

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional**  
**Programa de Pós-graduação em Ciências do Esporte**

Thales Duarte Lopasso

**INFLUÊNCIA DE TREINOS E JOGOS SOBRE A FORÇA DE ISQUIOSSURAIIS E  
FADIGA NEUROMUSCULAR EM ATLETAS DE FUTEBOL**

Belo Horizonte

2023

Thales Duarte Lopasso

**INFLUÊNCIA DE TREINOS E JOGOS SOBRE A FORÇA DE ISQUIOSSURAS E  
FADIGA NEUROMUSCULAR EM ATLETAS DE FUTEBOL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requerimento parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte. Linha de pesquisa: Aspectos psicobiológicos do desempenho humano.

Orientadora: Profa. Dra. Andressa da Silva de Mello.

Coorientadora: Profa. Dra. Natália Franco Netto Bittencourt.

Belo Horizonte

2023

L864i Lopasso, Thales Duarte  
2023 Influência de treinos e jogos sobre a força de isquiossurais e fadiga neuromuscular em atletas de futebol. [manuscrito] / Thales Duarte Lopasso – 2023.  
46 f.: il.

Orientadora: Andressa da Silva de Mello  
Coorientador: Natália Franco Netto Bittencourt

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.  
Bibliografia: f. 39-44

1. Atletas – saúde e higiene – Teses. 2. Jogadores de futebol – Teses. 3. Fadiga muscular – Teses. 4. Força muscular – Teses. I. Mello, Andressa da Silva de. II. Bittencourt, Natália Franco Netto. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 615.8:796

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: n° 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

## ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

**THALES DUARTE LOPASSO**

Às 09:00 horas do dia 06 de outubro de 2023, a comissão examinadora de dissertação, indicada pelo Colegiado do Programa Pós-Graduação em Ciências do Esporte (PPGCE), reuniu-se, em banca realizada em formato híbrido, para julgar, em exame final, o trabalho de THALES DUARTE LOPASSO, intitulado "INFLUÊNCIA DE TREINOS E JOGOS SOBRE A FORÇA DE ISQUIOSSURAIIS E FADIGA NEUROMUSCULAR EM ATLETAS DE FUTEBOL". Abrindo a sessão, a presidente da comissão, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andressa da Silva de Mello (UFMG), orientadora, após dar a conhecer aos presentes o teor das normas regulamentares do trabalho final, passou a palavra ao candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado.

### MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA:

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andressa da Silva de Mello (Orientadora) – EEFETO/UFMG

Prof. Dr. Renan Alves Resende – EEFETO/UFMG

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cecilia Ferreira de Aquino – UEMG

Após as indicações, o candidato foi considerado: **APROVADO**

O resultado foi comunicado publicamente ao candidato pela presidente da comissão examinadora. Nada mais havendo a tratar, a presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

**Belo Horizonte, 06 de outubro de 2023.**



Documento assinado eletronicamente por **Andressa da Silva de Mello, Chefe de departamento**, em 09/10/2023, às 13:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renan Alves Resende, Professor do Magistério Superior**, em 09/10/2023, às 15:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cecilia Ferreira de Aquino, Usuária Externa**, em 09/10/2023, às 17:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Dedico este trabalho a minha mãe e irmão, que independente do momento, sempre estão comigo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que é a base e estrutura de todo meu ser. Sem a sua bondade e benevolência, não seria possível estarmos aqui. Sem os seus ensinamentos, não saberia trilhar esse caminho.

Agradeço à minha mãe, Simone, e ao meu irmão, Renan. Não tenho dúvidas sobre a influência que vocês possuem sobre a minha vida. Sem a ajuda de vocês eu jamais teria chegado até aqui. Na verdade, sem vocês, não faria sentido estar aqui. Tudo que faço é por vocês. Mãe, a pessoa que sempre lutou por nós, compromissada com o nosso sustento, determinada a nos dar a melhor criação. Lembro-me, com clareza, da senhora jogando futebol com a gente, nas pausas entre uma arrumação e outra da casa, em seus dias de “descanso”, e das idas ao parque para brincar de escorrega nos montes de grama, em uma caixa de papelão. A verdade é que, sempre ao me deparar com uma situação difícil, me vem à mente as coisas que já passamos e, magicamente, surge uma resposta simples para tudo. A sua luta me motiva a não parar, nunca.

Ao meu irmão, Renan, que mesmo distante está sempre comigo. Que sempre tem uma palavra amiga e uma maturidade inexplicável. Aprendo muito com você sobre empatia e amor ao próximo. Nunca vi, nem de perto, pessoa tão boa e generosa. Você é o meu maior orgulho.

Ao meu pai, Fábio, avós, Ana, Nelson, Eise, Orlando e familiares, que proporcionaram momentos únicos, eternizados em minha memória.

Agradeço também a minha “princesa”, Natália, que não mede esforços por nós. Que é parceira, amiga, incentivadora e tudo mais que eu poderia imaginar. Sei o quanto é difícil estar com alguém que tem o tempo tão “dividido”, mas sei também que “eu simplesmente sou mais feliz com você ao meu lado”. Obrigado por ser tudo e mais um pouco. Amo você.

Agradeço também aos “aumigos”, Maya e Coragem, companheiros e amigos inigualáveis de todas as horas.

Aos meus amigos de Cruzeiro, Newton e América, que estavam sempre dispostos a me ajudar com os horários e que fizeram das nossas rotinas difíceis algo mais leve, repleto de aprendizado.

Aos colegas e amigos de CEPE, a convivência foi corrida, principalmente nos últimos meses, mas trouxe aprendizados incríveis. Especialmente ao Eduardo, que me acompanha mesmo antes do mestrado, na época de CTE-UFGM, e de lá para cá não parou mais de me ajudar. Obrigado por tudo.

A minha orientadora, Andressa, por confiar, mesmo sabendo dos meus desejos e rotina profissional.

E a todos amigos, professores e colegas que, de alguma forma, contribuíram com a minha formação, crescimento e amadurecimento. Seguiremos juntos e cada vez mais fortes.

*“Eu prefiro ter perguntas que não podem ser respondidas a ter respostas que não podem ser questionadas”.*

*Richard P. Feynman*

## RESUMO

Lesões no músculo isquiossural representam um transtorno importante para a saúde de atletas de futebol. Acredita-se que a ocorrência da lesão seja resultante da combinação de múltiplos fatores de risco associados à exposição à modalidade esportiva. É natural que a exposição ao futebol possa levar a mudanças nas capacidades físicas (incluindo fatores de risco modificáveis), como aumento da fadiga, redução da força dos isquiossurais e aumento da assimetria deste agrupamento muscular. Além da escassa quantidade de literatura que investiga fatores de risco modificáveis ao longo da temporada, poucos são os estudos que buscam entender quais variáveis dos treinos e jogos melhor se relacionam com esses fatores de risco modificáveis. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é determinar o efeito de treinos e jogos sobre a força isométrica dos músculos isquiossurais e fadiga neuromuscular durante um momento da temporada competitiva, em jovens atletas de futebol. Trata-se de um estudo do tipo retrospectivo, contemplando as avaliações e dados de prontuários do clube referente ao período de julho a novembro de 2022. Trata-se de uma amostra por conveniência, composta por atletas da categoria SUB20 (com idade entre 18 e 20 anos) de uma equipe profissional de futebol. Todos os jogadores da categoria que possuísem vínculo ativo com o clube em questão e que não estivessem sob nenhuma condição de lesão (impedindo a prontidão para uma partida completa de futebol) no início das coletas foram convidados a compor a amostragem do presente estudo. Porém, foram excluídos aqueles que apresentavam história de lesão dos músculos isquiossurais no período correspondente aos últimos seis meses (a partir de julho de 2022). Semanalmente, os atletas deram início ao aquecimento padronizado, sendo conduzidos a avaliação do CMJ e em seguida, avaliação da força dos músculos isquiossurais na plataforma NordBord. Após os procedimentos avaliativos, os atletas seguiram a rotina planejada pelo clube de futebol. Durante o período supracitado os atletas mantiveram o uso regular do GPS e avaliação semanal e/ou 48 horas após uma partida oficial. No total, foram avaliados 22 atletas. Para avaliar a associação entre as variáveis de monitoramento e as variáveis de carga ao longo do período de acompanhamento, foram utilizados modelos lineares generalizados mistos. A corrida de alta intensidade, e em diferentes níveis, foi associada aos testes de força muscular isométrico de isquiossurais e salto vertical com contramovimento. O aumento das distâncias percorridas acima de 20km/h, entre 20 e 24,9km/h, entre 25 e 29,9km e, número de estímulos realizados acima de 25km/h foram associados a diminuição da assimetria de força de isquiossurais, além do número de estímulos realizados acima de 25km/h associado ao incremento da altura do salto vertical com contramovimento. O principal fator de redução da assimetria está associado ao incremento da força muscular isométrica do membro inferior esquerdo.

**Palavras-chave:** Isquiossurais; Força; Fadiga Neuromuscular; Carga de Treinamento; Futebol.

## ABSTRACT

Muscle hamstring injuries represent a significant concern for the health of soccer athletes. It is believed that the occurrence of these injuries results from the combination of multiple risk factors associated with exposure to the sport. It's natural that engagement in soccer can lead to changes in physical capacities (including modifiable risk factors), such as increased fatigue, reduced hamstring strength, and heightened asymmetry in this muscle group. Despite the limited amount of literature investigating modifiable risk factors over the season, there are few studies that seek to understand which training and game variables are most closely related to these modifiable risk factors. Therefore, the aim of this current study is to determine the impact of training and matches on the isometric strength of the hamstring muscles and neuromuscular fatigue during a period of the competitive season in young soccer athletes. This is a retrospective study, encompassing evaluations and records from the club covering the period from July to November 2022. The study involves a convenience sample comprising players from the U-20 category (aged between 18 and 20 years) of a professional soccer team. All players in this category who had an active contract with the club and were not under any injury condition (preventing readiness for a full soccer match) at the beginning of data collection were invited to participate. However, those with a history of hamstring muscle injury within the corresponding six months (from July 2022 onwards) were excluded. Weekly, the athletes began with a standardized warm-up, proceeded to the Countermovement Jump (CMJ) assessment, and subsequently, evaluation of hamstring muscle strength on the NordBord platform. After the assessment procedures, the athletes followed the training routine planned by the football club. Throughout the mentioned period, the athletes continued regular use of GPS tracking, with weekly evaluations and/or assessments conducted 48 hours after an official match. In total, 22 athletes were evaluated. To assess the association between monitoring variables and load variables over the follow-up period, mixed-effects generalized linear models were employed. High-intensity running at various levels was associated with isometric hamstring muscle strength tests and vertical countermovement jump. Increases in distances covered above 20 km/h, between 20 and 24.9 km/h, between 25 and 29.9 km/h, as well as the number of sprints performed above 25 km/h, were associated with decreased hamstring strength asymmetry. Moreover, the number of sprints performed above 25 km/h was linked to increased vertical countermovement jump height. The primary factor contributing to reduced asymmetry was linked to increased isometric strength in the left lower limb.

