as informações irrelevantes do ambiente (controle inibitório). Por fim, os árbitros em algumas ocasiões, precisam cancelar ações pretendidas e tomar novas decisões (flexibilidade cognitiva) conforme as situações em rápida mudança. Nesse sentido, o processo de tomada de decisão de árbitros de futebol está associado ao desempenho das funções executivas (SPITZ *et al.*, 2018; SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021).

As Funções Executivas (FEs) são um conjunto de processos cognitivos, fundamentais para a regulação de pensamentos e comportamentos (DIAMOND, 2013). Além disso, são

responsáveis por construir raciocínios, planejamentos e resoluções de problemas, a fim de alcançar um objetivo. No que se refere as FEs, há um consenso que existem três domínios principais: controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (DIAMOND, 2013; MIYAKE *et al.*, 2000). Referente à arbitragem de futebol, parece que o desempenho das FEs de árbitros pode ser afetado pelo seu estado de fadiga física e mental, visto que, estes profissionais são expostos à alta demanda física, caracterizada com atividades sucessivas de alta intensidade, intercaladas com períodos de baixa intensidade (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021; HELSEN; BULTYNCK, 2004), e percorrem cerca de 7 a 11 Km de distância durante os jogos, com frequência cardíaca média de aproximadamente 85% da Fcmáx (KRUSTRUP *et al.*, 2009; HELSEN; BULTYNCK, 2004). Relativamente a demanda cognitiva, um árbitro profissional tem em média 137 decisões observáveis (falta, pênalti, sanções disciplinares) por partida (intervalo 104-162), além disso, se levarmos em consideração as decisões não observáveis, tomam de 3 a 4 decisões por minuto, e permanece aproximadamente 56,3% do tempo do jogo tomando decisões (HELSEN; BULTYNCK, 2004; MIYAMURA; SETO; KOBAYASHI, 1997). Por conseguinte, o número de decisões tomadas durante a partida é distribuído uniformemente, logo, isso parece indicar que a demanda cognitiva dos árbitros é exigente em todos os momentos do jogo, independente do seu nível de fadiga (MEERBEEK; GOOL; BOLLENS, 1987).

Nesse sentido, os estudos apresentam que o esforço físico e/ou demanda mental estão associados a diminuição da precisão da TD nos últimos 15 minutos de jogo (MALLO *et al.*, 2012; SAMUEL *et al.*, 2019). Diante desse contexto, apesar da fadiga física e mental parecer prejudicar o desempenho perceptivo-cognitivo de árbitros, poucos estudos têm sido realizados nesta área (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021). Referente a indicadores de carga interna e externa da tarefa física de árbitros durante os jogos, a revisão de escopo de BLOB *et al.* (2020) avaliou os efeitos carga física sobre desempenho da TD dos árbitros de diferentes esportes coletivos, e em relação aos árbitros de futebol, o estudo apresentou resultados inconclusivos e contrários. Não foram encontradas associações (positivas ou negativas) na distância total percorrida sobre a TD, por outro lado em relação a frequência cardíaca os resultados foram divergentes, alguns estudos apresentaram relação negativa da TD quando a FC estava acima de 85% da FCmáx, e outros não encontraram relação entre FC e TD. Contudo a maioria dos estudos utilizados pela revisão foram realizados em campo, durante os jogos, que apesar de apresentarem grande validade externa, exibem baixa validade interna, visto que a carga física imposta aos árbitros não pode ser controlada, dificultando identificar os

efeitos de diferentes intensidades de exercício sobre o desempenho. Com isso, buscando superar tal limitação, Senecal *et al.* (2021) avaliou o desempenho cognitivo de árbitros durante o exercício moderado e de alta intensidade, e mostrou efeitos benéficos do exercício em ambas as intensidades para o componente cognitivo, demonstrando assim que independente da intensidade do exercício físico (moderado; alta intensidade) o desempenho cognitivo de árbitros é melhorado.

Desse modo, a literatura parece estar com mais atenção nos efeitos da demanda física sobre o desempenho cognitivo de árbitros de futebol. No entanto, Senecal *et al.* (2021) sugerem que mais estudos de laboratório sejam realizados para investigar outros possíveis fatores influenciadores do desempenho cognitivo de árbitros, visto que fatores como a fadiga mental pode contribuir para o declínio do desempenho cognitivo. Da mesma forma, Samuel; Tenenbaum e Galily (2021) e Samuel *et al.* (2019) propõem a necessidade de estudos que avaliem a interferência do estado de cansaço mental de árbitros de futebol sobre fatores importantes, como o desempenho físico e cognitivo, pois a maioria dos estudos de laboratórios tem concentrado fortemente apenas na exigência física, e deixando de lado outros fatores influenciadores do desempenho de árbitros. Desta forma, torna-se relevante analisar como o desempenho cognitivo de árbitros de futebol é afetado durante esforço físico sob estado de fadiga mental.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fadiga mental

A fadiga mental (FM) diz respeito a um fenômeno psicofisiológico complexo que resulta em sensação de cansaço ou falta de energia após a exposição a tarefas que requerem esforço cognitivo de curta ou longa duração (GIBOIN; WOLFF, 2019; BROWN *et al.*, 2020). A FM, a depender de suas características, pode ser de traço, condição de longa duração ou de natureza crônica, e FM de estado que é uma condição temporária (SALIHU; HILL; JARBERZADEH, 2022; HABAY *et al.*, 2023). Em relação a FM de estado, indivíduos experimentam a FM por períodos transitórios, principalmente após perda aguda de sono, momento de estresse ou após esforço cognitivo exigente (SALIHU; HILL; JARBERZADEH, 2022). Como consequência, a FM de estado, mais especificamente após esforço cognitivo, tem demonstrado prejudicar o desempenho físico e cognitivo de indivíduos saudáveis, aumentando o risco de erro, diminuindo o controle cognitivo e reduzindo a função sensório-motora (HABAY *et al.*, 2021b).

A FM tem demonstrado prejudicar o desempenho relacionado ao esporte (PAGEUX *et al.*, 2018), como capacidade de resistência (MARTIN *et al.*, 2018), habilidades perceptivo-cognitivas (FORTES *et al.*, 2022) e componentes técnico táticos (COUTINHO *et al.*, 2018). A principal justificativa para este efeito prejudicial da FM no desempenho de resistência é a elevação da percepção subjetiva de esforço (MARTIN *et al.*, 2018; ROELANDS *et al.*, 2021). Este aumento na PSE parece estar relacionado a um aumento da adenosina no córtex cingulado anterior, uma das regiões cerebrais responsável pelo sistema de controle motivacional, importante pelo julgamento do custo-benefício de esforço recompensa da tarefa (MARTIN *et al.*, 2018; ROELANDS *et al.*, 2021; KOK, 2022). Em relação ao desempenho das habilidades perceptivo-cognitivas e técnicas/táticas, parece que este efeito está relacionado a uma mudança no foco de atenção para estímulos que não são relevantes ao objetivo da tarefa (LORIST; BOSKEM; RIDDERINKHOF, 2005; BOSKEM *et al.*, 2005), ou uma diminuição do foco atencional e uma consequente queda no processamento cognitivo (BOSKEM *et al.*, 2005). Muito provavelmente este efeito pode acontecer devido à FM afetar negativamente áreas cerebrais importantes para o controle cognitivo, principalmente relacionados a atenção como o córtex pré-frontal dorsolateral (KOK, 2022).

Nesse contexto, é importante a identificação das maneiras nas quais a FM se manifesta, que segundo Cutsem *et al.* (2017a), pode acontecer nos domínios fisiológicos, subjetivos ou comportamentais. Fisiologicamente, a FM pode ocorrer por meio de modificações na atividade cerebral, como diminuição na atividade do córtex pré-frontal dorsolateral, córtex cingulado anterior, área motora pré-suplementar (SALIHU; HILL; JARBERZADEH, 2022). Além disso, manifesta-se subjetivamente, caracterizada principalmente por aumentos na sensação de cansaço mental (FORTES *et al.*, 2020), elevação da percepção subjetiva de esforço (PENNA *et al.*, 2018; VENESS *et al.*, 2017), diminuição da motivação (BOSKEM; MEIJMAN; LORIST, 2005) e humor (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009). Por fim, a FM também se manifesta de maneira comportamental, prejudicando o desempenho cognitivo precisão/tempo de reação (BOSKEM; MEIJMAN; LORIST, 2005), atenção (BOSKEM; MEIJMAN; LORIST, 2005; GUO *et al.*, 2018) e aumentando o risco de erro (SLIMANI *et al.*, 2018).

Diante deste cenário, apesar destas manifestações da FM sobre o desempenho humano serem propostos na literatura, os mecanismos fisiológicos que produzem ou contribuem para o estado de FM do sujeito, parecem não estar claras na literatura, pois a maioria dos estudos que

tentam explicar os mecanismos da FM, apresentarem evidências indiretas e estão, na maior parte, apenas no campo teórico (HABAY *et al.*, 2023).

Como exemplo, o estudo de Kok (2022), propõem que o mecanismo fisiológico da FM está associado a dois sistemas de controle, cognitivo e motivado. Além disso, os neurotransmissores dopamina e serotonina podem influenciar as regiões cerebrais do controle cognitivo e motivado, e com isso contribuir para o estado de FM. Detalhando, o sistema de controle cognitivo é responsável por um conjunto de habilidades básicas como memória, atenção, ação, linguagem, além de controlar a atividade direcionada a objetivos. As regiões cerebrais responsáveis pelo controle cognitivo são córtex pré frontal dorsolateral; córtex parietal posterior; área motora suplementar; tálamo e córtex cingulado anterior dorsal; essas áreas parecem ser afetadas pelo estado de FM. Do mesmo modo, o sistema de controle motivado é responsável por coordenar o comportamento direcionado a alcançar objetivos desejados, e que apresentam regiões cerebrais importantes para o mecanismo da FM (córtex pré frontal ventro medial; córtex cingulado anterior; amígdala; córtex orbito frontal medial; insula anterior). Com isso, essas áreas do controle motivado e cognitivo estão densamente interconectadas e parecem formar uma “rede de fadiga”. Além disso, neurotransmissores como a dopamina e serotonina exercem um papel fundamental no mecanismo neural da FM, pois exercem importante influência nas áreas cerebrais relacionadas ao sistema de controle motivacional e cognitivo. Mais especificamente, enquanto a dopamina em nível ideal serve para proporcionar ativação para buscar recompensas, aumentando a motivação e proporcionando melhor desempenho cognitivo, a serotonina vai no sentido contrário, promovendo letargia ou fadiga, diminuindo a motivação e desempenho cognitivo. Nesse sentido, quando os sujeitos estão sob condição de FM, parece ocorrer um aumento da adenosina, que é um inibidor da atividade dopaminérgica, com isso reduz a atividade da dopamina em regiões importantes como para o controle cognitivo e motivacional (ROELANDS *et al.*, 2021).

2.2.1 Fadiga mental e desempenho físico

Em relação aos efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico Marcora (2009), demonstrou que a fadiga mental afetou negativamente o desempenho físico. A partir deste estudo seminal, as pesquisas de PAGEAUX *et al.* (2014), MACMAHON *et al.* (2014), SMITH *et al.* (2016a) e MARTIN *et al.* (2016) confirmaram estes resultados. Além disso, estes estudos de fato concordam que o fator chave para o prejuízo no desempenho físico subsequente é a percepção subjetiva de esforço quando os sujeitos estavam mentalmente fadigados (PAGEAUX *et al.*, 2014; MACMAHON *et al.*, 2014; SMITH *et al.*, 2016a; MARTIN *et al.*, 2016). Estes

estudos sugerem isso, pois esses estudos não identificaram alterações metabólicas, cardiorrespiratórios e neuromusculares quando os sujeitos são expostos à fadiga mental.

O efeito prejudicial da fadiga mental tem sido evidenciado em diversas modalidades esportivas, por exemplo Filipas (2019) e Martin (2016) instigaram os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico no ciclismo. O primeiro demonstrou que o desempenho dos atletas foi afetado negativamente na condição fadiga mental, pois foi observado menor potência e cadência do movimento durante o teste de contrarrelógio. O segundo estudo encontrou que os ciclistas recreacionais apresentaram uma potência média significativamente menor no teste de ciclismo de contrarrelógio, após à indução de fadiga mental, comparada à condição controle. É importante destacar que ambos os estudos não apresentaram diferenças na PSE durante o exercício, este não efeito pode estar associado a característica do teste de contrarrelógio, pois os participantes podem autocontrolar seu ritmo durante a tarefa física.

Do mesmo modo, Penna *et al.* (2018b) também analisaram o desempenho em teste de tempo, o estudo avaliou o desempenho físico de 16 nadadores jovens expostos a condição fadiga mental e controle. O principal resultado foi que a condição fadiga mental afetou negativamente o desempenho físico dos nadadores, visto que foi encontrado um tempo mais lento (1,2%) para completar o teste de tempo, além disso 12 dos 16 atletas de natação (75%), foram mais lentos para completar o teste de tempo.

Por fim, os efeitos prejudiciais da fadiga mental também têm sido evidenciados no desempenho físico de atletas de futebol (FILIPAS *et al.*, 2021; SMITH, 2016a). Por exemplo, Smith *et al.* (2016a) avaliaram os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho físico e técnico de 12 atletas recreacionais de futebol. Os resultados deste estudo indicaram um efeito prejudicial da condição FM, comparado à situação controle sobre a distância total percorrida, com prejuízo individual médio de $16,3\% \pm 5,1\%$, além disso, os 12 atletas apresentaram redução de desempenho na distância total percorrida na condição FM.

2.2.2 Fadiga mental e desempenho de habilidade perceptivo-cognitivas

Em relação ao sucesso esportivo, tem sido demonstrado que as habilidades dos atletas, na maioria das vezes são prejudicadas em períodos finais. Relativamente aos árbitros de futebol estes efeitos também têm sido encontrados, pois o desempenho da tomada de decisão tem sido menos eficiente nos 15 minutos finais (MALLO *et al.*, 2012; SAMUEL *et al.*, 2019; JOO; JEE, 2019). Este efeito prejudicial tem sido associado à fadiga física/mental (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021). Concernente à fadiga mental, está bem documentado que a

FM afeta negativamente o desempenho perceptivo-cognitivas devido a reduções na atenção e reações menos precisas, e com isso prejudicando as funções executivas (SUN *et al.*, 2021).

No que se refere ao desempenho o desempenho de habilidades perceptivo-cognitivas, a FM tem demonstrado afetar as habilidades de atletas em diversas modalidades (TRECROCI, 2020; FORTES *et al.*, 2021; VENESSES 2017). O estudo de Trecroci (2020) investigou o desempenho técnico e a tomada de decisão durante jogos de pequenos portes em atletas de futebol mentalmente fadigados. Os resultados mostraram que a tomada de decisão em passes negativos, na condição FM, foi consideravelmente maior comparado à condição controle, e a precisão de tomada de decisão dos dribles e dos passes, foram menos eficientes comparado à condição controle.

O estudo de Fortes *et al.* (2023) avaliou os efeitos da fadiga mental induzido por vídeo game e por uso de mídias sociais em aplicativos de smartphones, sobre o desempenho da tomada de decisão de boxeadores amadores. Os participantes foram avaliados por meio de uma simulação de combate. Os resultados evidenciaram que o desempenho de tomada de decisão em momentos de ataque e defesa foram piores após a indução de fadiga mental por uso de mídias sociais em smartphones e vídeo game, comparado a condição controle. Os autores justificaram este prejuízo sobre a tomada de decisão de boxeadores pode ser devido um prejuízo das funções executivas (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva), pois o controle inibitório durante a Teste Stroop, foi prejudicado.

Ainda sobre o desempenho de habilidades perceptivo-cognitivas, o estudo de Faro *et al.* (2022) investigou os efeitos da fadiga mental ocasionado por uso prolongado (60 minutos) de vídeo game baseado em esportes, sobre a habilidade visuomotora (habilidade percepto-cognitiva) de jogadores de basquete. Os resultados demonstraram que o uso prolongado de vídeo game gerou fadiga mental nas participantes, diferente da condição controle, e com isso, a condição FM diminuiu a precisão ~ 6,4% e aumentou o tempo de resposta visuomotora ~ 17,2%. na habilidade. Com isso, a FM prejudicou o desempenho visuomotor de jogadores de basquete. Este estudo também analisou a atividade cerebral do córtex pré-frontal por meio do eletroencefalograma, e identificou da banda teta no córtex pré-frontal. O estudo justifica o efeito prejudicial da FM na habilidade visuomotora devido ter alterações na atividade das estruturas cerebrais do sistema visuomotor, como o córtex pré-frontal que está associado a áreas visuais e parietais, importantes para a atenção visual e sinalização motora preparatória.

2.3 Funções executivas

A cognição pode ser conceituada como um conjunto de recursos mentais que influenciam a memória, percepção, ação e intelecto (DONNELLY *et al.*, 2016). Dentre estes recursos mentais, existem as funções executivas, de ordem superior, responsáveis por organizar, coordenar, selecionar e monitorar as ações voltadas a objetivos (BLAIR, 2017; GREEFF *et al.*, 2018). Mais além, as funções executivas, exercem grande influência para o desempenho das habilidades perceptivo-cognitivas, pois são essenciais quando uma pessoa precisa se concentrar e manter o foco atencional, e são responsáveis pelo gerenciamento voluntário de pensamentos, ações e emoções (KALÉN *et al.*, 2021; DIAMOND, 2013).

No ambiente esportivo, as FEs são primordiais para o desempenho, pois são fortemente associadas a uma diversidade de ações, como a capacidade de planejar movimentos subsequentes, iniciar e parar, monitorar e mudar o comportamento (SUN *et al.*, 2021; BRIMMELL; EDWARDS; VAUGHAN *et al.*, 2022). Além disso, as FEs são fundamentais em esportes de ambiente aberto, em que a prática possibilita constante mudança (por exemplo alteração do posicionamento dos jogadores), pois este fator torna a tarefa exigente com diversas imprevisibilidades e com a necessidade de novas adaptações para realização das ações (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019; VESTBERG *et al.*, 2017).

Quanto às FEs, há um consenso de que existem três domínios principais: controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (DIAMOND, 2013; MIYAKE *et al.*, 2000). Primeiramente, o controle inibitório significa ter a capacidade de selecionar estímulos relevantes e ignorar a atenção de estímulos não importantes, além disso, envolve ser capaz de inibir respostas comportamentais prepotentes, ou seja, necessita resistir a pensamentos ou memórias indesejadas naquele momento. A memória de trabalho, é a capacidade do sujeito de trabalhar com informações gravadas mentalmente de experiências ou momentos anteriores. Por fim, a flexibilidade cognitiva é a capacidade de alternar entre os domínios mentais anteriores (controle inibitório e memória de trabalho), ou seja, significa ter a capacidade de suprimir a perspectiva anterior e buscar, na memória de trabalho, uma perspectiva diferente (DIAMOND, 2013).

As FEs no ambiente esportivo são constantemente avaliadas por meio de tarefas de vídeo específicas da modalidade esportiva, ou por tarefas cognitivas de domínio geral (BRIMMELL; EDWARDS; VAUGHAN, 2022). De fato, a transferência destas medidas para o ambiente esportivo e a validade ecológica destas propostas tem sido questionadas, a primeira

devido à falta de feedback para as tarefas de vídeo, a outra por conta da baixa especificidade das tarefas cognitivas em relação a modalidade esportiva (BRIMMELL; EDWARDS; VAUGHAN, 2022). No entanto, essas medidas têm demonstrado importância para o desempenho esportivo, visto que pessoas com maior experiência esportiva, apresentam melhores desempenho das FEs, comparado com os de menor experiência. Além disso, a capacidade de inibição e flexibilidade cognitiva foi maior em jogadores da 1ª divisão comparado a jogadores de divisão inferiores (BRIMMELL; EDWARDS; VAUGHAN, 2022). Por fim, a capacidade de inibição foi positivamente correlacionada com o desempenho esportivo (BRIMMELL; EDWARDS; VAUGHAN, 2022).

No que se refere as FEs, a precisão e o tempo de resposta são métricas que avaliam o seu desempenho (CAMEROTA *et al.*, 2020). Porém, a maneira como essas medidas são utilizadas para avaliar o desempenho das FEs são diversas, alguns estudos combinam precisão e TR (BLAIR; RAVEN, 2014; LAKES, K. D. *et al.*, 2013), outros utilizaram apenas a precisão (DIAMOND *et al.*, 2007), ou só TR (URSACHE; RAVEN, 2014). De fato, a avaliação do desempenho das FEs tem sido constantemente determinada apenas pelo TR, devido as taxas de erros em tarefas cognitivas aceleradas serem raras (BAKUN *et al.*, 2020). Porém, parece que a combinação entre precisão e TR parece ser a melhor estratégia para a mensuração das funções executivas (BAKUN *et al.*, 2020). Os autores justificam que a integração TR e precisão para mensuração das FEs evita ignorar a troca velocidade-precisão, e com isso não se ter uma visão enganosa dos resultados.

2.3.1 Funções executivas e exercício físico

A respeito das funções executivas, estudos tem mostrado efeitos benéficos do exercício físico agudo sobre os três domínios das FEs, principalmente quando o exercício é realizado em intensidade moderada (PESCE *et al.*, 2007; RATTRAY *et al.*, 2016; PESCE *et al.*, 2003; CANTELON *et al.*, 2021). No entanto, outros estudos encontraram efeitos prejudiciais do exercício físico na precisão das funções executivas (DAVRANCHE; MCMORRIS, 2009; OLSON *et al.*, 2016). Estes resultados contraditórios, parece ser devido diversas variáveis moderadoras como a intensidade do exercício, a duração, o tipo de exercício, o domínio cognitivo avaliado, condicionamento físico do sujeito e o momento que o desempenho cognitivo é avaliado (durante, imediatamente após ou períodos após) (CANTELON *et al.*, 2021).

Em relação ao momento em que o desempenho cognitivo é avaliado, primeiramente existem evidências de que o cérebro atua de forma diferente durante o exercício físico e repouso (MC MORRIS, 2016). Essa diferença pode estar associada às alterações neurobiológicas que acontecem no cérebro, como por exemplo; aumento na temperatura, oxigenação e liberação de neurotransmissores (MC MORRIS, 2016; MC MORRIS, 2015). Além disso, estudos já comparam o desempenho das FEs em repouso e durante o exercício físico agudo (MCMORRIS; HALE, 2012; DAVRANCHE; HALL; MCMORRIS, 2009; WOHLWEND *et al.*, 2017). Em síntese, os estudos mostram que o desempenho das FEs durante o exercício, é melhorado, e este benefício está associado a um melhor tempo resposta (processamento cognitivo mais eficiente) (MCMORRIS; HALE, 2012; DAVRANCHE; HALL; MCMORRIS, 2009; WOHLWEND *et al.*, 2017).

Para evidenciar estes argumentos, Faria et al. (2021) avaliou se o desempenho das FEs, em repouso, prediz o desempenho das FEs durante o exercício. O estudo revelou que a avaliação em repouso prediz fracamente o desempenho das FEs durante o exercício, além disso, a concordância de classificação entre o repouso e exercício variou entre 25,0% e 31,7%. Estes resultados levaram os autores a afirmarem que o desempenho das FEs durante o exercício não é o mesmo do repouso. A possível explicação desta diferença do funcionamento executivo durante o exercício em relação o repouso são as alterações neurobiológicas que acontecem durante o exercício. Dentre estas modificações neurobiológicas, estão o aumento de catecolaminas que superam seu limiar durante o exercício físico agudo de intensidade moderada. Além disso, outra possível explicação é interação entre a individualidade biológica de cada sujeito com o exercício físico. O esforço físico promove respostas neurobiológicas diferentes comparadas ao estado de repouso, que pode produzir diferentes respostas relacionadas ao desempenho das FEs.

No que concerne ao momento em que o desempenho cognitivo é avaliado (durante, imediatamente após ou períodos após), revisões sistemáticas têm buscado sistematizar as evidências disponíveis nesse tema. Por exemplo, Chang *et al.* (2012) demonstrou que o exercício físico proporcionou melhorias nas FEs imediatamente após (realizado no período de 1 minutos após o exercício), e após um período de 11 a 20 minutos do término do exercício. Em relação a avaliação feita imediatamente após, o exercício moderado, foi mais eficiente para apresentar efeitos benéficos comparado ao exercício alta e baixa intensidade. Porém, o exercício de alta intensidade foi melhor em apresentar efeitos benéficos em períodos mais prolongados após o término exercício físico. Outro fator importante discutido pela revisão foi o efeito da duração

do exercício. Resumidamente, foi encontrado que o exercício com duração entre 11 e 20 minutos resultou em efeitos negativos no desempenho cognitivo. No entanto, o exercício por períodos maiores que 20 minutos resultou em efeitos positivos. Desta forma, parece que os efeitos benéficos são encontrados após pelo menos 20 minutos de exercício físico.

Já em relação ao desempenho simultâneo das FEs durante o exercício, a revisão sistemática de Zheng *et al.* (2021) demonstrou que o exercício de intensidade moderada foi mais eficiente ao apresentar melhoras, se comparada ao exercício de intensidade leve e vigorosa. Além disso, o exercício de intensidade vigorosa demonstrou ser mais propenso a apresentar efeitos prejudiciais nas FEs, comparado ao exercício de intensidade leve e moderada. Por fim, o estudo analisou a mudança temporal das FEs simultaneamente durante o exercício, e identificou que os resultados foram mistos, e com isso, demonstrou que o momento de avaliação das FEs durante o exercício não moderou significativamente os efeitos. Com isso, esses achados demonstram a importância de considerar o desempenho das FEs, simultaneamente com exercício físico, como dinâmico em exercícios prolongados.

Esta proposta vai de acordo com Schmit e Brisswalter (2020), que apresentaram uma teoria do desempenho das FEs durante o exercício prolongado em uma perspectiva neurocognitiva, baseada na fadiga. De acordo com os autores, o desempenho das FEs simultaneamente, ao exercício seria mais dinâmico do que estável (sendo influenciado negativamente e positivamente pelo exercício). O estudo sustenta o argumento de que qualquer intensidade de exercício físico pode prejudicar o desempenho do funcionamento executivo, e evidencia que o fator chave para o comprometimento das FEs, é a duração do exercício físico, pois os sujeitos têm dificuldade de se autocontrolar durante exercícios prolongados, com isso apresentam maiores propensões a decisões impulsivas, que está associado a um declínio das funções executivas. Os mecanismos para este efeito parecem estar relacionados às demandas físicas e de autocontrole que competem por processos cognitivos semelhantes. À medida que a duração do exercício físico aumenta, pensamentos relacionados ao exercício por meio de alterações em mecanismos aferentes e eferentes (dor, monitoramento da passada; foco na passada e na respiração), proporcionam prejuízos a capacidade do sujeito de manter a concentração intencional em pensamentos não relacionados ao exercício. A nível cerebral este efeito parece acontecer devido à nossa capacidade limitada de processamento de informações, visto que córtex pré-frontal e o córtex cingulado anterior desempenham papel importante para o gerenciamento de informações relacionadas ao exercício (dor, monitoramento da passada; foco na passada, na respiração), e do desempenho cognitivo (funções executivas).