**Keywords:** Hamstrings; Strength; Neuromuscular Fatigue; Training Load; Soccer.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Posição para realização da avaliação da força muscular.....	23
<b>Figura 2.</b> Sequência de ações no salto com contramovimento.....	24
<b>Figura 3.</b> Sistema de posicionamento global (Catapult OptimEye S5).....	25
<b>Figura 4.</b> Média e Intervalo de Confiança para as variáveis de carga ao longo do tempo .....	29
<b>Figura 5.</b> Média e Intervalo de Confiança para as variáveis de monitoramento ao longo do tempo .....	30
<b>Figura 6.</b> Gráfico de floresta dos coeficientes beta do GLMM com Isoprone E como variável dependente e DAI e DAI 1 como variável independente .....	32
<b>Figura 7.</b> Gráfico de floresta dos coeficientes beta do GLMM com Isoprone E como variável dependente e DAI 2 e DAI 3 como variável independente .....	33
<b>Figura 8.</b> Gráfico de floresta dos coeficientes beta do GLMM com Isoprone E como variável dependente e Sprints e Acelerações como variável independente .....	33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Definição das variáveis coletadas de GPS .....	25
<b>Tabela 2.</b> Análise descritiva das variáveis numéricas .....	28
<b>Tabela 3.</b> Modelo Linear Geral Misto por variável dependente e independente.....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACC	Aceleração
CEPE	Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício
CMJ	Salto com contramovimento
CTE	Centro de Treinamento Esportivo
DAI	Distância Percorrida em Alta Velocidade
DP	Desvio-padrão
FIFA	Federation International de Football Association
GLMM	Generalized Linear Mixed Model
GPS	Sistema de posicionamento global
IC	Intervalo de Confiança
ICC	Coefficiente de correlação interclasse
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>19</b>
2.1 Objetivos Específicos .....	19
<b>3. HIPÓTESES</b> .....	<b>20</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
4.1 Procedimentos Éticos.....	21
4.2 Amostra.....	21
4.3 Avaliações.....	21
4.3.1 Avaliação da Força .....	21
4.3.2 Avaliação da Fadiga Neuromuscular.....	23
4.3.3 Avaliação da Carga de Treinamento .....	24
<b>5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	<b>26</b>
<b>6. ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	<b>27</b>
<b>7. RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
<b>8. DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>
8.1 Limitações do Estudo.....	36
8.2 Perspectivas Futuras .....	36
<b>9. CONCLUSÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXO A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido</b> .....	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O futebol é o esporte coletivo mais popular do mundo (Kunz, 2007). De acordo com o Big Count da *Federation Internationale de Football Association (FIFA)*, o futebol é praticado por mais de 265 milhões de pessoas e acompanhado por mais de 3,5 bilhões de torcedores (KUNZ, 2007). No entanto, a prática do futebol traz consigo um elevado risco inerente para lesões musculoesqueléticas (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011a, 2011c, 2011b). Em atletas profissionais, a incidência média de lesões corresponde a 8,0 por 1.000 horas de exposição, sendo esse valor modificado ao analisar treinos (4,1 por 1.000 horas de exposição) e jogos (27,5 por 1.000 horas de exposição) (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011c). De modo geral, uma equipe de 25 atletas pode esperar, em média, 50 lesões ao longo da temporada, sendo 16% delas caracterizadas por lesões graves, ou seja, gerando afastamento de ao menos 28 dias (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011c). O tempo de afastamento também será influenciado pela ocorrência de recidivas, que foi demonstrado acometer cerca de 12% de todas as lesões, gerando afastamento significativamente superior quando comparado com ausência de recidivas (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011c). Na *Premier League*, 271 dias de afastamento repercutiram na perda de uma posição na tabela (Eliakim *et al.*, 2020). Além disso, estima-se que cada equipe gaste, em média, 45 milhões de libras anualmente devido aos impactos das lesões (Eliakim *et al.*, 2020).

A lesão de isquiossurais foi o subtipo mais comum, representando 17% de todas as lesões (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011c). Lesões no músculo isquiossural representa um transtorno importante para a saúde de atletas de futebol (Bahr; Thorborg; Ekstrand, 2015; Bengtsson; Ekstrand; Hägglund, 2013; Ekstrand *et al.*, 2016; 2021; Hägglund *et al.*, 2013), com elevados valores de incidência e prevalência (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011c). A análise de 23 equipes que disputaram a Liga dos Campeões da Europa ao longo de sete temporadas consecutivas identificou 4483 lesões, sendo 1064 na região da coxa e 525 em sua região posterior (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011c), representando o maior número de novas lesões, e a segunda região com maior gravidade, atrás, apenas, de lesões no joelho (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011c). Dados recentes demonstram que as lesões no futebol vêm apresentando uma queda ao longo dos anos (taxa geral de lesões em partidas e treinos, e novas lesões), com exceção de lesões nos isquiossurais (Ekstrand *et al.*, 2021). Na contramão das demais lesões, estima-se que lesões nessa região crescem 4% anualmente (Bahr; Thorborg; Ekstrand, 2015; Ekstrand *et al.*, 2016, 2021). O futebol de base possui taxas de incidência

semelhantes à população adulta (Cezarino; da Silva Grüninger; Silva, 2020; Junge; Dvorak, 2004).

Em um estudo norte americano de vigilância de lesões, foram registradas 1554 lesões sofridas ao longo de seis temporadas, entre atletas universitários do sexo masculino (Roos *et al.*, 2017). Um total de 53,2% das lesões ocorrera durante treinos, enquanto uma taxa similar, de 46,8% em competições (Roos *et al.*, 2017). A incidência para treinos foi de 5,47 por 1.000 horas de exposição e, 17,5 por 1.000 horas de exposição para jogos (Roos *et al.*, 2017). A maioria dessas lesões acometeram os membros inferiores, sendo a entorse de tornozelo e estiramento muscular da coxa os tipos mais comuns (Roos *et al.*, 2017). Cezarino, Da Silva Grüninger e Silva (2020), realizaram um estudo prospectivo com 228 jovens atletas (com idade entre 10 e 20 anos) de um clube de primeira divisão do futebol brasileiro. A incidência geral foi de 1,86 por 1.000 horas de exposição, com incidência de jogos até seis vezes maior em comparação aos treinos (variando entre categorias, sendo a categoria SUB20 com incidência de 22,4 por 1.000 horas de exposição em jogos, enquanto o SUB15 teve uma incidência de 2,65 por 1.000 horas de exposição) (Cezarino; da Silva Grüninger; Silva, 2020). Outra vez, lesões musculares ganharam destaque como tipo de lesão mais comum (26,2%), sendo que 25,7% delas acometeram a coxa (Cezarino; da Silva Grüninger; Silva, 2020). Identificar e intervir de forma precoce sobre os possíveis fatores determinantes para a ocorrência de tais lesões é o primeiro passo para a prevenção (Bittencourt *et al.*, 2016; Fuller; Junge; Dvorak, 2012).

Tradicionalmente, lesões em isquiosurais podem estar associadas a fatores intrínsecos não modificáveis, como a presença de lesões prévias (Hägglund; Waldén; Ekstrand, 2013; Navarro *et al.*, 2015; Van Beijsterveldt *et al.*, 2013), membro dominante (Hägglund; Waldén; Ekstrand, 2013), gênero e idade (Van Beijsterveldt *et al.*, 2013); e fatores intrínsecos modificáveis, como o déficit de flexibilidade, desequilíbrio muscular, instabilidade pélvica (Van Beijsterveldt *et al.*, 2013) e a fadiga (Knihš *et al.*, 2021; Zago *et al.*, 2021), por exemplo. Além disso, a força muscular quando manifestada de forma reduzida durante a contração isométrica precedeu o surgimento da lesão dos músculos isquiosurais (Schache *et al.*, 2011; Wollin; Thorborg; Pizzari, 2017), exercendo grande influência sobre essa condição (Timmins *et al.*, 2016; Van Beijsterveldt *et al.*, 2013). Timmins e colaboradores (2016) investigaram o papel da força dos flexores do joelho, desequilíbrio entre membros e o comprimento do fascículo da cabeça longa do bíceps femoral no risco de lesão futura dos músculos isquiosurais. O estudo foi realizado com 152 jogadores de futebol de elite de oito equipes diferentes. A força dos flexores de joelho durante o exercício nórdico e o comprimento do fascículo da cabeça longa do bíceps femoral foram avaliados no início da pré-temporada. Após procedimento

avaliativo as ocorrências de lesões musculares dos isquiossurais foram registradas. Os resultados mostraram que a presença de fascículos curtos da cabeça longa do bíceps femoral e baixos níveis de força dos flexores de joelho em jogadores de futebol de elite aumenta o risco de lesões musculares futuras dos isquiossurais. O maior risco de lesões de isquiossurais em jogadores mais velhos ou com lesões prévias de isquiossurais é reduzido quando eles têm fascículos mais longos e altos níveis de força (Timmins *et al.*, 2016). Outros fatores também podem estar associados a presença da baixa força manifestada (Overton, 2021; Wu *et al.*, 2019).

A fadiga neuromuscular pode ser entendida como uma diminuição prolongada da capacidade do músculo de gerar força ou potência, que pode estar presente por mais de 48 horas após uma partida ou treino de futebol (Overton, 2021; Wu *et al.*, 2019). Apesar de toda a complexidade da lesão esportiva, o caminho para a fadiga é paralelo ao caminho para a lesão (Pol *et al.*, 2019). Ambos os processos levam a uma diminuição da sinergia dos segmentos corporais durante os movimentos devido, por exemplo, a mudanças coordenativas, redução dos graus de liberdade ou perda de força muscular (Pol *et al.*, 2019).

Além de fatores intrínsecos, fatores extrínsecos como a posição em que o atleta atua em campo, momento da fase da temporada competitiva, e ações de jogo, como a corrida em alta velocidade e as acelerações, também podem desempenhar um papel importante no surgimento de novas lesões de isquiossurais (Ekstrand; Hägglund; Waldén, 2011b; Hägglund; Waldén; Ekstrand, 2013; Navarro *et al.*, 2015). Vale ressaltar que tais ações e demandas de jogo, referente aos componentes técnicos e táticos, vem sofrendo mudanças ao longo dos anos (Barnes *et al.*, 2014; Bradley *et al.*, 2016). Enquanto a distância total percorrida se manteve constante ao longo dos anos, ações de alta intensidade, como distância percorrida em alta intensidade (>19,8km/h) e distância percorrida em *sprint* (>25,1Km/h) aumentaram em aproximadamente 35% (Barnes *et al.*, 2014). Apesar da não progressão da distância total percorrida, as ações de alta intensidade parecem possuir uma melhor relação com a capacidade física (Bradley *et al.*, 2011). O aumento da distância percorrida em *sprint* pode estar associado a *sprints* mais curtos, mas que se tornaram mais frequentes durante as partidas (Barnes *et al.*, 2014; Bradley *et al.*, 2016). O incremento da velocidade máxima também pôde ser observado (Barnes *et al.*, 2014; Bradley *et al.*, 2016). Bradley e colaboradores (2016) discutem sobre a relação entre o aumento da velocidade máxima e *sprints* mais curtos, concluindo que a capacidade de aceleração dos atletas se desenvolveu (Barnes *et al.*, 2014), mas que, consequentemente, poderia elevar consigo a propensão a lesões (Junge; Dvorak, 2013).

Essa relação de causalidade é relativamente plausível, uma vez que 48% das lesões de isquiossurais foram associadas a mecanismos de corrida, sendo 56% durante acelerações e 40%

em corrida de alta velocidade (as demais possuíam mecanismos mistos, como contato indireto e alongamento associado) (Gronwald *et al.*, 2022), no entanto, o número de lesões registradas não foram compatíveis com os incrementos de carga externa (Barnes *et al.*, 2014). Indo de encontro com o pensamento capacitivo proposto anteriormente por Windt e colaboradores (2016), onde atletas que participaram de um número maior de sessões completas de treinamento durante a pré-temporada tiveram uma probabilidade reduzida de lesões ao longo da temporada competitiva, perdendo menos jogos. É provável que a participação nas sessões de pré-temporada tenha concedido um aumento das cargas crônicas e a robustez necessária para que os atletas pudessem lidar com as demandas competitivas (Hulin *et al.*, 2015).

Acredita-se que a ocorrência da lesão seja resultante da combinação de múltiplos fatores de risco associados à exposição à modalidade esportiva (Bittencourt *et al.*, 2016; Meeuwisse *et al.*, 2007). Dessa forma, as cargas impostas pela participação no futebol devem ser consideradas como fator de risco primário para a lesão de isquiossurais, enquanto fatores intrínsecos modificáveis, como força e desequilíbrio muscular, possuem a capacidade de influenciar a quantidade de exposição ao futebol que o atleta deve tolerar antes que ocorra a lesão (Bittencourt *et al.*, 2016; Hamlin *et al.*, 2021; Malisoux *et al.*, 2015; Meeuwisse *et al.*, 2007), como foi demonstrado por Moller e colaboradores (2017).

O trabalho de Mollher e colaboradores (2017) busca traçar relações entre fatores intrínsecos modificáveis e fatores extrínsecos para explicar as lesões esportivas. Antes do início das coletas, os 679 atletas que compuseram a amostragem do estudo foram submetidos a avaliação da força muscular e mobilidade. Os atletas tiveram suas cargas registradas ao longo de 31 semanas. Houve três principais desfechos: o primeiro, relacionado aos momentos de baixa variação semanal das cargas de treinamento entre semanas, resultando em baixo número de lesões; o segundo, referente a situação contrária, o cenário de grande incremento das cargas de treinamento entre semanas, resultando em alto índice lesivo. Em ambos os casos os fatores intrínsecos modificáveis não puderam ser relacionados com as lesões, ou seja, indivíduos com maior nível de força e mobilidade foram mais propensos a desenvolver novas lesões na presença de incrementos abruptos de cargas de treinamento, bem como indivíduos relativamente fracos e com baixa mobilidade foram capazes de tolerar as demandas em semanas de baixas cargas, com pouca variação. Porém, o terceiro cenário, composto por cargas de treinamento e variação semanal moderada apresentou alto risco para atletas com menor nível de força (Møller *et al.*, 2017). Vale ressaltar que o estudo foi realizado com atletas de handebol, no entanto, foi importante para gerar pesquisas futuras.

Rossi e colaboradores (2018) buscaram entender elementos da teia de fatores predisponentes (Bittencourt *et al.*, 2016) que poderiam interagir entre si para explicar o potencial de risco para as lesões de isquiossurais (Rossi *et al.*, 2018). Os autores utilizaram um modelo de *machine learning* para buscar as relações pretendidas entre as variáveis, dentre elas, foram analisadas idade, histórico de lesões, distância total percorrida, distância percorrida em alta intensidade, número de acelerações, *sprints* e mais (ao todo, foram utilizadas 55 variáveis). Além disso, as cargas foram monitoradas através do modelo de razão de carga de treinamento agudo e crônico (a razão consiste em dividir o acumulado de carga semanal pela média (carga aguda) das quatro semanas anteriores (carga crônica)) (Hulin *et al.*, 2015; Malone *et al.*, 2017; Windt *et al.*, 2016), sua variável de médias móveis exponencialmente ponderadas (essa variação da razão da carga de treinamento agudo e crônico consiste em dar maior peso para as cargas mais atuais e, naturalmente, um menor peso para cargas mais antigas, sendo assim mais sensível para detectar as eventuais oscilações de carga de treinamento) (Murray *et al.*, 2017), e da monotonia (a monotonia consiste na divisão do acumulado semanal pelo desvio padrão dessa mesma semana) (Foster, 1998). Os resultados do estudo de Rossi apontaram três interações que melhor explicam os riscos (Rossi *et al.*, 2018): a primeira é de que uma lesão anterior pode levar a uma nova lesão quando um atleta apresenta distância percorrida em alta intensidade (mensurado por meio das médias móveis exponencialmente ponderadas) inferior a 112,35 metros em uma sessão de treinamento (esta regra descreveu 42% das lesões no conjunto de dados e esteve correta em 100% dos casos); a segunda relação é a de que uma lesão anterior pode originar uma nova lesão quando o atleta tem sua distância percorrida em alta intensidade (mensurado por meio das médias móveis exponencialmente ponderadas) superior a 112,35 metros e uma distância total (monotonia) três vezes inferior a 1,78 (esta regra descreveu 30% das lesões no conjunto de dados e teve uma precisão de 100%); por fim, uma lesão anterior pode levar a uma nova lesão quando o jogador tem a distância percorrida em alta intensidade maior que 112,35 (médias ponderadas) e distância total (monotonia) duas vezes e meia maior que sua própria média (esta regra teve uma frequência de 28% e uma precisão média de 75%) (Rossi *et al.*, 2018). O estudo evidencia fortes indícios de que fatores isolados tendem a ter um peso menor no surgimento da lesão em relação a interação entre fatores de risco.

É natural que a exposição ao futebol possa levar a mudanças nas capacidades físicas (incluindo fatores de risco modificáveis), como aumento da fadiga (Akenhead *et al.*, 2013; Benjaminse *et al.*, 2019), redução da força dos isquiossurais (Madison *et al.*, 2019; Robineau *et al.*, 2012; Sannicandro; Cofano; Raiola, 2022; Timmins *et al.*, 2014; Wollin; Thorborg; Pizzari, 2017, 2018) e aumento da assimetria deste agrupamento muscular (Madison *et al.*,

2019; Sannicandro; Cofano; Raiola, 2022; Wollin; Thorborg; Pizzari, 2017, 2018). A premissa de que fatores de risco modificáveis são modificáveis, inclusive durante o período competitivo, traz à tona uma inconsistência literária (Freckleton; Pizzari, 2013), onde a investigação de fatores de risco modificáveis, comumente, ocorre apenas em um único período da temporada (normalmente ao se preparar para ela) e exclui as adaptações naturais ao treinamento durante o período competitivo (sejam elas positivas ou negativas) (Mendiguchia; Alentorn-Geli; Brughelli, 2014; Wollin; Thorborg; Pizzari, 2017). Dessa forma, é impossível que tais adaptações sejam observadas, diante do acúmulo de fadiga, e naturalmente, classificadas de acordo com os potenciais riscos para o desenvolvimento da lesão (Mendiguchia; Alentorn-Geli; Brughelli, 2014; Wollin; Thorborg; Pizzari, 2017).

Além da escassa quantidade de literatura que investigam fatores de risco modificáveis ao longo da temporada (Mendiguchia; Alentorn-Geli; Brughelli, 2014; Wollin; Thorborg; Pizzari, 2018), poucos são os estudos que buscam entender quais variáveis dos treinos e jogos melhor se relacionam com esses fatores de risco modificáveis (Madison *et al.*, 2019; Wollin; Thorborg; Pizzari, 2018). A força isométrica dos músculos isquiossurais se mostrou sensível para expressar as tarefas executadas em uma partida de futebol, incluindo acelerações e corridas (Marshall; Lovell; Siegler, 2016; McCall *et al.*, 2015), sendo também uma forma suficientemente confiável para detectar uma mudança após treinos e jogos (McCall *et al.*, 2015).

Madison e colaboradores (2019), analisaram o efeito da variação entre diferentes áreas de jogos simulados de futebol sobre a força isométrica dos isquiossurais. Os jogadores semiprofissionais do sexo masculino participaram de jogos em áreas de 300 e 1000m<sup>2</sup>, durante seis séries de quatro minutos e 90 segundos de intervalo para recuperação. A força muscular foi mensurada antes e após as simulações. A área maior foi responsável por uma redução significativa na força máxima dos isquiossurais (Madison *et al.*, 2019). O achado também foi observado por outros autores (Sannicandro; Cofano; Raiola, 2022). Além disso, Madison e colaboradores (2019) puderam correlacionar as variáveis de aceleração com a redução do pico de torque observado. Durante estágios iniciais da aceleração há uma maior demanda concêntrica por parte dos isquiossurais (Wild; Bezodis; Blagrove, 2011), o que poderia explicar os achados de Madison e colaboradores (2019). Outro achado interessante presente no estudo de Madison diz respeito aos jogos simulados em menor área. Os jogos simulados em menor área induziram a menor perda de força em relação aos jogos de maior área, no entanto, os estímulos de aceleração, correlacionados com a redução do pico de torque de isquiossurais, foram observados com maior frequência em uma menor área (Madison *et al.*, 2019). Segundo os autores, apesar da correlação, a perda de força deve ser associada também a outros fatores,

como distância percorrida em baixa velocidade e desacelerações, apesar de representarem relações não significativas (Madison *et al.*, 2019).

Diante da complexidade das lesões musculoesqueléticas no futebol, sobretudo a de isquiossurais, a implementação de métodos investigativos para fatores de risco modificáveis durante o período competitivo pode conceder informações úteis no fomento do raciocínio clínico e tomada de decisão assertiva com objetivo de expor o atleta à um menor risco (Wollin; Thorborg; Pizzari, 2017; 2018). Dessa forma, o objetivo do presente estudo é determinar a influência de treinos e jogos sobre a força isométrica dos músculos isquiossurais e fadiga neuromuscular durante um período da temporada competitiva, em jovens atletas de futebol.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Associar as cargas externas de treinos e jogos sobre a força isométrica dos músculos isquiossurais e fadiga neuromuscular durante um momento da temporada competitiva, em jovens atletas de futebol.