Além da teoria de Schmit e Brisswalter (2020), várias teorias tentam explicar os efeitos do exercício físico agudo sobre as FEs. A teoria da excitação-desempenho propõe que o desempenho cognitivo é afetado em forma de *U* invertido. Os autores afirmam que este efeito acontece devido o exercício físico induzir aumentos na excitação fisiológica e na atividade das catecolaminas (dopamina e norepinefrina) (EASTERBROOK, 1959; YERKES, 1908; MCMORRIS, 2011; MCMORRIS; HALE, 2012). Nesse sentido, parece ocorrer uma excitação fisiológica, e na atividade das catecolaminas ideal durante exercício de intensidade moderada, logo essa faixa de intensidade seria mais benéfica que exercícios de alta e baixa intensidade (CANTELON *et al.*, 2021).

Outra teoria que tenta explicar os efeitos do exercício físico sobre o desempenho cognitivo (especificamente de ordem superior) é a Teoria da Hipofrontalidade Transitória (THT). A teoria apoia que durante o exercício, ocorre o recrutamento de vias sensoriais (por exemplo, córtex sensorial primário), assim como vias motoras (por exemplo, córtices motores primários e secundários, gânglios da base, cerebelo), e autonômicas (por exemplo, hipotálamo) em prejuízo de estruturas que contribuem para o processamento cognitivo de ordem superior, incluindo o córtex pré-frontal (DIETRICH, 2006). Essa teoria (THT) foi ampliada pelo mais novo modelo, que afirmou a capacidade do exercício de ativar o sistema associado à excitação, que promove melhora do desempenho cognitivo até certas intensidades de exercícios, momento em que o exercício desativa o córtex pré-frontal, levando a deficiências na função executiva (DIETRICH; AUDIFFREN, 2011).

2.3.2 Funções executivas e fadiga mental

Estudos tem mostrado que sujeitos expostos à FM, apresentam prejuízos nas habilidades cognitivas, principalmente nas que exigem os domínios das funções executivas, tais como: controle inibitório (SLIMANI *et al.*, 2018), memória de trabalho (PERGHER; VANBILSEN; HULLE, 2021) e flexibilidade cognitiva (PETRUO; MÜCKSCHEL; BESTE, 2018). Este efeito prejudicial parece estar associado a uma diminuição da capacidade de supressão de informações irrelevantes do ambiente (FABER; MAURITS; LORIST, 2012). O mecanismo por trás deste efeito tem sido debatido na literatura, ao que parece, o estado de fadiga mental ocasiona diminuição da atividade cerebral em algumas áreas que são fundamentais para o desempenho das funções executivas como, córtex cingulado anterior, córtex pré-frontal dorsolateral, córtex pré-motor dorsal e área motora pré-suplementar (SALIHU; HILL; JARBERZADEH, 2022).

2.4 Arbitragem de futebol

2.4.1 Desempenho de habilidades perceptivo-cognitivas de árbitros

Em relação aos árbitros de futebol estes são especialistas esportivos responsáveis por conduzir a partida de futebol tomando decisões de maneira imparcial para garantir a implementação das regras do jogo e consequentemente proteger a integridade física dos jogadores (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021). Referente a demanda cognitiva, um árbitro profissional tem em média 137 decisões observáveis (falta, pênalti, sanções disciplinares) por partida (HELSEN; BULTYNCK, 2004). Desta forma, a tomada de decisão é considerada pelos árbitros, a habilidade mais importante para o seu desempenho (MACMAHON *et al.*, 2007; SCHNYDER; HOSSNER, 2016; SLACK *et al.*, 2013). No entanto, a TD é muito complexa, e diversos fatores podem influenciá-la, como fatores contextuais (vantagem de casa, cor uniforme dos jogadores, altura dos infratores vocalização dos jogadores após incidentes de falta, agressividade de uma equipe) e pessoais (nível de especialização, atenção executiva, estresse, autocontrole, altura do árbitro, autoeficácia, habilidades perceptivas e visuais), nesse sentido, devido esta complexidade, os árbitros apresentam altas taxas de erros durante as partidas (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021). Desta forma, como dito anteriormente, o processo de tomada de decisão de árbitros de futebol é fortemente influenciado pelos domínios das funções executivas (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021).

Em relação as taxas de erros da tomada de decisão dos árbitros durante os jogos futebol, o estudo de Meerbeek, Gool e Bollens, (1987) demonstrou o desempenho dos árbitros na copa de 1996, durante os 16 jogos analisados, 17% das tomadas de decisões dos árbitros estavam incorretas. Além disso estudos tem mostrado que o desempenho da TD de árbitros é diminuído nos períodos finais (MALLO *et al.*, 2012; SAMUEL *et al.*, 2019; JOO; JEE, 2019). Apesar da alta complexidade da TD, devido muitos fatores terem o potencial de influenciar a TD, este efeito nos períodos finais parece estar associado a fadiga física/mental (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021). Este estado de fadiga pode influenciar o desempenho cognitivo negativamente, diminuindo a atenção e prejudicando a TD de árbitros de futebol (SAMUEL, 2015).

2.4.2 Árbitros de futebol e fadiga física

Em relação a fadiga física os árbitros de futebol são expostos a partidas competitivas que exigem de os árbitros percorrer aproximadamente 11 km, com atividades de alta intensidade variando de 4% a 18% da atividade de jogo, e chegam a ter frequência cardíaca média de 85%

da máxima. Desta forma, a fadiga física pode afetar a TD dos árbitros futebol, isto pode ser explicado devido a TD ser um processo perceptivo-cognitivo que são influenciadas pelo alto estresse físico (HELSEN; MACMAHON; SPITZ, 2019). Este fenômeno de alto estresse físico pode ocasionar uma liberação excessiva de dopamina e noradrenalina no córtex pré-frontal e com isso reduzir a atividade neuronal nesta região cerebral, esta elevação de noradrenalina ativa adrenoreceptores de menor afinidade, o que ocasiona redução do disparo neuronal no córtex pré-frontal, e conseqüentemente prejudicar atenção e o desempenho das funções executivas (ARNSTEN, 2009; SCHMIDT *et al.*, 2019).

Estudos que buscaram analisar o impacto da demanda física sobre o desempenho da tomada de decisão de árbitros de futebol encontram resultados contraditórios (BLOB *et al.*, 2020). O estudo de Carmona e Ortega (2016) avaliou a influência das demandas cinemáticas e fisiológicas sobre a tomada de decisão de árbitros de futebol. Os resultados revelaram que o aumento da distância percorrida não prejudicou a TD. No entanto, o estudo mostrou que os árbitros apresentaram prejuízos na tomada de decisão quando a frequência cardíaca estava acima de 85% da frequência cardíaca máxima. Por outro lado, o estudo de Mascarenhas *et al.* (2009), que também avaliou o impacto da demanda física sobre o desempenho de tomada de decisão de árbitros de futebol, não encontrou qualquer tipo de efeito prejudicial na tomada de decisão quando a frequência cardíaca permaneceu acima de 85% da frequência cardíaca máxima. Diante desses resultados contraditórios, a literatura tem buscado investigar o impacto da demanda física sobre a TD em laboratório, visto da dificuldade dos estudos em campo de padronizar a demanda física imposta aos árbitros (SAMUEL *et al.*, 2019; SENEAL *et al.*, 2021). Referente a estes estudos, não tem sido demonstrado efeito prejudicial da demanda física simulada imposta sobre o desempenho de árbitros de futebol, estes estudos relatam que a falta de informações contextuais (pressão da torcida e dos jogadores, nível da partida, fadiga mental) pode estar dificultando encontrar o potencial influenciador do desempenho de árbitros durante os jogos.

2.4.3 Árbitros de futebol e fadiga mental

Desta maneira a literatura referente a arbitragem de futebol, ressalta a importância de incluir em estudos de laboratório fatores contextuais, como a fadiga mental (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021; SENEAL *et al.*, 2021). Fadiga mental tem demonstrado afetar de modo prejudicial o desempenho de habilidades perceptivo-cognitivas de atletas, especificamente a tomada de decisão (SMITH *et al.*, 2016b; TRECROCI *et al.*, 2020; GANTOIS *et al.*, 2020; FORTES *et al.*, 2020). Este efeito da FM parece acontecer devido uma

diminuição da eficiência das funções executivas (BOSKEM, 2005; FABER; MAURITS; LORIST, 2012). Além disso, as FEs exercem um papel fundamental no processo de TD de árbitros de futebol (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021).

Em específico a arbitragem de futebol, que seja de nosso conhecimento, o único estudo que buscou analisar os efeitos de uma tarefa cognitiva sobre TD de árbitros de futebol foi a pesquisa de Englert, Dziuba e Schweizer, (2021), que investigou os efeitos de uma tarefa de esgotamento do ego (semelhante a fadiga mental) em participantes árbitros e não árbitros (jovens universitários), sobre a TD. O esgotamento do ego foi induzido por Teste Stroop, e os resultados deste estudo demonstraram que o esgotamento do ego não prejudicou a TD árbitros. Ou seja, os árbitros parecem não ser influenciado pela tarefa cognitiva em atividade de TD subsequente, isso pode estar associado a especialidade da categoria de árbitros de futebol, pois estes estão acostumados a tomar decisões sobre estado de fadiga física e mental (PIZZERA *et al.*, 2022; SENEAL *et al.*, 2021). No entanto, apesar destes resultados, este estudo apresentou algumas limitações, pois a amostra não era completamente composta por árbitros, além disso, o processo de tomada de decisão não foi realizado em conjunto com uma tarefa física que proporcionasse simular as exigências físicas durante o jogo de futebol.

3 OBJETIVO

O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da fadiga mental e de uma tarefa física de jogo simulado em árbitros de futebol, sobre a percepção subjetiva de esforço e o desempenho do tempo de resposta no teste de função executiva.

4 HIPOTESES

O presente estudo teve como hipótese que a fadiga mental em conjunto com a tarefa física promoveria maior percepção subjetiva de esforço, o que poderia prejudicar o desempenho das funções executivas dos árbitros de futebol.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A atual pesquisa trata-se de um estudo experimental, cruzado para o componente experimental. Este projeto foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa no Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará (CAAE 51224921.1.0000.0018).

5.1 Participantes

Foi calculado o tamanho amostral antes do recrutamento, usando o software G*Power (Versão 3.1.9.4, Universidade de Kiel, Kiel, Alemanha). Para as análises principais (TEMPO DE RESPOSTA, ANOVAs), foi usando $f = 0,62$ (GANTOIS *et al.*, 2020) para um grupo, duas condições experimentais, e dez medições em cada condição experimental, a análise revelou que 4 sujeitos seriam suficientes para encontrar diferenças significativas com um poder real 94,27%. Com isso, foram recrutados doze árbitros de futebol profissional a nível regional, da Federação Paraense de Futebol (FPF) (posição: árbitro central; sexo: masculino; idade $32 \pm 7,3$; altura (cm) $1,75 \pm 0,063$; massa corporal (kg) $85 \pm 13,32$; VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) $41,4 \pm 5,92$, predito pela equação $VO_{2max} = (15 \text{ ml} \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) \times FC_{max} / FC_{repouso}$, (UTH *et al.*, 2004). Foram adotados como critérios de inclusão, como: (a) ser árbitro profissional filiado a uma federação estadual de futebol, (b) estar atuando nos jogos da entidade (c) livre de qualquer quadro de lesões musculoesqueléticas por pelo menos 6 meses.

Além disso, foram considerados como critérios de exclusão: a) possuir qualquer condição que venha a se lesionar e impossibilite sua continuidade no estudo b) indivíduos que utilizem medicamentos cardiovasculares e / ou metabólicos d) fumante ou usuário de outros produtos do tabaco e) utilização de substâncias nutricionais ergogênicas que possam afetar o desempenho nos exercícios (f) ser daltônico. Foram selecionados apenas árbitros fisicamente ativos, com índice de massa corporal inferior a $35 \text{ kg} / \text{m}^2$, pois indivíduos obesos podem estar mais propensos a deficiências cognitivas (YANG *et al.*, 2018). Todos os participantes consentiram, por escrito, a participação no estudo após serem informados sobre o protocolo de estudo.

5.2 Delineamento experimental

Os participantes realizaram três visitas ao laboratório (familiarização, alta baixa e carga cognitiva), com intervalo de 1 semana entre as visitas, todas realizadas na mesma hora do dia

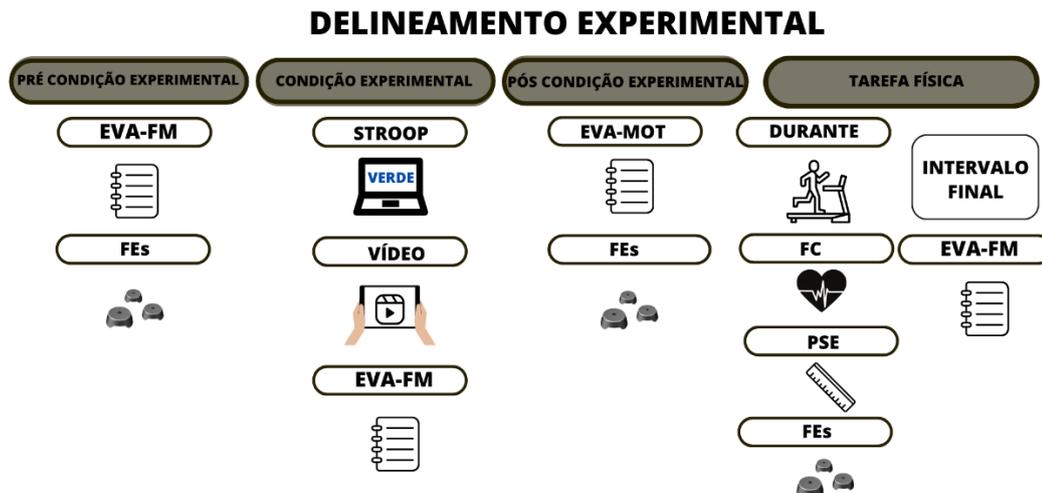
ou próximo ao horário, visto que o desempenho de FEs é modulado pelo ritmo circadiano (BRATZKE *et al.*, 2012). Os protocolos experimentais, foram realizados em sala fechada, climatizada e silenciosa no laboratório da Faculdade de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, na Universidade Federal do Pará (FFTO/UFPA). Antes das visitas, os participantes foram instruídos a dormir pelo menos 8h, não consumir álcool e cafeína, ingerir pelo menos 500ml de água no dia da coleta e evitar qualquer exercício vigoroso para as 24h anteriores às sessões experimentais. Por conseguinte, os participantes foram instruídos a evitar tarefas mentalmente exigentes no dia dos procedimentos experimentais. No início das visitas os participantes respondiam à um checklist, para garantir sua aptidão a realizar os procedimentos do estudo.