### **2.1 Objetivos Específicos**

1) Apresentar as variações das cargas externas decorrentes da prática do futebol, força muscular isométrica de isquiossurais e fadiga neuromuscular, durante o período de abrangência da pesquisa.

2) Associar as variáveis de carga externa, como acelerações e distâncias percorridas em alta intensidade, com os achados da avaliação executada semanalmente durante o período de abrangência da pesquisa, que abrange força isométrica de isquiossurais e CMJ.

### **3. HIPÓTESES**

H0. Cargas externas de treinamento de futebol não terão efeito sobre o desempenho da força muscular isométrica de isquiossurais, nem sobre a fadiga neuromuscular. Além disso, nenhuma variável de carga externa possuirá associação com os achados da avaliação.

H1. Dados de carga externa, como acelerações e distâncias percorridas em alta intensidade, serão associados com os achados da avaliação executada semanalmente durante o período de abrangência da pesquisa, que abrange força isométrica de isquiossurais e CMJ.

H2. Os atletas apresentarão aumento da fadiga e diminuição da força muscular isométrica de isquiossurais, quando a avaliação for precedida por maiores valores de carga externa, associando negativamente ambas as variáveis (carga externa e dados de monitoramento).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Procedimentos Éticos

Trata-se de um estudo do tipo retrospectivo, contemplando as avaliações e dados de prontuários do clube referente ao período de julho a novembro de 2022. O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e aprovado, inscrito sob o CAAE 61411622.9.0000.5149. Todos os voluntários foram informados quanto aos procedimentos envolvendo os processos que foram avaliados (força de isquiossurais, da fadiga neuromuscular e das cargas de treinamento). Os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), acordando com a participação neste estudo e a divulgação dos dados (ANEXO A).

O presente estudo coletou e tratou os dados de todos os atletas da categoria SUB20 (com idade entre 18 e 20 anos) de uma equipe profissional de futebol, retrospectivamente, referente ao período de julho a novembro de 2022.

### 4.2 Amostra

Trata-se de uma amostra por conveniência, composta por atletas da categoria SUB20 (com idade entre 18 e 20 anos) de uma equipe profissional de futebol, localizada na cidade de Belo Horizonte/Minas Gerais, região sudeste do Brasil. Todos os jogadores da categoria que possuíssem vínculo ativo com o clube em questão e que não estivessem sob nenhuma condição de lesão (impedindo a prontidão para uma partida completa de futebol) no início das coletas foram convidados a compor a amostragem do presente estudo. Porém, foram excluídos aqueles que apresentavam história de lesão dos músculos isquiossurais no período correspondente aos últimos seis meses (a partir de julho de 2022).

### 4.3 Avaliações

#### 4.3.1 Avaliação da Força

A força muscular isométrica dos isquiossurais (N) e assimetrias foram avaliadas por meio da plataforma NordBord (*NordBord Hamstring Testing System, 50 Hz, Vald Performance*, Brisbane, QLD, Austrália) e registradas no próprio sistema da fabricante. Para o método de avaliação dos membros de forma bilateral, a plataforma possui níveis moderados a altos de confiabilidade (coeficiente de correlação interclasse (ICC) que variaram de 0,83 a 0,90) (Opar *et al.*, 2013), níveis aceitáveis de erro padrão da medida (5,8% a 8,5%) (Cormack *et al.*, 2008; Opar *et al.*, 2013). Além disso, o equipamento possui níveis de correlações moderadas a

altas quando comparado com o torque isométrico do padrão ouro para avaliação da força muscular ( $r = 0,61-0,86$ ) (Ogborn *et al.*, 2021).

Os atletas assumiram uma postura de prancha ventral no NordBord, com os tornozelos fixados à própria plataforma por meio de suspensórios, localizados superiormente ao maléolo lateral. Os antebraços se mantiveram no chão com intuito de manter o tronco em paralelo com o solo, assim como os joelhos foram mantidos em extensão. Apesar do pico de torque dos isquiossurais ocorrer entre 18-28° de flexão de joelho (além de possuir similaridade com os ângulos de fase final de balanço durante a corrida de alta velocidade, e também a maior ativação do bíceps femoral (Onishi *et al.*, 2002)), que possui elevada demanda para ações como aceleração e corrida em alta velocidade (Higashihara *et al.*, 2018)), o método adotado para este estudo é um protocolo sugerido pela fabricante e adotado pelo clube (Isoprone) devido a sua praticidade, tendo em vista que o tempo para as reavaliações semanais era curto. A angulação do joelho será ajustada utilizando um goniômetro, instrumento que apresenta confiabilidade intraexaminador excelente (ICC 0,995 – 0,999) (Carvalho; Mazzer; Barbieri, 2012).

Para a execução do teste, os atletas foram orientados a “puxar o calcanhar em direção ao teto” com o máximo de força possível, produzindo uma força contra as tiras que fixam o tornozelo à plataforma. Além disso, os atletas receberam uma contagem regressiva de “3, 2, 1 e vai”, para iniciar a contração isométrica máxima, mantendo-a por cinco segundos, até que ouça o comando do avaliador para cessar a contração, como já demonstrado anteriormente (Onishi *et al.*, 2002). Foram realizadas três contrações máximas com intervalos de 15 segundos entre os estímulos (Brown; Weir, 2002). Um estímulo verbal não padronizado foi fornecido com o intuito de incentivar a contração máxima do atleta, porém, nenhuma informação referente ao seu desempenho foi fornecida durante a avaliação. O estímulo verbal não padronizado foi selecionado uma vez que estímulos verbais padronizados parecem possuir um efeito insignificante no desempenho do teste de força (Engel *et al.*, 2019). Vale ressaltar que esses procedimentos fazem parte da rotina de avaliações de monitoramento semanal do clube. O presente estudo não realizou nenhuma intervenção ou manipulação dos métodos avaliativos, e sim a coleta dos dados já registrados pelo clube.

Após aprovação do comitê de ética em pesquisa, será realizado o registro do pico de força, dentre as três contrações isométricas máximas de cada membro, durante o período de abrangência da mencionado anteriormente, fornecidas pelo software do dispositivo NordBord (versão 3.4.5.0; *Vald Performance*). O pico de força dos músculos isquiossurais foi a variável com melhor confiabilidade no teste-reteste fornecida pelo NordBord (ICC 0,993 – 0,992) (Ogborn *et al.*, 2021).

**Figura 1.** Posição para realização da avaliação da força muscular



Fonte: Arquivos da pesquisa (2023).

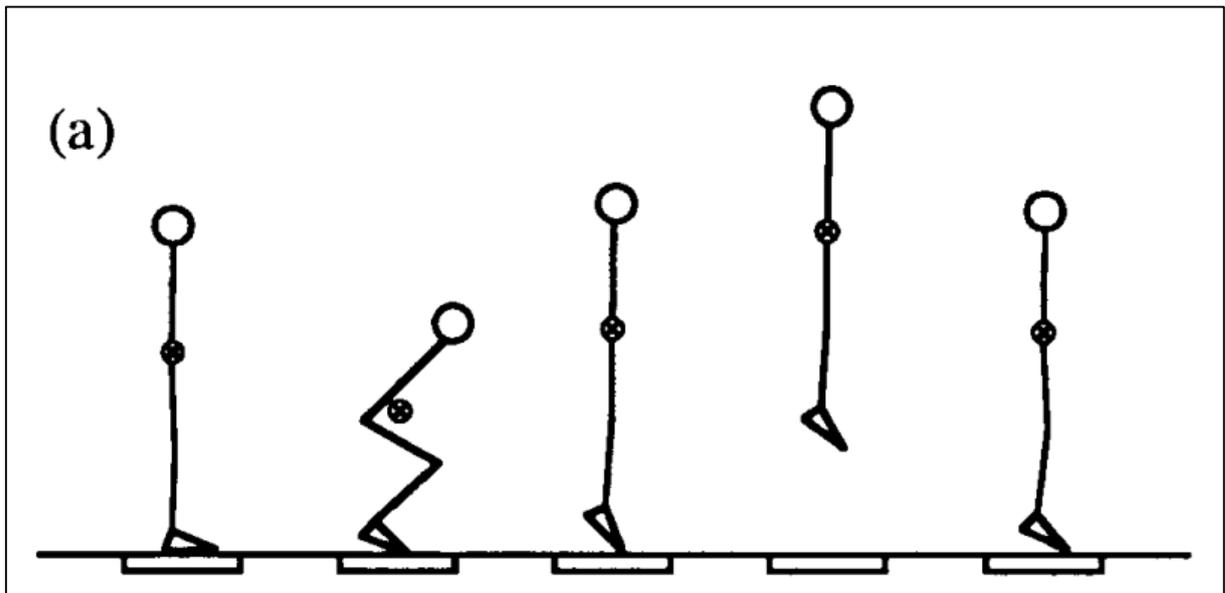
#### 4.3.2 Avaliação da Fadiga Neuromuscular

Definida como uma diminuição prolongada da capacidade do músculo de gerar força ou potência, a fadiga neuromuscular, que pode estar presente por mais de 48 horas após uma partida de futebol, foi avaliada por meio do salto com contramovimento (CMJ) (Overton, 2021; Wu *et al.*, 2019).

Os atletas participantes foram instruídos a realizar um conjunto de três CMJ, com um intervalo de recuperação de 30 segundos entre os saltos. Para realização do CMJ foi utilizado um tapete de contato e o software Multisprint 1.20, pertencentes ao Kit Multisprint/Hidrofit (Brasil). O tapete de contato realizou o registro do tempo de voo, e a partir deste parâmetro, é calculado a altura do salto (Galdino *et al.*, 2005). Registramos a média obtida com os três CMJ. Partindo da posição ereta, os atletas foram orientados a manter os pés afastados (orientados pela largura do quadril), e as mãos na cintura. O salto é o produto de uma movimentação para baixo, realizando flexão das articulações dos quadris, joelhos e dorsiflexão dos tornozelos, até a amplitude em que o atleta julgar adequada para o impulsionar o mais alto possível, em uma ação explosiva. Os joelhos deverão permanecer estendidos, assim como os tornozelos deverão permanecer em flexão plantar durante toda a fase de voo, até o primeiro contato com o solo após o salto. Antes do início dos testes, cada participante completou um aquecimento

padronizado de movimentos dinâmicos (10 *Pogo Jumps*, 10 *Lateral Lunge* e 10 *High Knee Skip*), e uma série de 3 CMJ submáximos. Por fim, os atletas não foram submetidos a familiarização com o teste, uma vez que esse procedimento avaliativo é padrão do clube em que a pesquisa irá ocorrer, sendo algo corriqueiro na rotina dos atletas. O presente estudo não fará nenhuma intervenção ou manipulação dos métodos avaliativos.

**Figura 2.** Sequência de ações no salto com contramovimento



Legenda: O centro de massa do saltador (indicador pelo círculo com "X") move-se estritamente na direção vertical. O saltador é mostrado em momentos chave durante o salto, como é indicado pela sequência de imagens (LINTHORNE, 2001).

#### 4.3.3 Avaliação da Carga de Treinamento

Um sistema de posicionamento global (GPS) foi utilizado para quantificar as cargas de treinamento durante os períodos de abrangência do presente estudo. As unidades GPS (*Catapult OptimEye S5*, *Catapult Innovations*, *Team Sport 5.0*, Melbourne, Austrália), foram colocadas entre as escápulas dos jogadores em coletes sob medida. Os dados de posicionamento global de cada dispositivo foram registrados em uma frequência de amostragem de 10Hz, que incluem a presença de acelerômetro e giroscópio (ambos registrando em uma frequência de 100Hz) e serão baixados de cada dispositivo usando o software e firmware do fabricante (*Catapult Sprint* Versão 5.1.7, Melbourne, Austrália, Firmware Versão 7.17). A confiabilidade deste sistema foi

relatada anteriormente, indicando excelente confiabilidade intra-dispositivo. Os valores de ICC variaram de 0,77 (IC 95%: 0,62–0,89) (muito grande) a 1,0 (IC 95%: 0,99–1,0) (quase perfeito) (Nicolella *et al.*, 2018).



**Figura 3.** Sistema de posicionamento global (*Catapult OptimEye S5*).

Fonte: Arquivos da pesquisa (2023).

A partir dos dados fornecidos pelo GPS durante treinos e competições, utilizaremos as seguintes métricas (tabela 01): Distância Percorrida em Alta Velocidade (DAI), DAI 1, DAI 2, DAI 3, Aceleração (ACC) e Número de *Sprints* (*Sprints*). As variáveis selecionadas possuem uma potencial relação com as lesões no futebol (Bowen *et al.*, 2020).

**Tabela 1.** Definição das variáveis coletadas de GPS

Variável	Definição
DAI	Distância total percorrida (em metros) acima de 20,0 km/h.
DAI 1	Distância total percorrida (em metros) entre 20,0 km/h e 24,9 Km/h.
DAI 2	Distância total percorrida (em metros) entre 25,0 km/h e 29,9 Km/h.
DAI 3	Distância total percorrida (em metros) acima de 30,0 km/h.
ACC	0,5 segundo de aceleração máxima no período de pelo menos 0,5 m/s/s.

---

Fonte: Elaboração própria.

## **5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

Com o consentimento do Clube de Futebol e aprovação do comitê de ética em pesquisa, entramos em contato com os treinadores e atletas, para apresentar o delineamento da pesquisa e procedimentos. Os atletas que concordaram com a pesquisa assinaram o TCLE (ANEXO A). Em seguida, iniciamos os procedimentos de coleta no banco de dados do clube.

A pesquisa ocorreu após aprovação do comitê de ética em pesquisa, utilizando os dados de avaliação semanal dos atletas (CMJ e força isométrica de isquiossurais na plataforma NordBord) e GPS que abrangeram o período de julho a novembro de 2022. Semanalmente, os atletas deram início ao aquecimento padronizado, sendo conduzidos a avaliação do CMJ e em seguida, avaliação da força dos músculos isquiossurais na plataforma NordBord. Após os procedimentos avaliativos, os atletas seguiram a rotina planejada pelo clube de futebol. Durante o período supracitado os atletas mantiveram o uso regular do GPS e avaliação semanal e/ou 48 horas após uma partida oficial. Vale ressaltar que esses procedimentos fazem parte da rotina de avaliações de monitoramento semanal do clube.

## 6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

No total, foram avaliados 22 atletas. Todas as variáveis coletadas foram submetidas a análises descritivas. Para as variáveis categóricas, foram calculadas as frequências absolutas (n) e relativas (%). Para as variáveis numéricas, calculou-se a média, a mediana, o desvio-padrão, os quartis 1 e 3 (que equivalem, respectivamente, aos percentis 25 e 75) e os valores mínimo e máximo.

Para avaliar a associação entre as variáveis de monitoramento e as variáveis de carga ao longo do período de acompanhamento, foram utilizados modelos lineares generalizados mistos (GLMM, do inglês *Generalized Linear Mixed Model*). Esses modelos são adequados à análise de dados longitudinais com distribuição não-normal, uma vez que permitem que as variáveis dependentes apresentem distribuições diferentes da normal e consideram que a correlação existente entre medidas repetidas (Hedeker, 2005). Os modelos foram construídos com as variáveis de monitoramento como variáveis dependentes e as variáveis de carga e o tempo (categorizado de acordo com a semana de acompanhamento) como variáveis independentes de efeitos fixos. Para que o modelo considerasse a característica longitudinal do banco de dados, a identificação do atleta foi incluída no modelo como intercepto aleatório (Hedeker, 2005). Coeficientes beta de GLMMs construídos com distribuição normal (LMMs), quando positivos, indicam o aumento médio a ser observado na variável dependente a cada uma unidade de aumento na variável independente. Já os coeficientes beta negativos correspondem à redução média observada na variável dependente a cada uma unidade de aumento na variável independente. Coeficientes beta não diferem estatisticamente de zero (que, portanto, incluem o valor zero no seu intervalo de confiança 95%) indicam não haver associação estatisticamente significativa entre aquela variável independente e a dependente.

As análises foram conduzidas no *software* R versão 4.1.0 (R Core Team, 2021). As funções *lmer* e *glmer* do pacote *lme4* (Bates *et al.*, 2015) foram utilizadas para construir os modelos GLMM com distribuição normal e Gamma, respectivamente. Todas as análises consideraram um nível de significância ( $\alpha$ ) de 5%.

## 7. RESULTADOS

Inicialmente 26 atletas cumpriram os critérios de inclusão para a pesquisa, no entanto, quatro deles foram dispensados ou mudaram de clube durante o período de abrangência do presente estudo. Os 22 atletas remanescentes compuseram a amostragem total. Os valores médios, mínimos e máximos de cada variável da pesquisa foram apresentados em média e desvio padrão, mediana e, valores (mín. e máx.), conforme apresentado na tabela a seguir:

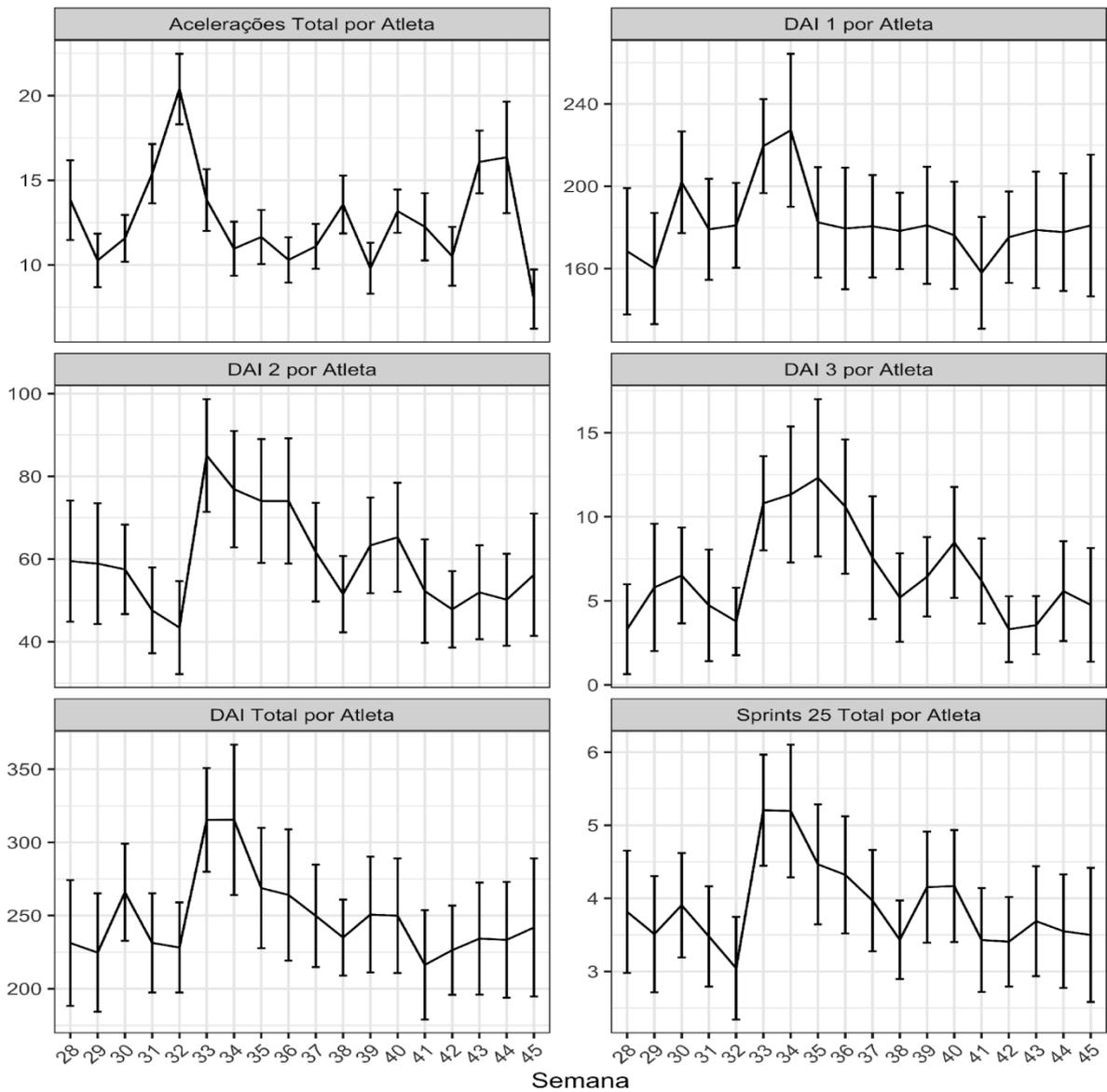
**Tabela 2.** Análise descritiva das variáveis numéricas

Variável	n	Média (DP)	Mediana	Mín - Máx
			(Q1 - Q3)	
DAI	22	249,70 (58,25)	241,15 (204,29 - 290,37)	169,91 - 366,40
DAI 1	22	182,46 (42,61)	179,30 (142,69 - 213,72)	116,52 - 257,27
DAI 2	22	60,33 (17,18)	56,81 (47,29 - 71,57)	35,79 - 94,14
DAI 3	22	6,91 (4,47)	5,53 (3,94 - 8,43)	1,90 - 17,92
ACC	22	12,74 (3,39)	12,37 (10,18 - 14,41)	8,44 - 22,29
SPRINTS	22	3,94 (1,19)	3,75 (3,03 - 4,49)	2,40 - 6,56
Isoprone E	22	192,20 (31,20)	189,70 (170,63 - 203,88)	138,69 - 254,00
Isoprone D	22	194,16 (32,90)	184,22 (173,09 - 209,62)	159,48 - 266,80
Assimetria Isoprone (%)	22	10,12 (4,58)	8,73 (6,77 - 11,58)	3,73 - 21,21
Média CMJ	22	42,03 (2,41)	41,97 (41,04 - 43,54)	37,72 - 46,82

Legenda: DP = desvio-padrão; Máx = valor máximo; Mín = valor mínimo; Q1 = primeiro quartil (percentil 25); Q3 = terceiro quartil (percentil 75). Para todas as variáveis incluídas na tabela primeiramente calculou-se a média dos valores observados ao longo do período para cada atleta e então esses resultados foram submetidos às análises descritivas.