Na primeira visita ao laboratório, os participantes foram informados sobre os procedimentos da pesquisa, porém não foram informados sobre os objetivos da pesquisa, em seguida assinaram o termo consentimento livre e esclarecido (TCLE), e responderam ao Questionário de Prontidão para Atividade Física (THOMAS; READING; SHEPHARD, 1992). Além disso, os participantes foram submetidos a avaliações de medidas antropométricas; peso, altura e índice de massa corporal (IMC), logo em seguida realizaram teste progressivo na esteira, ambas para caracterização da amostra. Após as avaliações, os participantes realizaram familiarização aos protocolos experimentais Teste Stroop; teste de função executiva; escala de percepção de esforço; escala visual análoga de fadiga mental e motivação).

Na segunda e terceira visitas ao laboratório, os participantes foram submetidos às condições experimentais, que foram realizadas de forma cruzada; alta e baixa carga cognitiva. Na condição de alta carga cognitiva os participantes foram submetidos a Teste Stroop computadorizada, logo depois foram expostos à tarefa física de 90 minutos, divididos em dois tempos de 45 minutos, com intervalo de descanso de 15 minutos entre cada tempo (Figura 1).

No momento de baixa carga cognitiva, os participantes assistiram à um documentário de 30 minutos, em seguida foram submetidos à mesma tarefa física (Figura 1).

Figura 1: Delineamento experimental



Fonte: Autor

5.3 Procedimentos

5.3.1 Medidas antropométricas

Para caracterização da amostra, foram mensuradas estatura e massa corporal. A avaliação da estatura (cm) foi realizada por um estadiômetro Wison (Florianópolis, SC, Brasil), enquanto a massa corporal (kg) foi mesurada por uma balança digital (Toledo, São Bernardo do Campo, Brasil).

5.3.2 Teste progressivo na esteira

O teste progressivo para caracterização da amostra dos participantes foi realizado em esteira ergométrica (Movement Manaus, Brasil). O protocolo foi o proposto por HECK et al. (1985), que consiste em um aquecimento de 5 minutos a 4 km/h sem inclinação. O teste tem início à uma velocidade de 8km/h e aumentos de 1,2 km/h a cada 3 minutos. O teste foi interrompido quando os participantes solicitavam por não conseguir acompanhar a velocidade estimada pela esteira ergométrica. Durante o teste foram mensuradas as frequências cardíacas e percepção de esforço dos participantes. A frequência cardíaca de quando o teste era interrompido pelos participantes foi considerada como frequência cardíaca máxima (FCmax). Antes do início do teste a frequência cardíaca de repouso (FCrepouso) foi avaliada durante 5 minutos.

5.3.3 Condição alta carga cognitiva

Para a condição de alta carga cognitiva foi utilizada o Teste Stroop computadorizada, que já demonstrou induzir um estado de fadiga mental (HABAY *et al.*, 2021a; FILIPAS *et al.*,

2021). O protocolo dispõe de quatro palavras (vermelho, azul, verde, amarelo), em que estímulos são mostrados ao participante de forma aleatória na tela do computador, com velocidade de 1500ms. Os participantes deveriam responder clicando em umas das 4 teclas do computador, na cor correspondente a do estímulo apresentado na tela do computador, ou seja, seu foco atencional deveria estar na cor do estímulo (vermelho, azul, verde e amarelo), em vez do significado das palavras. Por exemplo, se a palavra "vermelho" foi mostrada em cor azul, a resposta correta seria "azul". Os participantes foram instruídos a responder da forma mais rápida e precisa possível, e foram familiarizados com o Teste Stroop computadorizada durante a primeira visita.

Estudos tem demonstrado que tarefas cognitivas individualizadas têm sido mais eficientes em induzir um estado de fadiga mental em participantes (KEEFFE; HODDER; LLOYD, 2020; DALLAWAY; LUCAS; RING, 2022). Com isso, para individualizar a demanda cognitiva, a percepção subjetiva de fadiga mental de cada participante durante a tarefa cognitiva foi individualizada. Dessa forma a Teste Stroop foi realizada em blocos de 10 minutos, logo após cada bloco, os participantes deveriam relatar sua percepção de fadiga mental na VAS-FM. A tarefa cognitiva era interrompida quando os participantes atingissem, no mínimo, o ponto 60mm na VAS-FM. O participante não era informado sobre esses procedimentos.

5.3.4 Baixa carga cognitiva

Para a condição de baixa carga cognitiva, os participantes foram expostos a assistir um vídeo emocionalmente neutro de 30 minutos, assistir vídeos emocionalmente neutro tem sido um procedimento comum em estudos de FM, como manipulação de baixa carga cognitiva (HABAY *et al.*, 2021a; PENNA, 2018). O documentário trata sobre a história da aviação mundial. A cada bloco de 10 minutos de vídeo, os participantes foram solicitados a relatar sua percepção de fadiga mental na VAS-FM.

5.3.5 Escala visual análoga de fadiga mental e motivação

Para avaliação do estado de fadiga mental e motivação dos participantes, foi utilizada a escala visual análoga subjetiva de fadiga mental e motivação, validada (LEE; HICKS; NINO-MURCIA, 1991), aplicada em estudos recentes (HABAY *et al.*, 2021a; FILIPAS *et al.*, 2021) e considerada medida mais sensível para avaliar o estado de fadiga mental (SMITH *et al.*, 2019). A escala possui uma distância de 100 milímetros (mm), sendo que as extremidades têm as classificações pelas palavras “de forma alguma” e “máxima”. Os participantes foram instruídos

a marcar na escala o quão “se sentem fadigados mentalmente” (Escala visual análoga de FM – EVA-FM) e “quão se sentem motivados para a atividade a seguir” (Escala visual análoga de Motivação – EVA-MOT). A distância da extremidade esquerda da linha até o ponto que o participante marcou, foi mensurada em milímetros, sendo que esta distância foi transformada em unidades arbitrárias, ou seja, 100 mm equivale a 100 unidades arbitrárias. A EVA-FM foi mensurada em pré e pós protocolo de alta e baixa carga cognitiva, no intervalo e no final da tarefa física, enquanto a EVA-MOT foi avaliada após protocolo de alta e baixa carga cognitiva (Figura 1).

5.3.6 Escala de percepção subjetiva de esforço

A percepção de esforço foi avaliada por meio da escala de Borg, nos minutos 5, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 da tarefa física (Figura 1). A escala varia de 6 a 20, sendo dividida em sete subconjuntos, listados a seguir, conforme foi proposto pelo protocolo: sem nenhum esforço (6-8), extremamente leve (9-10), leve (11-12), um pouco intenso (13-14), intenso (15-16), muito intenso (17-18) e máximo esforço (19-20) (BORG, 1998).

5.3.7 Frequência cardíaca

Para a avaliação da frequência cardíaca, foram coletados dados de um cardiofrequencímetro (Fitcenter). Os dados de FC foram exportados para o Software Polar Precision Performance (Polar Electro Oy). E os registros de FC foram mensurados apenas durante a tarefa física (Figura 1).

5.3.8 Teste de função executiva

Para avaliação das funções executivas, foi realizado teste que avalia o controle inibitório, com a utilização de Blazepods, ferramenta validada para avaliar o tempo de resposta (OLIVEIRA, *et al.*, 2021). Além disso, essa ferramenta tem sido utilizada em estudos recentes para avaliar o desempenho visuomotor de atletas (FORTES *et al.*, 2022; FARO *et al.*, 2022; HABAY *et al.*, 2021a). O teste foi formado por 4 pods, em que apareciam quatro estímulos de cores simultaneamente (verde, azul, amarelo e vermelho), os participantes deveriam reagir, tocando no pod quando este aparecia na cor verde, e deveriam ignorar as outras cores azul, amarelo e vermelho. Este teste teve duração de 2 minutos, e para avaliar o desempenho, foi mensurado o tempo de resposta (TR) dos participantes, visto que o TR tem sido uma métrica para pontuar o desempenho das funções executivas (CAMEROTA *et al.*, 2020).

Figura 2: Montagem do teste de função executiva na esteira



Fonte: Autor

5.3.9 Tarefa física

As categorias de movimento da tarefa física neste estudo, refletem o perfil da demanda física dos árbitros durante partidas de futebol. Com base em estudos, as categorias de movimentos realizadas são; (a) parado, velocidade 0 km/h (b) caminhando, 6 km/h (c) corrida, 8 km/h (d) trotando, 12 km/h (e) corrida de velocidade moderada (CVM), 14km/h (f) corrida de alta velocidade (CAV) 16km/h, com a frequência, duração e distância de cada ocorrência refletindo a literatura (KRUSTRUP, MOHR; BANGSBO, 2002; KRUSTRUP, 2001). Levando em consideração que mudar a velocidade na esteira a cada poucos segundos, as durações das ocorrências resultaram em uma mudança de atividade a cada 9, 23, 24, 45 e 166 segundos. A taxa de aceleração e desaceleração foi programada entre cada mudança de atividade, definida em $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. As alterações nas atividades foram comunicadas aos participantes por meio verbal, realizada por um voluntário que ficou responsável por controlar o tempo em cada atividade.

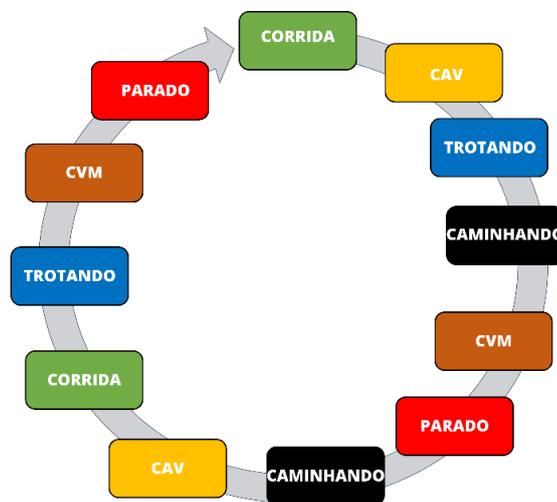
Tabela 1: Descrição da tarefa física por tempo.

CATEGORIAS DE MOVIMENTO	VELOCIDADE (km/h)	TEMPO (s)	REPETIÇÕES	DISTÂNCIA PERCORRIDA POR REPETIÇÃO (m)	DISTÂNCIA TOTAL (m)
PARADO	0		10	0	0
CAMINHANDO	6	166	10	190	1900
CORRIDA	8	45	10	100	1000
TROTANDO	12	24	10	80	800
CVM	14	23	10	50	500
CAV	16	9	10	29	290

Fonte: Autor

Além disso, a tarefa de arbitrar uma partida de futebol envolve uma atividade física intermitente, que apresenta alternância da intensidade do esforço de acordo com o momento do jogo, e com isso, realizamos uma tarefa em forma circuito, que envolveu as categorias de movimentos padronizadas supracitadas. Nesse sentido, os árbitros foram submetidos a um circuito de característica intermitente, dividido em dois tempos de 45 minutos, com intervalo de 15 minutos. O circuito se deu na seguinte forma e ordem, em cada tempo: corrida, CAV, trotando, caminhando, CVM, parado, caminhando, CAV, corrida, trotando, CVM, parado (Figura 3).

Figura 3: Circuito da tarefa Física



Fonte: Autor

5.4 Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. Um teste t de student pareado foi feito para comparar os dados médios, coletados em um único ponto entre os ensaios experimentais (EVA-MOT). As ANOVAs de duas vias, com medidas repetidas, foram utilizadas para comparar os dados entre as condições experimentais, em diferentes momentos, por exemplo; pré, intervalo e final para a (EVA-FM); pré, pós, minutos 5, 15, 30,45,50,60,75,90 da tarefa física para (FE - tempo de resposta), e minutos 5, 15, 30,45,60,75,90 da tarefa física para (PSE e FC). Também foram realizados testes post hoc de Sidak, quando apropriado. Além disso, o tamanho do efeito (ES) e o quadrado parcial (η^2), foi utilizado para avaliar a magnitude da diferença entre as condições experimentais, de acordo com os pontos a seguir (COHEN, 1992). Efeito pequeno, $\eta^2 < 0,03$; efeito moderado, $0,03 \leq \eta^2 < 0,10$; efeito grande, $0,10 \leq \eta^2 < 0,20$; muito grande, $\eta^2 \geq 0,20$. Todos os resultados são apresentados como média e desvio padrão, o nível de significância especificado, foi de $p \leq$

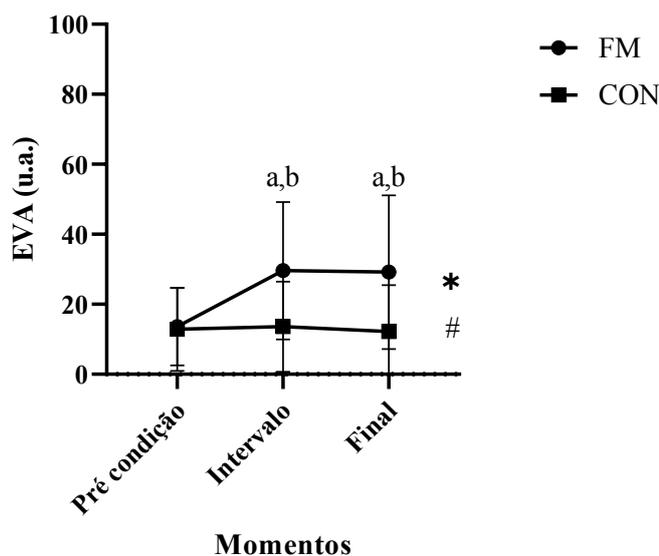
0,05. As tabelas foram construídas no Excel. Todos os gráficos foram produzidos no software GraphPad prism 9.0 2023. Todas as análises foram realizadas no software estatístico SPSS 2.0 2020.