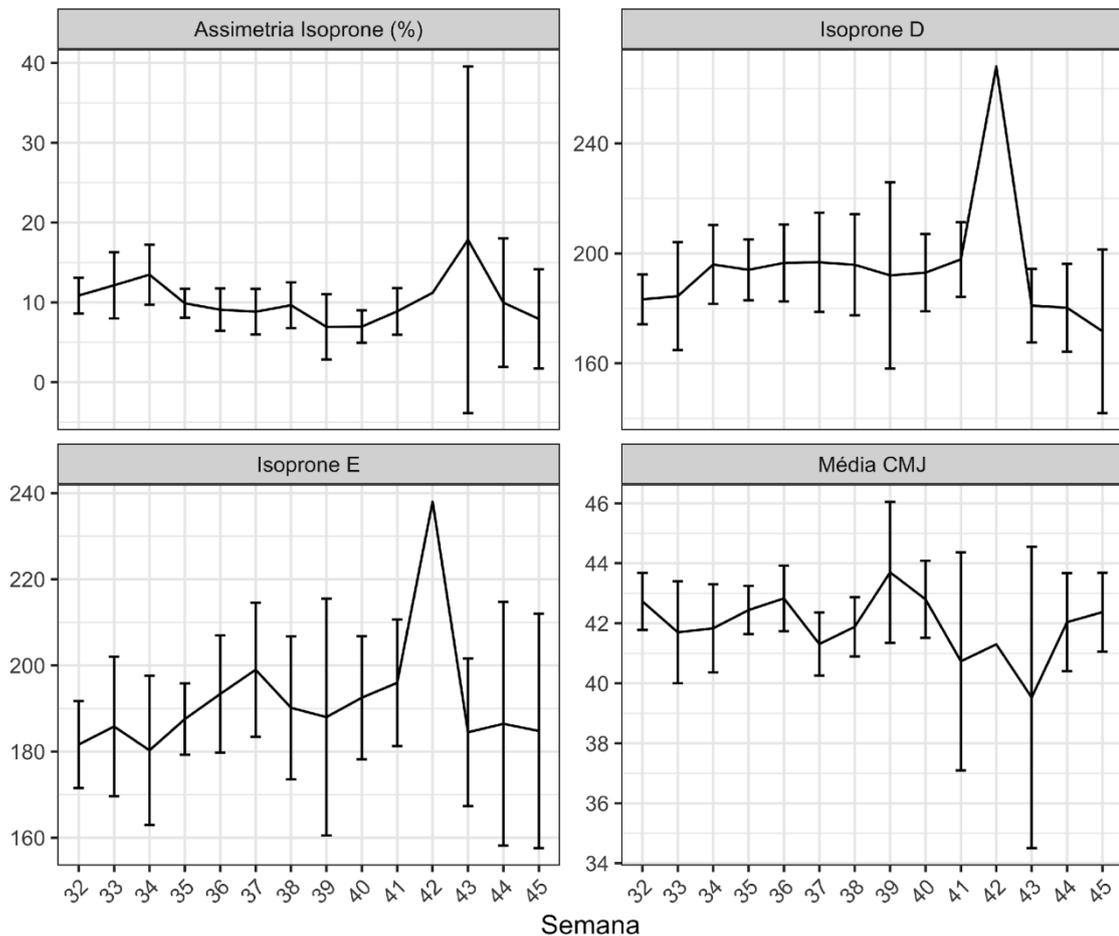
Além das medidas de tendência central apresentadas na tabela 02, as médias e intervalos de confiança das variáveis de carga de treinamento e monitoramento foram apresentadas nas figuras 03 e 04 em formato de gráfico de linhas ao longo de todo o período de abrangência do estudo.

**Figura 4.** Média e Intervalo de Confiança para as variáveis de carga ao longo do tempo



Legenda: Gráfico de linhas representando a média e o intervalo de confiança 95% para as variáveis de carga ao longo do tempo. A variável semana corresponde à semana do ano. N = 22 atletas.

**Figura 5.** Média e Intervalo de Confiança para as variáveis de monitoramento ao longo do tempo



Legenda: Gráfico de linhas representando a média e o intervalo de confiança 95% para as variáveis de monitoramento ao longo do tempo. A variável semana corresponde à semana do ano. A semana 42 não apresenta intervalo de confiança porque um único indivíduo foi avaliado nesse período. N = 22 atletas.

O GLMM foi empregado para testar a associação entre as variáveis de monitoramento (Isoprone D, Isoprone E, Assimetria Isoprone e CMJ) e variáveis de carga externa (DAI Total, DAI 1, DAI 2, DAI 3, Acelerações e Sprints). A corrida de alta intensidade, e em diferentes níveis, foi associada aos testes de força muscular isométrico de isquiossurais e salto vertical com contramovimento. O aumento das distâncias percorridas acima de 20km/h, entre 20 e 24,9km/h, entre 25 e 29,9km e, número de estímulos realizados acima de 25km/h foram associados a diminuição da assimetria de força de isquiossurais, além do número de estímulos realizados acima de 25km/h associado ao incremento da altura do salto vertical com contramovimento. O principal fator de redução da assimetria está associado ao incremento da força muscular isométrica do membro inferior esquerdo. O modelo (GLMM) indicou haver associação entre a variável DAI Total e Assimetria de força (a cada uma unidade de aumento em DAI Total há, em média, uma redução de 0,015 no valor de Assimetria), DAI 1 e Assimetria

de força (a cada uma unidade de aumento em DAI 1 há, em média, uma redução de 0,018 no valor de Assimetria), DAI 2 e Assimetria de força (a cada uma unidade de aumento em DAI 2 há, em média, uma redução de 0,044 no valor de Assimetria), número de Sprints e Assimetria de força (a cada uma unidade de aumento em número de Sprints há, em média, uma redução de 0,667 no valor de Assimetria). Além da associação entre as métricas de corrida em alta velocidade citadas anteriormente, o modelo indicou haver associação entre número de Sprints e média do CMJ. De acordo com o valor do coeficiente Beta, a cada uma unidade de aumento em Sprints há, em média, um aumento de 0,210 no valor de média de CMJ.

**Tabela 3.** Modelo Linear Geral Misto por variável dependente e independente

<b>Variável dependente: Isoprone E</b>			
<b>Variável independente</b>	<b>Beta</b>	<b>IC 95%</b>	<b>p</b>
DAI	0,008	-0,010; 0,026	0,402
DAI 1	0,008	-0,016; 0,032	0,511
DAI 2	0,032	-0,030; 0,094	0,314
DAI 3	1,000	0,999; 1,002	0,742
Aceleração	0,140	-0,150; 0,431	0,345
Sprints	0,412	-0,555; 1,373	0,404
<b>Variável dependente: Isoprone D</b>			
<b>Variável independente</b>	<b>Beta</b>	<b>IC 95%</b>	<b>p</b>
DAI	0,000	-0,018; 0,018	0,970
DAI 1	0,003	-0,021; 0,026	0,814
DAI 2	-0,021	-0,082; 0,040	0,509
DAI 3	-0,059	-0,354; 0,235	0,692
Acelerações	0,012	-0,275; 0,299	0,935
Sprints	1,000	0,995; 1,005	0,979
<b>Variável dependente: Assimetria Isoprone</b>			
<b>Variável independente</b>	<b>Beta</b>	<b>IC 95%</b>	<b>p</b>
DAI	-0,015	-0,027; -0,003	0,016*
DAI 1	-0,018	-0,033; -0,002	0,026*
DAI 2	-0,044	-0,085; -0,003	0,034*

DAI 3	-0,147	-0,343; 0,049	0,143
Acelerações	-0,131	-0,322; 0,060	0,180
Sprints	-0,667	-1,300; -0,034	0,040*

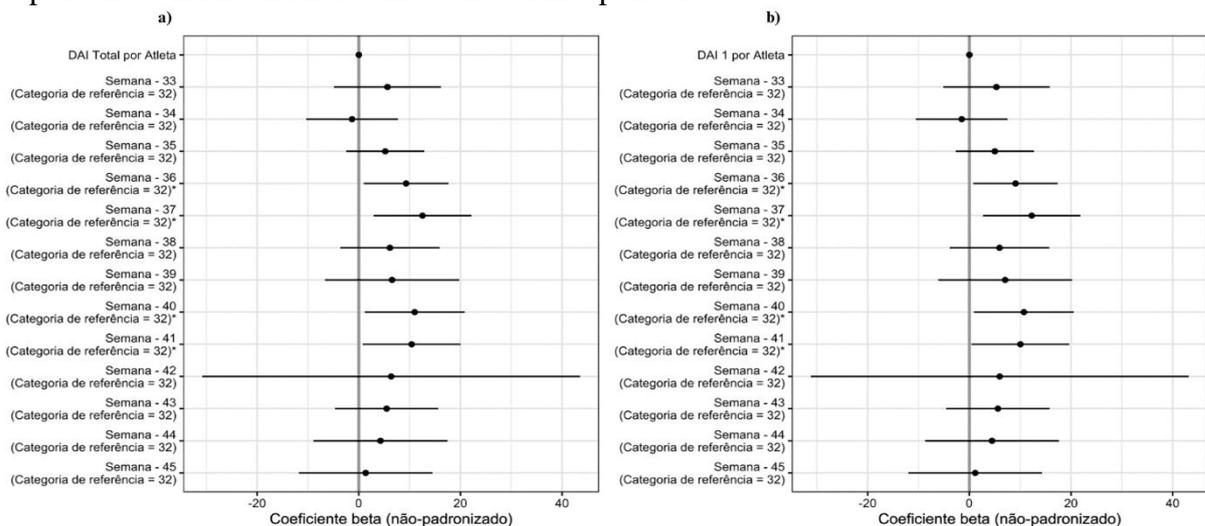
### Variável dependente: CMJ

Variável independente	Beta	IC 95%	p
DAI	0,004	0,000; 0,008	0,064
DAI 1	0,004	-0,001; 0,009	0,129
DAI 2	0,012	0,000; 0,025	0,056
DAI 3	0,061	-0,003; 0,125	0,062
Acelerações	0,028	-0,034; 0,091	0,373
Sprints	0,210	0,015; 0,406	0,036*

Legenda: Beta = coeficiente beta (não-padronado); IC = intervalo de confiança. \* para  $p < 0,05$ .