6 RESULTADOS

6.1 Percepção subjetiva de fadiga mental

Foi revelada interação de tempo*condição ($F(1,113, 22) = 5,564, p = 0,032$). As comparações post hoc não apresentaram diferença no momento pré-condição experimental ($p = 0,859$; CI 95% = -9,821 8,321), por outro lado, a percepção subjetiva de fadiga mental foi maior no intervalo ($p = 0,007$; CI 95% = 5,293 26,707) e final ($p = 0,010$; CI 95% = 5,039 28,961) da tarefa física na condição alta carga cognitiva, comparada aos mesmos momentos condição de baixa carga cognitiva. As percepções de fadiga mental na condição de alta carga cognitiva no intervalo ($p = 0,023$; CI 95% = 2,149 29,851) e final ($p = 0,049$; CI 95% = 0,091 31,076) da tarefa física, foram superiores ao seu momento pré-condição experimental. A condição baixa carga cognitiva não apresentou diferenças entre os seus momentos pré-condição experimentais para o intervalo ($p = 0,998$; CI 95% = -12,938 11,438) e final da tarefa física ($p = 0,998$; CI 95% = -11,823 13,156) (Figura 4).

Figura 4: Percepção subjetiva de fadiga mental



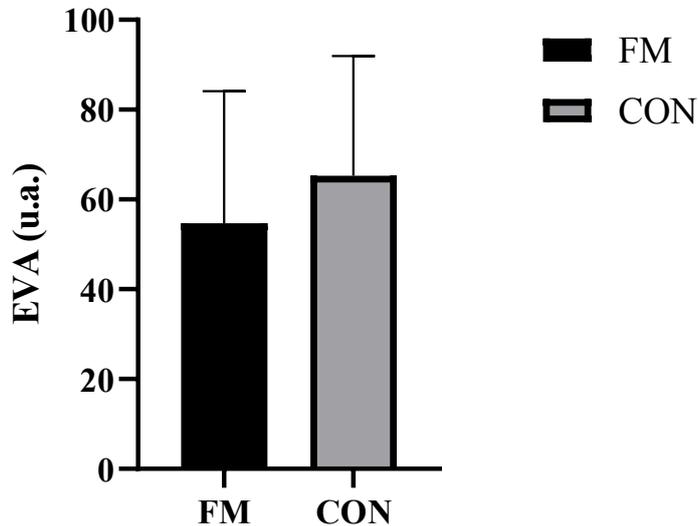
Fonte: Autor

Notas: a demonstra efeito das comparações pós hoc entre os momentos; b demonstra efeito das comparações pós hoc do intervalo e final na condição FM, com os momentos pré. O # demonstra efeito principal de tempo. O * apresenta efeito de condição.

6.2 Motivação

A motivação não apresentou diferença entre as condições ($p = 0,17$) (Figura 5).

Figura 5: Resultados de percepção subjetiva de motivação

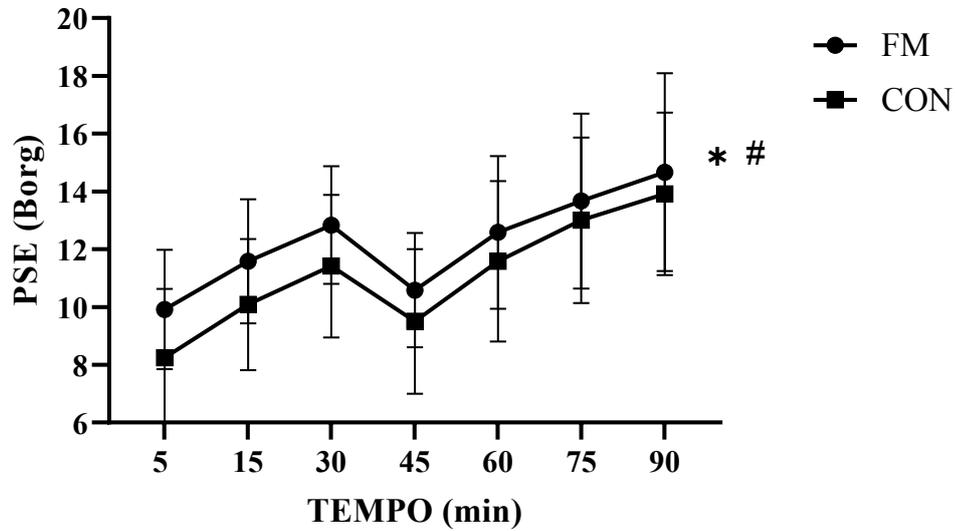


Fonte: Autor

6.3 Percepção subjetiva de esforço

Com relação à percepção subjetiva de esforço durante a tarefa física, foram revelados efeitos de condição ($F(1, 11) = 7,684$; $p = 0,018$; $\eta^2 = 0,411$), ou seja, os participantes na condição de alta carga cognitiva apresentaram maiores percepções de esforço, comparada à condição baixa carga cognitiva. Por fim, também foi identificado efeito de tempo ($F(1,553, 66) = 16,493$; $p = 0,00$; $\eta^2 = 0,6$), ou seja, a PSE aumentou ao longo da duração da tarefa física (Figura 6).

Figura 6: Percepção subjetiva de esforço durante a tarefa física simulada para árbitros de futebol.



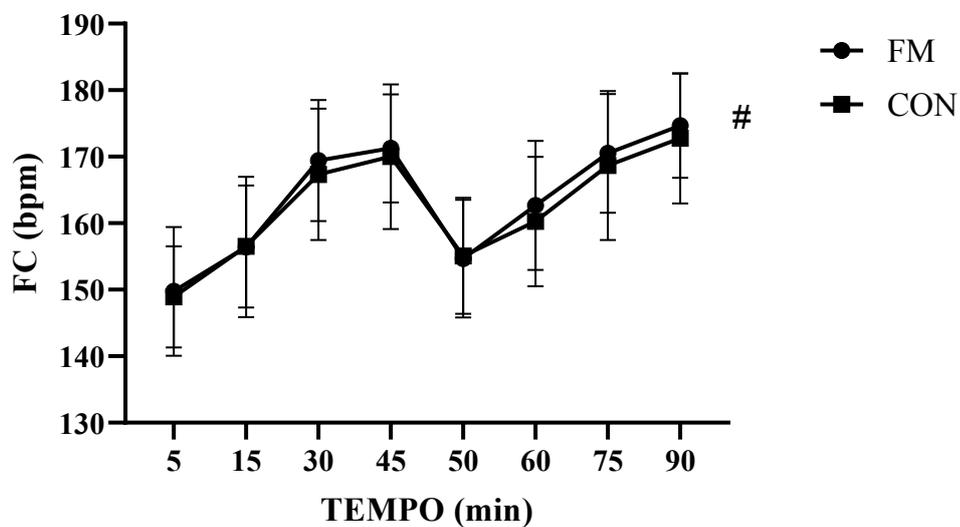
Fonte: Autor

Notas: * apresenta efeitos de condição. # demonstra efeito principal de tempo.

6.4 Frequência cardíaca

Não foram encontradas interações de tempo*condição ($F(2,516, 77) = 0,683$ $p = 0,546$). Por fim, foi encontrado apenas efeito de tempo ($F(7, 77) = 130,501$; $p = 0,00$), ou seja, a FC aumentou ao longo da tarefa física (Figura 7).

Figura 7: Respostas da frequência cardíaca durante a tarefa física simulada para árbitros de futebol.



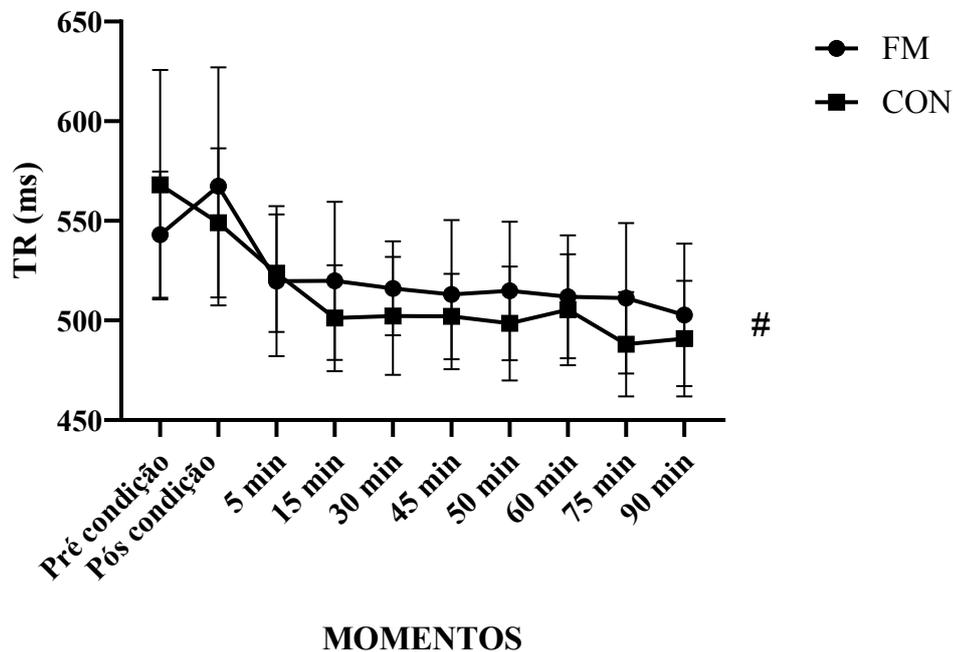
Fonte: Autor

Notas: # demonstra efeito principal de tempo.

6.5 Teste de função executiva

Não foram encontradas interações de tempo*condição ($F(2,942, 99) = 1,689$; $p = 0,189$; $\eta^2 = 0,133$). Foi encontrado apenas efeito principal de tempo no TR dos participantes ($F(9, 99) = 21,072$; $p = 0,00$; $\eta^2 = 0,657$), ou seja, o TR foi melhorado ao longo da duração da tarefa física (Figura 8).

Figura 8: Desempenho das funções executivas



Fonte: Autor

Notas: # demonstra efeito principal de tempo.

7 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar se uma tarefa com uma sobrecarga cognitiva individualizada (stroop computadorizada), ocasionaria maior percepção do estado de fadiga mental, maior percepção subjetiva de esforço, e conseqüentemente causar prejuízo no tempo de resposta, no teste de função executiva, durante uma tarefa física simulada com árbitros de futebol. Os resultados do estudo confirmam parcialmente nossa hipótese, que a fadiga mental em conjunto com a tarefa física promoveria alterações nas variáveis perceptivas (EVA-FM e PSE), e com isso prejudicaria o desempenho cognitivo (funções executivas), dos árbitros de futebol. De fato, a tarefa com sobrecarga cognitiva individualizada foi eficaz para aumentar

percepção do estado de fadiga mental durante todo o protocolo da tarefa física na condição de alta carga cognitiva, e promover maior percepção subjetiva de esforço, no entanto, a fadiga mental não influenciou negativamente o desempenho das funções executivas.

Inicialmente, é importante ressaltar que a tarefa cognitiva individualizada foi eficiente em induzir um estado de fadiga mental, pois ela aumentou significativamente a percepção subjetiva de fadiga mental na escala visual análoga, que tem sido a medida mais sensível para avaliar o estado de fadiga mental (SMITH *et al.*, 2019). Diante disso, a FM foi causada por demandas cognitivas, e uma provável justificativa para o aumento da percepção subjetiva de fadiga mental, foi o aumento do tempo de cada sujeito na tarefa cognitiva, até atingir o critério estabelecido de percepção subjetiva de fadiga mental na EVA. De acordo com a literatura, a duração da carga mental é um fator importante para induzir com sucesso a fadiga mental (VAN CUTSEN *et al.*, 2017a; CUTSEM *et al.*, 2017b). Além disso, os resultados mostram que 41,6% dos participantes interromperam a Teste Stroop em 30 minutos, isso parece ir de acordo com a literatura, pois sugere que 30 minutos de carga cognitiva é suficiente para resultar um estado de fadiga mental (VAN CUTSEN *et al.*, 2017a; CUTSEM *et al.*, 2017b). Também foi revelado que 41,6%, dos participantes precisaram de uma duração maior que 30 minutos de tarefa cognitiva para sentirem-se mentalmente fadigados. Este resultado é importante pois a maioria dos estudos relacionado a FM, estabelecem um tempo padrão para os participantes realizarem a tarefa cognitiva para induzir FM, e fazem com que os participantes iniciem a tarefa subsequente com percepções de fadiga mental diferentes. Em nosso estudo optamos por individualizar a percepção subjetiva de fadiga mental, e essa escolha se mostrou eficiente para induzir FM. Por último, os achados também indicam que a demanda cognitiva com duração de menos de 20 minutos não foi eficiente em promover fadiga mental, pois apenas 2 participantes sentiram-se mentalmente fadigados e interromperam a Teste Stroop.

Ainda sobre a percepção subjetiva de fadiga mental, nossa proposta de sobrecarga cognitiva individualizada fez com que os participantes apresentassem maiores percepções de FM na EVA durante toda a tarefa física. Ou seja, os árbitros sentiram-se mais cansados mentalmente durante a tarefa física após a indução de fadiga mental. Portanto, destaca-se que é importante os árbitros evitarem qualquer tipo de atividade cognitiva exigente antes dos jogos, pois nossos resultados mostraram maiores percepção de FM após atividade cognitiva exigente durante uma tarefa física simulada para árbitros de futebol. Outra variável importante avaliada foi a motivação, que apesar dos sujeitos apresentarem estar mentalmente fadigados, a motivação avaliada pela EVA antes da tarefa física, não diferiu significativamente entre as duas condições

experimentais, com isso, os resultados deste estudo não foram influenciados pelos níveis de motivação, visto que a motivação tem a capacidade, até mesmo, de reverter os efeitos prejudiciais da fadiga mental (BOKSEM; MEIJMAN; LORIST, 2006).

Em relação a percepção subjetiva de esforço, os resultados deste estudo apresentam efeitos de condição, pois a PSE foi maior na condição de alta carga cognitiva comparada à baixa carga cognitiva. Este resultado parece ocorrer devido o esforço mental induzir um aumento de adenosina cerebral, com isso inibi e/ou diminui a atividade de neurotransmissores dopaminérgicos em regiões cerebrais importantes para a regulação e percepção do esforço, como córtex cingulado anterior (MARTIN, 2018). Nesse sentido, este resultado vai de acordo com estudos anteriores, que encontraram maiores aumentos na PSE quando os sujeitos são expostos a tarefas físicas, mentalmente fadigados (PAGEAUX *et al.*, 2014; SMITH *et al.*, 2016a; MARTIN *et al.*, 2016). Por fim, a literatura demonstra que a percepção subjetiva de esforço de árbitros de futebol, durante tarefa física simulada, é moderadamente correlacionada com exaustão mental, ou seja, quanto maior a percepção subjetiva de cansaço mental, maior é a percepção subjetiva de esforço de árbitros (SAMUEL, 2019). Argumentos estes se assemelham com nossos resultados, pois os árbitros com maior percepção de fadiga mental durante a tarefa física simulada, apresentaram maiores percepções de esforço.

Sobre o único marcador fisiológico analisado neste estudo, foi possível identificar que a frequência cardíaca se comportou de maneira semelhante em ambas as condições experimentais, e apresentou apenas efeito significativo de tempo. Este resultado parece corroborar com a literatura pois estudos não tem encontrado efeitos da fadiga mental sobre a frequência cardíaca em tarefa física subsequente (PAGEAUX *et al.*, 2014; MACMAHON *et al.*, 2014; SMITH *et al.*, 2016a; MARTIN *et al.*, 2016). É importante destacar que a tarefa física simulada para árbitros deste estudo, proporcionou respostas fisiológicas semelhantes a uma tarefa física validade que simula a tarefa física de árbitros de futebol em esteira motorizada (MCEWAN *et al.*, 2023). Os resultados do presente estudo revelaram uma frequência cardíaca média de 76% da frequência cárdica máxima, enquanto durante a tarefa física validada para árbitros de futebol, a frequência cardíaca média foi 79% da frequência cárdica máxima. Alguns fatores podem explicar por que a FC média, neste estudo, foi levemente inferior. Primeiramente a duração da categoria de movimento parado “período de descanso” foi maior em nossa pesquisa, outro fator que pode ter contribuído, foi a velocidade máxima utilizada em nosso estudo, que foi menor. Além disso, a tarefa física deste estudo também apresentou respostas fisiológicas, aproximadamente semelhantes aos jogos de futebol, pois a frequência cárdica

média de árbitros varia de 87.5% a 90.4% da frequência cardíaca máxima (SILVA *et al.*, 2022). O fato de a frequência cardíaca ser baixa pode ser explicado devido duas categorias de movimento precisarem ser excluídas da tarefa física, por conta da impossibilidade de realizar corrida lateral e corrida de costas na esteira motorizada, que são muito utilizadas durante os jogos. Outros fatores foram as movimentações com mudança de direção, aceleração e desaceleração bruscas e rápidas, que não puderam ser realizadas (BEATO; DRUST, 2021). E por fim, à falta de informações contextuais que só é possível durante os jogos de futebol, como pressão psicológica dos jogadores, comissão técnica e torcida, pode ter contribuído para uma frequência cardíaca menor.

A fadiga mental não influenciou negativamente o desempenho da função executiva (controle inibitório), estes resultados contrariam os achados anteriores, pois a fadiga mental tem sido associada a um comprometimento do desempenho cognitivo, principalmente as tarefas que exigem domínio das funções executivas (SLIMANI *et al.*, 2018; PERGHER; VANBILSEN; HULLE, 2021; PETRUO; MÜCKSCHEL; BESTE, 2018). Por outro lado, a possível explicação para o não efeito deletério da fadiga mental sobre o desempenho das funções executivas, é o efeito benéfico da tarefa física sobre essas funções, pois já foi demonstrado que o exercício físico aumenta a ativação neural cerebral que, por sua vez, resulta em melhor desempenho cognitivo (OGOHO *et al.*, 2014). Desta maneira, enquanto a fadiga mental pode ocasionar prejuízos no desempenho das funções executivas, o exercício físico vai no sentido contrário, e proporciona melhoras nas FEs, com isso nosso resultado não apresentou diferenças significativas.

Indo além, a intensidade do exercício parece moderar o desempenho das FEs simultaneamente ao exercício, e a intensidade moderada parece ser a mais eficiente em melhorar as FEs (ZHENG *et al.*, 2021). Deste forma, a faixa de intensidade da tarefa física simulada foi essencial para os resultados de melhoras no tempo de resposta ao longo do tempo da tarefa física em ambas as condições experimentais, pois de acordo com as categorias de intensidade, utilizadas pelos critérios das diretrizes do American College of Sports Medicine para prescrição de testes e exercícios, as intensidades entre 64% \geq 76% da frequência cardíaca máxima são consideradas como exercícios moderados, e essa faixa de intensidade tem sido associado a promover melhoras no tempo de resposta das funções executivas de modo agudo, especificamente do controle inibitório (CANTELON *et al.*, 2021). Este aprimoramento parece estar relacionado a alterações no sistema cíngulo frontal, importante quando o sujeito precisa identificar e selecionar uma resposta para a tarefa (identificação de cores), e no fluxo

processamento visual frontal, essencial para a inibição de tarefas ou estímulos irrelevantes (HARRISON *et al.*, 2005). Por último, alguns estudos que também combinaram a fadiga mental com algum tipo de prática de exercício físico, não encontram efeitos negativos sobre o desempenho cognitivo (MORALES *et al.*, 2022; VRIJKOTTE *et al.*, 2018; VENESS *et al.*, 2017).

Com isso, os resultados deste estudo evidenciam que os árbitros de futebol não apresentaram desempenho das funções executivas prejudicado, durante a tarefa física, após serem expostos à fadiga mental. Este não efeito prejudicial também pode ser explicado devido a população de árbitros ser especializada, visto que estes estão habituados a tomar decisões durante a realização de exercício físico, e com alto estresse psicológico (PIZZERA *et al.*, 2022; SENEAL *et al.*, 2021). Este resultado parece concordar com a literatura, pois o estudo de Senecal *et al.* (2021) também não encontrou efeitos prejudiciais do exercício físico moderado e de alta intensidade, sobre a performance cognitiva de árbitros. Os autores justificaram que estes resultados podem ser devidos os árbitros de futebol serem experientes em tomar decisões sob fadiga física, e com isso adotam estratégias de atenção autoimposta em momentos de fadiga, e desta maneira mantem seus desempenhos em níveis aceitáveis, por fim os autores argumentaram que devido o estudo ter analisado apenas o impacto da carga física sobre o desempenho cognitivo, o possível efeito prejudicial poderia estar relacionado a outros fatores como, reações da torcida e dos jogadores, a importância do jogo, bem como a fadiga mental. Com isso, fatores como especialização dos árbitros (capacidade de tomar decisões rápidas e precisas em ambiente de fadiga física e mental) e a intensidade da tarefa (exercício moderado), eficiente para melhorar o TR do controle inibitório, podem explicar os não efeitos prejudiciais da FM sobre as funções executivas de árbitros de futebol durante a tarefa física.

Por fim, que seja de nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que analisou os efeitos combinados da carga física e cognitiva individualizada, sobre o desempenho cognitivo de árbitros de futebol. Importante ressaltar que os árbitros de futebol enfrentam cargas físicas e cognitivas ao mesmo tempo durante os jogos, desta forma, analisar como o desempenho cognitivo é afetado pela fadiga ocasionada por esforço físico e mental combinados, torna-se relevante (SAMUEL; TENENBAUM; GALILY, 2021; SENEAL *et al.*, 2021). No entanto, poucos estudos investigaram a combinação do esforço físico e mental sobre o desempenho de habilidades perceptivo-cognitivas relacionado ao esporte (DONG *et al.*, 2022). Além disso, apenas alguns estudos tentaram investigar os efeitos da carga física e cognitiva conjuntamente, sobre o desempenho de habilidades perceptivo-cognitivas no esporte, sendo a maioria dessas

pesquisas realizadas em campo, que possuem limitações por serem imprevisíveis e descontrolados, devido as diferenças individuais na carga física e cognitiva (DONG *et al.*, 2022). Isso também é um cenário da arbitragem de futebol, pois a maioria dos estudos analisaram os efeitos da fadiga em campo, durante os jogos, e com isso apresentaram resultados inconclusivos e contraditórios sobre o desempenho das habilidades perceptivo-cognitivas dos árbitros de futebol (BLOB *et al.*, 2020). Diante deste cenário, os estudos de laboratório, com maior validade interna ganham um papel fundamental para controlar as cargas físicas e cognitivas (BLOB *et al.*, 2020). Em relação a arbitragem de futebol, os estudos em laboratórios, com maior validade interna, mostraram que o desempenho cognitivo de árbitros não foi afetado negativamente pelo exercício físico de intensidade moderada e de alta intensidade (SENECAL *et al.*, 2021), nem pelo esgotamento do ego (semelhante a fadiga mental) em participantes árbitros e não árbitros (ENGLERT; DZIUBA E SCHWEIZER, 2021). Por último, o atual estudo demonstra novos achados para a literatura, pois a combinação da carga física e cognitiva individualizada, não prejudicou o desempenho cognitivo de árbitros de futebol. Porém, sugere-se a realização de novos estudos nesta área de pesquisa, principalmente a produção de estudos mais ecológicos para a arbitragem de futebol, que busquem analisar não só os efeitos da fadiga física e mental, mas com outros estressores ambientais e psicossociais, com métodos de pesquisa que se aproximem da realidade da categoria da arbitragem de futebol.

7.1 Limitações

Esta pesquisa apresenta algumas limitações, dentre elas a tarefa física simulada, as atividades de mudanças de direção, correr lateralmente e de costas são limitações, pois não foram realizadas devido a atividade ser feita em esteira motorizada. Do mesmo modo, a esteira motorizada limitou expressar as velocidades máximas reproduzidas em campo. Por fim, o teste realizado para avaliação das funções executivas, não foi específico para esportes, e sua importância foi presumida e não especificada. Além disso, as medidas de função executiva ocorreram durante os momentos de menor intensidade, o que muitas vezes não é o contexto ecológico de um jogo, logo a avaliação poderia ser mais sensível caso fosse realizado durante outras intensidades de atividades motoras.

7.2 Aplicabilidade prática

O presente estudo proporcionou algumas aplicações práticas para a arbitragem de futebol. Primeiramente, árbitros devem evitar tarefas cognitivas exigentes antes das partidas, pois os participantes deste estudo foram afetados pela FM, e apresentaram maiores percepções

de esforço durante a tarefa física simulada para árbitros de futebol. Por outro lado, o tempo de resposta dos árbitros não foram afetados pela fadiga mental, no entanto a resposta à fadiga mental é complexa, e não especificamente está associado à uma variável ou medidor específico. Deste modo os treinadores dos árbitros, ou os próprios, devem buscar identificar as respostas individuais em relação a FM, para tentar combater seus efeitos durante os jogos.

8 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstra que o estado induzido de fadiga mental, durante uma tarefa física simulada para árbitros de futebol, não prejudicou o desempenho das funções executivas. No entanto, durante a condição de alta carga cognitiva, os árbitros apresentaram maiores percepções de esforço durante a tarefa física. Com isso, nosso estudo sugere que tarefas mentalmente fatigantes, sejam evitadas antes de partidas pelos árbitros, visto que apesar destes não terem seu desempenho cognitivo prejudicado, apresentaram maiores percepções de esforço.