A variável Isoprone E, referente a força isométrica isquiossurais do membro inferior esquerdo, apresentou valores estatisticamente superiores aos obtidos na semana 32 (semana de referência) em quatro momentos distintos (semanas 36, 37, 40 e 41), quando controlados para DAI, DAI 1, DAI 2, DAI 3, Sprints e Acelerações (Figura 06, 07 e 08). O achado não foi tão pronunciado para os demais dados de avaliação.

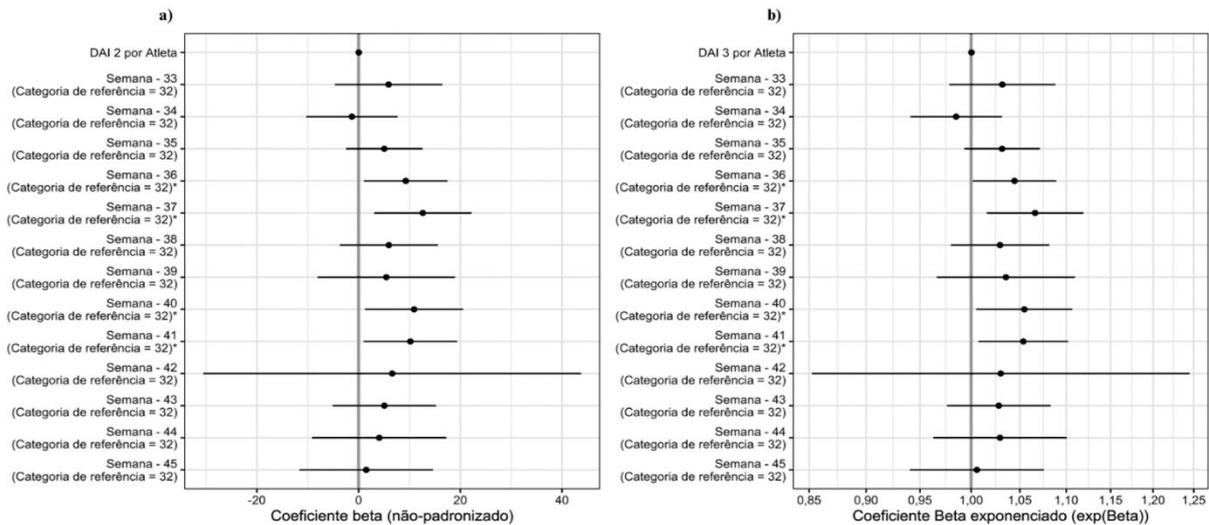
**Figura 6.** Gráfico de floresta dos coeficientes beta do GLMM com Isoprone E como variável dependente e DAI e DAI 1 como variável independente



Legenda: Gráfico de floresta (*forest plot*) dos coeficientes beta (não-padronado) do modelo linear geral misto com Isoprone E como variável dependente. a) DAI como variável independente. b) DAI 1 como variável independente. Os pontos indicam o valor do coeficiente beta e as linhas horizontais representam o intervalo de confiança 95%. A linha central, destacada em cinza, indica o valor de coeficiente igual a zero. Intervalos de

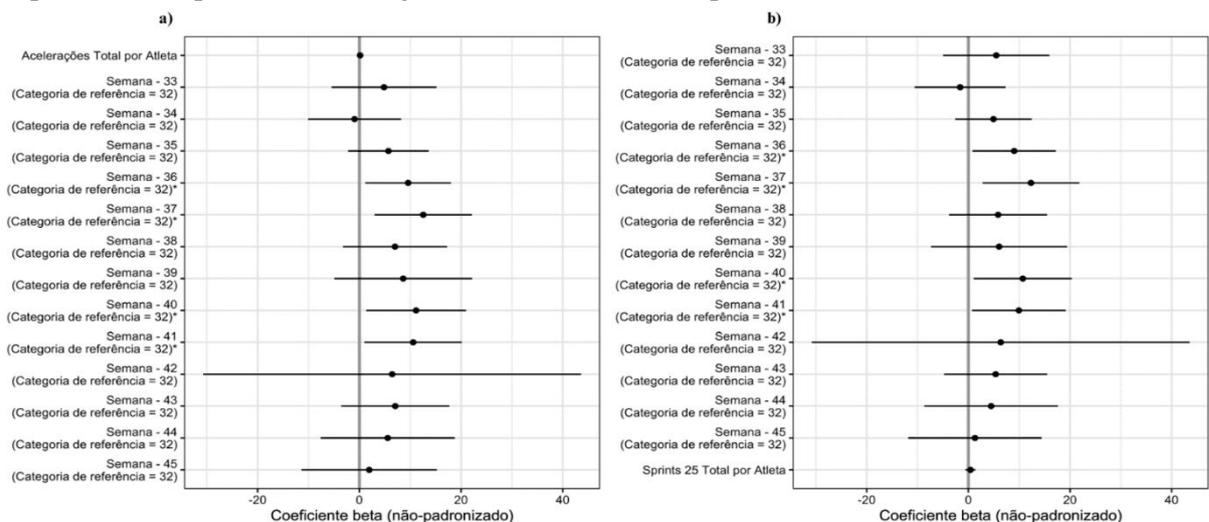
confiança 95% que cruzam a linha central correspondem a coeficientes que não diferem estatisticamente de zero. N = 22.

**Figura 7.** Gráfico de floresta dos coeficientes beta do GLMM com Isoprone E como variável dependente e DAI 2 e DAI 3 como variável independente



Legenda: Gráfico de floresta (*forest plot*) dos coeficientes beta (não-padronizados) do modelo linear geral misto com Isoprone E como variável dependente. a) DAI 2 como variável independente. b) DAI 3 como variável independente. Os pontos indicam o valor do coeficiente beta e as linhas horizontais representam o intervalo de confiança 95%. a) A linha central, destacada em cinza, indica o valor de coeficiente igual a zero. Intervalos de confiança 95% que cruzam a linha central correspondem a coeficientes que não diferem estatisticamente de zero. N = 22. b) A linha central, destacada em cinza, indica o valor de  $\exp(\text{Beta})$  igual a 1. Intervalos de confiança 95% que cruzam a linha central correspondem a  $\exp(\text{Beta})$  que não diferem estatisticamente de 1. N = 22.

**Figura 8.** Gráfico de floresta dos coeficientes beta do GLMM com Isoprone E como variável dependente e Sprints e Acelerações como variável independente



Legenda: Gráfico de floresta (*forest plot*) dos coeficientes beta (não-padronizados) do modelo linear geral misto com Isoprone E como variável dependente. a) Acelerações como variável independente. b) Sprints como variável independente. Os pontos indicam o valor do coeficiente beta e as linhas horizontais representam o intervalo de confiança 95%. A linha central, destacada em cinza, indica o valor de coeficiente igual a zero. Intervalos de confiança 95% que cruzam a linha central correspondem a coeficientes que não diferem estatisticamente de zero. N = 22.

## 8. DISCUSSÃO

Este estudo objetivou associar as cargas externas de treinamento impostas pelo futebol sobre a força isométrica dos músculos isquiossurais e fadiga neuromuscular durante um momento da temporada competitiva, em jovens atletas. Os achados nos permitem rejeitar a hipótese nula, uma vez que foi observado associação entre variáveis de carga e monitoramento semanal. No entanto, apenas as variáveis DAI, DAI 1, DAI 2 e número de Sprints foram associadas aos dados de avaliação (assimetria de força medida pelo isoprone e altura do CMJ), confirmando parcialmente a hipótese de número um. Por outro lado, a hipótese de número dois previa uma diminuição da força isométrica de isquiossurais e altura do CMJ em momentos de incremento da carga, quando, na verdade, observamos uma associação contrária àquela que havia sido hipotetizada. Apesar das diferenças metodológicas, acreditávamos que iríamos encontrar resultados relativamente semelhantes aos que foram descritos por outros autores (Madison *et al.*, 2019; Wollin; Thorborg; Pizzari, 2017; 2018). Madison e colaboradores (2019) tiveram como objetivo determinar o efeito das dimensões do campo de futebol sobre a força dos isquiossurais em jogadores semiprofissionais, identificando que maiores áreas proporcionam mais ações de alta intensidade, como acelerações e, nesse caso, sendo uma variável associada ao decremento da força. Além do presente estudo não analisar o efeito agudo à exposição ao futebol, Madison e colaboradores (2019) avaliaram a força de isquiossurais com os joelhos fletidos em 30 e 90°, aumentando o foco para avaliação de bíceps femoral e dos semimembrano e semitendinoso, respectivamente.

A lesão de isquiossurais durante a corrida de alta velocidade é constantemente associada ao ângulo de flexão de quadril entre 45-90° e flexão de joelho menor que 45° durante a fase de balanço, sendo um momento de alta demanda excêntrica dos isquiossurais (Jokela *et al.*, 2023). Durante esse momento, os isquiossurais sofrem uma grande demanda de energia, que depende da velocidade da corrida (Chumanov *et al.*, 2012). Quanto maior a velocidade, maior a energia cinética que os isquiossurais devem dissipar para controlar o movimento do membro (Chumanov *et al.*, 2012). Essa energia cinética é proporcional ao quadrado da velocidade (Chumanov *et al.*, 2012). Portanto, os isquiossurais estão sujeitos a uma maior carga de trabalho e risco de lesão em velocidades mais altas de corrida (Chumanov *et al.*, 2012). Além disso, Madison também concluiu que maiores ângulos de flexão de joelho foram mais sensíveis para as mudanças observadas no declínio de força de seus atletas (Madison *et al.*, 2019). Dessa forma, uma limitação do presente estudo pode estar associada ao método em que a avaliação da força muscular foi realizada. Embora saibamos que a força isométrica seja capaz de mensurar

as perdas de força, o tipo de contração, sobretudo a excêntrica, e diferentes amplitudes poderiam justificar eventuais diferenças observadas.