REFERÊNCIAS

- ARNSTEN, A F. T. Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. **Nature reviews neuroscience**, v. 10, n. 6, p. 410-422, 2009.
- BAKUN E. T. *et al.* Retest reliability of integrated speed–accuracy measures. **Assessment**, v. 29, n. 4, p. 717-730, 2022.
- BEATO, M; DRUST, B. Acceleration intensity is an important contributor to the external and internal training load demands of repeated sprint exercises in soccer players. **Research in Sports Medicine**, v. 29, n. 1, p. 67-76, 2021.
- BLAIR, C. Educating executive function. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science**, v. 8, n. 1-2, p. 1403, 2017.
- BLAIR, C.; RAVER, C. C. Closing the achievement gap through modification of neurocognitive and neuroendocrine function: Results from a cluster randomized controlled trial of an innovative approach to the education of children in kindergarten. **PloS one**, v. 9, n. 11, p. e112393, 2014.
- BLOB, N et al. Physical load and referees' decision-making in sports games: A scoping review. **Journal of sports science & medicine**, v. 19, n. 1, p. 149, 2020.
- BROWN, D. M.Y *et al.* Effects of prior cognitive exertion on physical performance: A systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 50, p. 497-529, 2020.
- BOKSEM, M. A. S; MEIJMAN, T. F.; LORIST, M. M. Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. **Cognitive brain research**, v. 25, n. 1, p. 107-116, 2005.
- BOKSEM, M. A.S.; MEIJMAN, T. F.; LORIST, M. M. Mental fatigue, motivation and action monitoring. **Biological Psychology**, v. 72, n. 2, p. 123–132, 2006.
- BORG G. Borg's perceived exertion and pain scales. **Champaign: Human Kinetics**, 1998.
- BRATZKE, D *et al.* Effects of sleep loss and circadian rhythm on executive inhibitory control in the Stroop and Simon tasks. **Chronobiology International**, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2012.
- BRIMMELL, J.; EDWARDS, E. J.; VAUGHAN, R. S. Executive function and visual attention in sport: a systematic review. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, p. 1-34, 2022.
- CAMEROTA, M. *et al.* Leveraging item accuracy and reaction time to improve measurement of child executive function ability. **Psychological assessment**, v. 32, n. 12, p. 1118, 2020.
- CANTELON, J. A.; GILES, G. E. A review of cognitive changes during acute aerobic exercise. **Frontiers in Psychology**, p. 5552, 2021.

- CARMONA, C. G.; ORTEGA, J. P. Kinematic and physiological analysis of the performance of the referee football and its relationship with decision making. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 11, n. 4, p. 397-414, 2016.
- CHANG, Y *et al.* The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. **Brain research**, v. 1453, p. 87-101, 2012.
- COUTINHO, D. *et al.* Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. **Human movement science**, v. 58, p. 287-296, 2018.
- DALLAWAY, N; LUCAS, S. JE; RING, C. Cognitive tasks elicit mental fatigue and impair subsequent physical task endurance: Effects of task duration and type. **Psychophysiology**, v. 59, n. 12, p. e14126, 2022.
- DAVRANCHE, K.; MCMORRIS, T. Specific effects of acute moderate exercise on cognitive control. **Brain and cognition**, v. 69, n. 3, p. 565-570, 2009.
- DAVRANCHE, K; HALL, B; MCMORRIS, T. Effect of acute exercise on cognitive control required during an Eriksen flanker task. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 31, n. 5, p. 628-639, 2009.
- DIAMOND, A. *et al.* Preschool program improves cognitive control. **Science**, v. 318, n. 5855, p. 1387-1388, 2007.
- DIAMOND, A. Executive functions. **Annual review of psychology**, v. 64, p. 135-168, 2013.
- DIAMOND, A.; KIRKHAM, N. Not quite as grown-up as we like to think: Parallels between cognition in childhood and adulthood. **Psychological Science**, v. 16, n. 4, p. 291-297, 2005.
- DIETRICH, A. Transient hypofrontality as a mechanism for the psychological effects of exercise. **Psychiatry research**, v. 145, n. 1, p. 79-83, 2006.
- DIETRICH, A; AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 35, n. 6, p. 1305-1325, 2011.
- DONNELLY, J. E. *et al.* Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 6, p. 1197, 2016.
- DONG, L. *et al.* The effects of fatigue on perceptual-cognitive performance among open-skill sport athletes: A scoping review. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, p. 1-52, 2022.
- EASTERBROOK, J. A. The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. **Psychological review**, v. 66, n. 3, p. 183, 1959.
- ENGLERT, C.; DZIUBA, A.; SCHWEIZER, G. Testing the Effects of a Preceding Self-Control Task on Decision-Making in Soccer Refereeing. **Frontiers in neuroscience**, v. 15, p. 638652, 2021.

- FARIA, L. O. *et al.* Does executive functions' performance at rest predict executive function performance during acute physical exercise?. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 20, n. 5, p. 1490-1506, 2022.
- FARO, H. *et al.* Sport-based video game causes mental fatigue and impairs visuomotor skill in male basketball players. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, p. 1-15, 2022.
- FILIPAS, L. *et al.* Effects of mental fatigue on soccer-specific performance in young players. **Science and Medicine in Football**, v. 5, n. 2, p. 150-157, 2021.
- FILIPAS, L. *et al.* Mental fatigue impairs time trial performance in sub-elite under 23 cyclists. **PloS one**, v. 14, n. 6, p. e0218405, 2019.
- FORTES, L. S. *et al.* Can Prolongate Use of Social Media Immediately Before Training Worsen High Level Male Volleyball Players' Visuomotor Skills?. **Perceptual and Motor Skills**, p. 00315125221123635, 2022.
- FORTES, L. S. *et al.* Playing videogames or using social media applications on smartphones causes mental fatigue and impairs decision-making performance in amateur boxers. **Applied Neuropsychology: Adult**, v. 30, n. 2, p. 227-238, 2023.
- FORTES, L. S. *et al.* Smartphone use among high level swimmers is associated with mental fatigue and slower 100-and 200-but not 50-meter freestyle racing. **Perceptual and Motor Skills**, v. 128, n. 1, p. 390-408, 2021.
- FORTES, L. S. *et al.* The effect of smartphones and playing video games on decision-making in soccer players: A crossover and randomised study. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 5, p. 552-558, 2020.
- GANTOIS, P. *et al.* Effects of mental fatigue on passing decision-making performance in professional soccer athletes. **European journal of sport science**, v. 20, n. 4, p. 534-543, 2020.
- GREEFF, J. W. D. *et al.* Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. **Journal of science and medicine in sport**, v. 21, n. 5, p. 501-507, 2018.
- GUO, Z. *et al.* The impairing effects of mental fatigue on response inhibition: An ERP study. **PloS one**, v. 13, n. 6, p. e0198206, 2018.
- HABAY, J. *et al.* Interindividual Variability in Mental Fatigue-Related Impairments in Endurance Performance: A Systematic Review and Multiple Meta-regression. **Sports Medicine-Open**, v. 9, n. 1, p. 1-27, 2023.
- HABAY, J. *et al.* Mental fatigue and sport-specific psychomotor performance: a systematic review. **Sports Medicine**, v. 51, n. 7, p. 1527-1548, 2021b.
- HABAY, J. *et al.* Mental Fatigue-Associated Decrease in Table Tennis Performance: Is There an Electrophysiological Signature?. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 24, p. 12906, 2021a.

- HARRISON, B. J. *et al.* Functional connectivity during Stroop task performance. **Neuroimage**, v. 24, n. 1, p. 181-191, 2005.
- HECK, H., *et al.* "Justification of the 4-mmol/l lactate threshold." **International journal of sports medicine** v. 6, n. 03, p. 117-130, 1985.
- HELSEN, W. F.; MACMAHON, C.; SPITZ, J. Decision making in match officials and judges. *Anticipation and decision making in sport*, p. 250-266, 2019.
- HELSEN, W.; BULTYNCK, J. B. Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. **Journal of sports sciences**, v. 22, n. 2, p. 179-189, 2004.
- JOO, C. H.; JEE, H. Activity profiles of top-class players and referees and accuracy in foul decision-making during Korean national league soccer games. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 9, p. 2530-2540, 2019.
- KALÉN, A. *et al.* The role of domain-specific and domain-general cognitive functions and skills in sports performance: A meta-analysis. **Psychological bulletin**, v. 147, n. 12, p. 1290, 2021.
- KEEFFE, K; HODDER, S; LLOYD, A. A comparison of methods used for inducing mental fatigue in performance research: Individualised, dual-task and short duration cognitive tests are most effective. **Ergonomics**, v. 63, n. 1, p. 1-12, 2020.
- KOK, A. Cognitive control, motivation and fatigue: A cognitive neuroscience perspective. **Brain and Cognition**, v. 160, p. 105880, 2022.
- KOMIYAMA, T. *et al.* Cognitive function during exercise under severe hypoxia. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.
- KRUSTRUP, P. *et al.* Activity profile and physical demands of football referees and assistant referees in international games. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 11, p. 1167-1176, 2009.
- KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. **Journal of sports sciences**, v. 19, n. 11, p. 881-891, 2001.
- KRUSTRUP, P.; MOHR, Magni; BANGSBO, J. Activity profile and physiological demands of top-class soccer assistant refereeing in relation to training status. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, n. 11, p. 861-871, 2002.
- LAKES, K. D. *et al.* The healthy for life taekwondo pilot study: a preliminary evaluation of effects on executive function and BMI, feasibility, and acceptability. **Mental health and physical activity**, v. 6, n. 3, p. 181-188, 2013.
- LEE, K. A.; HICKS, G.; MURCIA, G. N. Validity and reliability of a scale to measure fatigue. **Psychiatry Research**, v. 36, n. 3, p. 291-298, 1991.
- LORIST, M. M.; BOKSEM, M. A. S.; RIDDERINKHOF, K. Richard. Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. **Cognitive Brain Research**, v. 24, n. 2, p. 199-205, 2005.

- MACMAHON, C. *et al.* Decision-making skills and deliberate practice in elite association football referees. **Journal of sports sciences**, v. 25, n. 1, p. 65-78, 2007.
- MALLO, J. *et al.* Effect of positioning on the accuracy of decision making of association football top-class referees and assistant referees during competitive matches. **Journal of sports sciences**, v. 30, n. 13, p. 1437-1445, 2012.
- MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of applied physiology**, 2009.
- MARTIN, K. *et al.* Mental fatigue impairs endurance performance: a physiological explanation. **Sports medicine**, v. 48, n. 9, p. 2041-2051, 2018.
- MARTIN, K. *et al.* Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. **PloS one**, v. 11, n. 7, p. 0159907, 2016.
- MASCARENHAS, D. R. D. *et al.* Physical performance and decision making in association football referees: A naturalistic study. **The Open Sports Sciences Journal**, v. 2, n. 1, 2009.
- MCEWAN, G. P. *et al.* Validity and reliability of the physiological and perceptual responses elicited during a novel treadmill-based Soccer Referee Simulation (SRS). **Sport Sciences for Health**, p. 1-9, 2023.
- MCMORRIS, T. "Developing the catecholamines hypothesis for the acute exercise-cognition interaction in humans: Lessons from animal studies." **Physiology & behavior**, n. 165, p. 291-299, 2016.
- MCMORRIS, T. ed. *Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives*. Academic Press, 2015.
- MCMORRIS, T. *et al.* Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. **Physiology & behavior**, v. 102, n. 3-4, p. 421-428, 2011.
- MCMORRIS, T.; HALE, B. J. Differential effects of differing intensities of acute exercise on speed and accuracy of cognition: a meta-analytical investigation. **Brain and cognition**, v. 80, n. 3, p. 338-351, 2012.
- MEERBEEK, R. V.; GOOL, D. V.; BOLLENS, J. Analysis of the refereeing decisions during the world soccer championship in 1986 in Mexico. In: **Science and football. Proceedings of the first world congress of science and football**. p. 384. 1987.
- MIYAKE, A. *et al.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. **Cognitive psychology**, v. 41, n. 1, p. 49-100, 2000.
- MIYAMURA, S.; SETO, S.; KOBAYASHI, H.. A time analysis of men's and women's soccer. **Science and football III**, p. 251-257, 1997.
- MORALES, A. R. *et al.* Do Cognitive, Physical, and Combined Tasks Induce Similar Levels of Mental Fatigue? Testing the Effects of Different Moderating Variables. **Motor Control**, v. 26, n. 4, p. 630-648, 2022.

OGOHI, S. *et al.* The effect of changes in cerebral blood flow on cognitive function during exercise. **Physiological reports**, v. 2, n. 9, p. e12163, 2014.

OLIVEIRA, L. A. D. *et al.* Test-retest reliability of a visual-cognitive technology (BlazePod™) to measure response time. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 20, n. 1, p. 179, 2021.

OLSON, R. L. *et al.* Neurophysiological and behavioral correlates of cognitive control during low and moderate intensity exercise. **NeuroImage**, v. 131, p. 171-180, 2016.

PENNA, E. M. *et al.* Mental fatigue does not affect heart rate recovery but impairs performance in handball players. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 24, p. 347-351, 2018.a

PENNA, E. M. *et al.* Mental fatigue impairs physical performance in young swimmers. **Pediatric exercise science**, v. 30, n. 2, p. 208-215, 2018.b

PERGHER, V; VANBILSEN, N; VAN HULLE, M. The Effect of Mental Fatigue and Gender on Working Memory Performance during Repeated Practice by Young and Older Adults. **Neural Plasticity**, v. 2021, 2021.

PESCE, C. *et al.* Focusing of visual attention at rest and during physical exercise in soccer players. **Journal of sports sciences**, v. 25, n. 11, p. 1259-1270, 2007.

PESCE, C. *et al.* Focusing of visual attention under submaximal physical load. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 1, n. 3, p. 275-292, 2003.

PETRUO, V. A.; MÜCKSCHEL, M; BESTE, C. On the role of the prefrontal cortex in fatigue effects on cognitive flexibility-a system neurophysiological approach. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018.

PIZZERA, A. *et al.* Influence of physical and psychological stress on decision-making performance of soccer referees. **Journal of Sports Sciences**, v. 40, n. 18, p. 2037-2046, 2022.

RATTRAY, B; SMEE, D. J. The effect of high and low exercise intensity periods on a simple memory recognition test. **Journal of Sport and Health Science**, v. 5, n. 3, p. 342-348, 2016.

ROELANDS, B *et al.* The physiological nature of mental fatigue: Current knowledge and future avenues for sport science. **International journal of sports physiology and performance**, v. 17, n. 2, p. 149-150, 2021.

SALIHU, A. T; HILL, K. D.; JABERZADEH, S. Neural mechanisms underlying state mental fatigue: a systematic review and activation likelihood estimation meta-analysis. 2022.

SAMUEL, R. D. A psychological preparation framework for elite soccer referees: A practitioner's perspective. **Journal of Sport Psychology in Action**, v. 6, n. 3, p. 170-187, 2015.

SAMUEL, R. D; TENENBAUM, G; GALILY, Y. An integrated conceptual framework of decision-making in soccer refereeing. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 19, n. 5, p. 738-760, 2021.

SAMUEL, R. *et al.* "A decision-making simulator for soccer referees." **International Journal of Sports Science & Coaching** v. 14, n. 4, p. 480-489, 2019.

SCHMIDT, S. L. *et al.* Decrease in attentional performance after repeated bouts of high intensity exercise in association-football referees and assistant referees. **Frontiers in psychology**, v. 10, p. 2014, 2019.

SCHMIT, C; BRISSWALTER, J. Executive functioning during prolonged exercise: a fatigue-based neurocognitive perspective. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, v. 13, n. 1, p. 21-39, 2020.

SENÉCAL, I. *et al.* The Impact of Moderate and High Intensity Cardiovascular Exertion on Sub-Elite Soccer Referee's Cognitive Performance: A Lab-Based Study. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 20, n. 4, p. 618-625, 2021.

SILVA, J. F. D. *et al.* Match activity profile and heart rate responses of top-level soccer referees during Brazilian national first and second division and regional championships. **Science and Medicine in Football**, p. 1-9, 2022.

SMITH, M. R. *et al.* Comparing the effects of three cognitive tasks on indicators of mental fatigue. **The Journal of psychology**, v. 153, n. 8, p. 759-783, 2019.

SMITH, M. R. *et al.* Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 14, p. 1297-1304, 2016.b

SMITH, M. R. *et al.* Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 48, n. 2, p. 267-276, 2016.a

SMITH, M. R.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Mental fatigue impairs intermittent running performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 47, n. 8, p. 1682-90, 2015.

SPITZ, J. *et al.* The role of domain-generic and domain-specific perceptual-cognitive skills in association football referees. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 34, p. 47-56, 2018.

SUN, H. *et al.* Does mental fatigue affect skilled performance in athletes? A systematic review. **PloS one**, v. 16, n. 10, p. e0258307, 2021.

THOMAS, S; READING, J; SHEPHARD, R. J. Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). **Canadian journal of sport sciences**, 1992.

TRECROCI, A. *et al.* Mental fatigue impairs physical activity, technical and decision-making performance during small-sided games. **PLoS one**, v. 15, n. 9, p. e0238461, 2020.

URSACHE, A.; RAVER, C. C. Trait and state anxiety: Relations to executive functioning in an at-risk sample. **Cognition & emotion**, v. 28, n. 5, p. 845-855, 2014.

UTH, N. *et al.* Estimation of $\dot{V}O_{2max}$ from the ratio between HR max and HR rest—the Heart Rate Ratio Method. **European journal of applied physiology**, v. 91, p. 111-115, 2004.

CUTSEM, J. *et al.* Effects of mental fatigue on endurance performance in the heat. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 49, n. 8, p. 1677-1687, 2017.b

CUTSEM, J. *et al.* The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. **Sports medicine**, v. 47, n. 8, p. 1569-1588, 2017.a

VENESS, D. *et al.* The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 24, p. 2461-2467, 2017.

VESTBERG, T. *et al.* Executive functions predict the success of top-soccer players. **PloS one**, v. 7, n. 4, p. e34731, 2012.

VRIJKOTTE, S. *et al.* Mental fatigue and physical and cognitive performance during a 2-bout exercise test. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 13, n. 4, p. 510-516, 2018.

WOHLWEND, M. *et al.* Exercise intensity-dependent effects on cognitive control function during and after acute treadmill running in young healthy adults. **Frontiers in psychology**, p. 406, 2017.

YANG, Y. *et al.* Executive function performance in obesity and overweight individuals: A meta-analysis and review. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 84, p. 225-244, 2018.

YERKES, R. M. *et al.* The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. 1908.

ZHENG, K. *et al.* Concurrent performance of executive function during acute bouts of exercise in adults: a systematic review. **Brain Sciences**, v. 11, n. 10, p. 1364, 2021.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO – TCLE

Convidamos você para participar da pesquisa “OS EFEITOS DA FADIGA MENTAL SOBRE O DESEMPENHO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS DE ÁRBITROS DE FUTEBOL”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Eduardo Macedo Penna e Cássio Zacarias Lopes de Lima, os quais pretendem investigar o estado de fadiga mental em árbitros profissionais sobre seu desempenho de funções executivas.

Sua participação é voluntária, e você tem autonomia e o tempo necessário a decidir se quer ou não participar desta pesquisa. Você será submetido a uma avaliação física, realizada individualmente em uma sala reservada, realização de testes físicos e cognitivos, realização de protocolos de desempenho físico. Os procedimentos presenciais terão controle do distanciamento seguro entre os participantes da pesquisa, caso exista a necessidade será obrigatório o uso de máscara ou viseira no laboratório; serão disponibilizados materiais para higienização das mãos com álcool em gel 70%. Caso você tenha alguma dúvida sobre os procedimentos do estudo, você tem ampla liberdade em solicitar os devidos esclarecimentos.

Você se beneficiará da pesquisa por meio da realização da avaliação física e dos testes, pois terá acesso a vários indicadores de desempenho a sua profissão. Além disso, participarão de intervenções de desempenho físico e cognitivo sobre o efeito da fadiga mental e sem a fadiga mental, possibilitando ter mais clareza sobre os efeitos deste estado de fadiga em seu desempenho profissional.

Os riscos que envolvem sua participação estão atrelados à quebra do anonimato e a divulgação indevida das informações coletadas, contudo, conforme a resolução 466/12 o sigilo dos participantes deverá ser mantido pelos pesquisadores através da codificação dos dados. Outro risco é a possibilidade do acontecimento de lesão durante a realização dos protocolos de exercício, no entanto, as possibilidades serão minimizadas, pois você será acompanhado por um de nossos pesquisadores que atenderá pela execução correta dos protocolos deste pesquisa. Caso aconteça algum tipo de lesão causada pelas intervenções desta pesquisa, garantiremos assistência à sua saúde. Para coibir quaisquer constrangimentos durante a avaliação física, será feita em sala reservada para evitar qualquer exposição do seu corpo para outras pessoas, exceto para o avaliador.

Se depois de consentir sua participação no estudo você pode desistir de continuar participando, pois tem o direito e a liberdade de se retirar em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. A sua participação não resultará em despesas relacionadas à pesquisa, além disto, não proporcionará nenhuma indenização ou remuneração financeira por parte dos pesquisadores. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em um banco de dados codificado por um período de cinco anos, com absoluto sigilo e após esse período será incinerado. Caso ocorra alguma lesão a sua pessoa você receberá assistência (integral e imediata) por danos, de forma gratuita.

Para qualquer outra informação, você poderá entrar em contato com o pesquisador ou com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEPICS) na: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and, Guamá; 66.075-110, Belém-PA, ou pelo telefone: (91) 3201-7735 ou e-mail: cepccs@ufpa.br.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, declaro que fui informado (a) sobre os objetivos deste estudo e a finalidade da minha colaboração. Portanto, eu concordo em participar do projeto, estando ciente que não receberei nenhum tipo de remuneração e que posso me desligar do presente estudo sem nenhum prejuízo e/ou punição. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelas pesquisadoras, ficando uma via com cada parte envolvida.

Data: ___/___/___

Participante da pesquisa RG:

Pes. Res Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna
(91) 991222541
eduardomp@ufpa.br

APÊNDICE B – CHECKLIST PARA REALIZAR OS PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

CHECKLIST, PARA GARANTIR SUA APTIDÃO A REALIZAR OS PROCEDIMENTOS DO ESTUDO.

- Dormiu pelo menos 8h?
- Consumiu álcool ou cafeína nas últimas 24h?
- Praticou qualquer tipo de exercício vigoroso nas últimas 24h?
- Realizou qualquer tipo de tarefas mentalmente exigente (ler; dirigir, uso excessivo do celular), antes de chegar aqui?

ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O EFEITO DA FADIGA MENTAL SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO E FUNÇÃO EXECUTIVA DE ÁRBITROS DE FUTEBOL PROFISSIONAL

Pesquisador: Eduardo Macedo Penna

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 51224921.1.0000.0018

Instituição Proponente: Campus Universitário de Castanhal

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.172.939

Apresentação do Projeto:

O futebol é um esporte praticado em mais de 200 países, no qual é jogado por mais de 250 milhões de pessoas. Os oficiais da arbitragem são peças imprescindíveis para a realização do evento esportivo, visto que são responsáveis por interpretar e fazer cumprir as regras

específicas do jogo de maneira imparcial. Devido às modificações do padrão de jogo, que proporcionou uma evolução na preparação física dos atletas de futebol, os árbitros e assistentes passaram a ser expostos a uma grande demanda física, além disso, devido o grande número de tomadas de decisão em uma partida de futebol, exige dos oficiais da arbitragem uma demanda cognitiva elevada. Diante dessas circunstâncias, o futebol

pode ser uma tarefa fatigante, com reduções no desempenho resultantes de uma combinação de fadiga física e mental. A fadiga mental é caracterizada por sensações de cansaço e falta de energia induzidos por períodos longos de atividade cognitiva exigente. A Função Executiva FE é quando o sujeito necessita se concentrar e prestar atenção, por meio da utilização de um conjunto de processos cognitivos para articular e produzir ações, realizando raciocínios e planejamentos, em prol de resolução de problemas, ou melhor, de um objetivo. Os processos cognitivos podem ser abordados de diversas maneiras, dentre as principais está o que leva em consideração os aspectos semelhantes entre os tipos de FEs,

controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva. Desta forma, os árbitros de

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá ,UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.
Bairro: Guamá **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepccs@ufpa.br

ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA

Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q)

Este questionário tem o objetivo de identificar a necessidade de avaliação por um médico antes do início da atividade física. Caso você responda "SIM" a uma ou mais perguntas, converse com seu médico ANTES de aumentar seu nível atual de atividade física. Mencione este questionário e as perguntas às quais você respondeu "SIM".

Por favor, assinale "SIM" ou "NÃO" às seguintes perguntas:

1. Algum médico já disse que você possui algum problema de coração e que só deveria realizar atividade física supervisionado por profissionais de saúde?
 Sim Não
2. Você sente dores no peito quando pratica atividade física?
 Sim Não
3. No último mês, você sentiu dores no peito quando praticou atividade física?
 Sim Não
4. Você apresenta desequilíbrio devido à tontura e/ ou perda de consciência?
 Sim Não
5. Você possui algum problema ósseo ou articular que poderia ser piorado pela atividade física?
 Sim Não
6. Você toma atualmente algum medicamento para pressão arterial e/ou problema de coração?
 Sim Não
7. Sabe de alguma outra razão pela qual você não deve praticar atividade física?
 Sim Não

Nome completo _____ Idade: _____

Data _____ Assinatura: _____

Se você respondeu "SIM" a uma ou mais perguntas, leia e assine o "Termo de Responsabilidade para Prática de Atividade Física"

Termo de Responsabilidade para Prática de Atividade Física

Estou ciente de que é recomendável conversar com um médico antes de aumentar meu nível atual de atividade física, por ter respondido "SIM" a uma ou mais perguntas do "Questionário de Prontidão para Atividade Física" (PAR-Q). Assumo plena responsabilidade por qualquer atividade física praticada sem o atendimento a essa recomendação.

Nome completo _____

Data _____ Assinatura: _____

ANEXO C – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DE BORG

- | | |
|----|----------------------|
| 6 | Sem nenhum esforço |
| 7 | |
| 8 | Extremamente leve |
| 9 | Muito leve |
| 10 | |
| 11 | Leve |
| 12 | |
| 13 | Um pouco intenso |
| 14 | |
| 15 | Intenso (pesado) |
| 16 | |
| 17 | Muito Intenso |
| 18 | |
| 19 | Extremamente intenso |
| 20 | Máximo esforço |

Escala RPE de Borg
© Gunnar Borg, 1970, 1985, 1994, 1998

ANEXO D – ESCALA VISUAL ANÁLOGA DE FADIGA MENTAL

Informação do Participante		
Nome	DATA <i>dd/mm/ano</i>	/ /
	Número Voluntário:	

Por favor assinale nas escalas abaixo indicando como você se sente **NESSE MOMENTO**. Não existe resposta correta ou incorreta. Sua resposta não deve ser influenciada por respostas prévias ou qualquer outro fator que não seja **sua percepção atual**.

Fadiga Mental – não se refere a nenhuma tarefa, se refere apenas a **percepções atuais**

Fadiga Mental – Pré (1) e Pós Stroop(2)

De forma alguma |—————| Máxima

ANEXO E – ESCALA VISUAL ANALOGA DE MOTIVAÇÃO

Situação – Pós protocolo de fadiga mental

Por favor assinale nas escalas abaixo indicando como você se sente **NESSE MOMENTO**. Não existe resposta correta ou incorreta. Sua resposta não deve ser influenciada por respostas prévias ou qualquer outro fator que não seja **sua percepção atual**.

Motivação – Refere-se a próxima tarefa

Motivação

De forma alguma |—————| Máxima