Wu e colaboradores (2019) também analisaram a relação entre *sprints* e fadiga (através do CMJ), evidenciando decréscimo do desempenho do CMJ em até 48 horas após a prática dos estímulos de *sprint*. Nesse caso, os autores optaram por avaliar os participantes antes da atividade, imediatamente após e em 0,5, 1, 3, 6, 24 e 48 horas após o treinamento, em um único momento (Wu *et al.*, 2019). Diante dos achados de Wu e colaboradores (2019), referente ao período observado de decréscimo no desempenho de salto, o método aplicado no presente estudo poderia ser suficiente para observar uma associação entre maiores cargas externas e diminuição da altura do CMJ e, ao invés disso, o aumento do número de *sprints* foi associado à melhor desempenho no CMJ. Se analisado de forma isolada e unidirecional, os resultados poderiam representar uma contradição com a então literatura.

Ao contrário dos trabalhos apresentados, o presente estudo fez uma análise de 14 semanas, se tornando suscetível às variações adaptativas promovidas pelo treinamento, sejam elas positivas ou negativas. Por essa óptica, os resultados se tornam concordantes com outros estudos similares publicados (Freeman *et al.*, 2019; Mendiguchia; Alentorn-Geli; Brughelli, 2014). O estudo de Freeman e colaboradores (2019) tiveram como objetivo comparar os efeitos do treinamento de Sprint e do exercício nórdico excêntrico para isquiossurais, na força dos isquiossurais e no desempenho de *sprints* em jovens atletas. Em ambos os casos (treino de força com exercício nórdico e treino de *sprints*) os atletas apresentaram ganhos significativos na força dos isquiossurais, no entanto, o grupo que treinou com *sprints* também obteve melhorias moderadas na atividade de *sprints*, especificamente na velocidade máxima. Os *sprints* também apresentaram resultados satisfatórios (em relação ao treino de força convencional) para aumento do comprimento do fascículo da cabeça longa do bíceps femoral e efeitos protetivos contra lesões musculares de isquiossurais (Mendiguchia; Alentorn-Geli; Brughelli, 2014). Os achados corroboram com os observados no presente estudo, onde além da associação do número de *sprints* com melhor desempenho de salto, distâncias percorridas em alta intensidade (DAI, DAI 1, DAI 2 e número de *sprints*) foram associadas a menores assimetrias de força de isquiossurais, induzidas principalmente pelo incremento da força dos isquiossurais do membro inferior esquerdo.

Meckel e colaboradores (2018) avaliaram dezoito atletas de futebol profissional durante três períodos distintos: antes da pré-temporada, após a pré-temporada e no meio da temporada competitiva, observando melhoria significativa no desempenho do CMJ após a pré-temporada e durante a temporada competitiva. Os autores acreditam que a melhoria possa estar associada

à natureza de alta intensidade do treinamento e jogo de futebol (Meckel *et al.*, 2018). Além disso, é importante ressaltar a importância do treino de força e potência em atletas de futebol para incremento do salto vertical (Wisløff *et al.*, 2004). Os achados do presente estudo corroboram com os de Meckel e colaboradores (2018), em que é possível observar adaptações positivas no CMJ aos treinos e jogos de futebol, mesmo durante períodos competitivos.

### 8.1 Limitações do Estudo

Apesar das associações positivas entre variáveis de carga de treinamento e variáveis de monitoramento observadas no presente estudo, esses resultados precisam ser analisados com cautela, uma vez que estão presentes em um estudo retrospectivo, cujo principal objeto de análise é o conjunto de dados referente a rotina comum do clube, sem nenhuma intervenção por parte da pesquisa. Outras variáveis, como treino de força, densidade dos estímulos de carga externa e intervenções individualizadas podem influenciar os resultados observados no presente estudo.

### 8.2 Perspectivas Futuras

Acreditamos que as análises observadas possam ser reproduzidas em ambiente similar, mas também poderiam ser potencializadas com as devidas intervenções. Sugerimos que mais estudos sazonais sejam realizados para orientar profissionais da saúde e performance de clubes esportivos, além de auxiliar no fomento do raciocínio clínico durante o período competitivo. Para determinar o efeito das demandas registradas pelo GPS e força ou fadiga neuromuscular, estudos investigativos com registro pré e pós atividade parecem promissores.

A avaliação da força muscular excêntrica e/ou em amplitudes mais específicas com o possível dano induzido pelas cargas de treinamento, podem trazer mais precisão para associações futuras. Além disso, reduzir os ruídos externos, como fatores de confusão para o incremento da força e salto vertical, podem trazer resultados mais robustos à pesquisa.

## 9. CONCLUSÃO

Como foi demonstrado nesse estudo, fatores determinantes para a lesão podem ser associados uns aos outros e aumentar o nosso entendimento sobre fatores de risco. Compreender a complexidade inerente aos fatores de risco e as possíveis interações entre esses fatores pode ser a chave para traçar melhores planos preventivos.

A corrida de alta intensidade, e em diferentes níveis, foi associada aos testes de força muscular isométrico de isquiossurais e salto vertical com contramovimento. O aumento das distâncias percorridas acima de 20km/h, entre 20 e 24,9km/h, entre 25 e 29,9km e, número de estímulos realizados acima de 25km/h foram associados a diminuição da assimetria de força de isquiossurais, além do número de estímulos realizados acima de 25km/h associado ao incremento da altura do salto vertical com contramovimento. O principal fator de redução da assimetria está associado ao incremento da força muscular isométrica do membro inferior esquerdo.

## REFERÊNCIAS

- AKENHEAD, R. *et al.* Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 16(6), 556–561, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.005>.
- BAHR, R.; THORBORG, K.; EKSTRAND, J. Evidence-based hamstring injury prevention is not adopted by the majority of Champions League or Norwegian Premier League football teams: The Nordic Hamstring survey. **British Journal of Sports Medicine**, 49(22), 1466–1471, 2015. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094826>.
- BARNES, C. *et al.* The evolution of physical and technical performance parameters in the English premier league. **International Journal of Sports Medicine**, 35(13), 1095–1100, 2014. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>.
- BATES, D. *et al.* Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, 67(1), 2015. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
- BENGTSSON, H.; EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. **British Journal of Sports Medicine**, 47(12), 743–747, 2013. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092383>.
- BENJAMINSE, A. *et al.* Revised Approach to the Role of Fatigue in Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention: A Systematic Review with Meta-Analyses. **Sports Medicine**, 49(4), 565–586, 2019. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01052-6>.
- BITTENCOURT, N. F. N. *et al.* Complex systems approach for sports injuries: Moving from risk factor identification to injury pattern recognition - Narrative review and new concept. **British Journal of Sports Medicine**, 50(21), 1309–1314, 2016. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095850>.
- BOWEN, L. *et al.* Spikes in acute:chronic workload ratio (ACWR) associated with a 5-7 times greater injury rate in English Premier League football players: A comprehensive 3-year study. **British Journal of Sports Medicine**, 54(12), 731–738, 2020. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099422>.
- BRADLEY, P. S. *et al.* Tier-specific evolution of match performance characteristics in the English Premier League: it's getting tougher at the top. **Journal of Sports Sciences**, 34(10), 980–987, 2016. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1082614>.
- BRADLEY, P. S. *et al.* Sub-maximal and maximal Yo-Yo intermittent endurance test level 2: Heart rate response, reproducibility and application to elite soccer. **European Journal of Applied Physiology**, 111(6), 969–978, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1721-2>.
- BROWN, L. E.; WEIR, J. P. Asep procedures recommendation i: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology**, 4(3), 1–10, 2002.
- CARVALHO, R. DE; MAZZER, N.; BARBIERI, C. H. Análise da confiabilidade e reprodutibilidade da goniometria em relação à fotogrametria na mão. **Acta Ortopédica Brasileira**, 20(3), 139–149, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1413-78522012000300003>.

CEZARINO, L. G.; GRÜNINGER, L. B. da S.; SILVA, R. S. Injury profile in a Brazilian first-division youth soccer team: A prospective study. **Journal of Athletic Training**, 55(3), 295–302, 2020. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-449-18>.

CHUMANOV, E. S. *et al.* Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. In **British Journal of Sports Medicine**, vol. 46(2), p. 90, 2012. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090176>.

CORMACK, S. J. *et al.* Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 3(2), 131–144, 2008. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.2.131>.

EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M.; WALDÉN, M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). **American Journal of Sports Medicine**, 39(6), 1226–1232, 2011a. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>.

EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M.; WALDÉN, M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). **American Journal of Sports Medicine**, 39(6), 1226–1232, 2011b. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>.

EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M.; WALDÉN, M. Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. **British Journal of Sports Medicine**, 45(7), 553–558, 2011c. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.060582>.

EKSTRAND, J. *et al.* Injury rates decreased in men's professional football: An 18-year prospective cohort study of almost 12 000 injuries sustained during 1.8 million hours of play. **British Journal of Sports Medicine**, 55(19), 1084–1091, 2021. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103159>.

EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M.; WALDÉN. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: A 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. **British Journal of Sports Medicine**, 50(12), 731–737, 2016. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095359>.

ELIAKIM, E. *et al.* Estimation of injury costs: Financial damage of English Premier League teams' underachievement due to injuries. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, 6(1), 2020. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000675>.

ENGEL, F. A. *et al.* Verbal encouragement and between-day reliability during high-intensity functional strength and endurance performance testing. **Frontiers in Physiology**, 10(apr), 1–8, 2019. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00460>.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Med Sci Sports Exerc.**, 1164–1168, 1998.

FRECKLETON, G.; PIZZARI, T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: A systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, 47(6), 351–358, 2013. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090664>.

FULLER, C. W.; JUNGE, A.; DVORAK, J. Risk management: FIFA's approach for protecting the health of football players. In **British Journal of Sports Medicine**, vol. 46(1), pp. 11–17, 2012. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090634>.

GALDINO, L. A. dos S. *et al.* Comparação entre níveis de força explosiva de membros inferiores antes e após flexionamento passivo. **Fitness & Performance Journal**, 4(1), 11–15, 2005. <https://doi.org/10.3900/fpj.4.1.11.p>.

GRONWALD, T. *et al.* Hamstring injury patterns in professional male football (soccer): a systematic video analysis of 52 cases. **British Journal of Sports Medicine**, 56(3), 165–171, 2022. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104769>.

HÄGGLUND, M.; WALDÉN, M.; EKSTRAND, J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. **American Journal of Sports Medicine**, 41(2), 327–335, 2013. <https://doi.org/10.1177/0363546512470634>.

HAMLIN, M. J. *et al.* The Effect of Sleep Quality and Quantity on Athlete's Health and Perceived Training Quality. **Frontiers in Sports and Active Living**, 3(set), 1–10, 2021. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.705650>.

HEDEKER, D. Generalized linear mixed models. **Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science**, 2, 729–738, 2005.

HIGASHIHARA, A. *et al.* Differences in hamstring activation characteristics between the acceleration and maximum-speed phases of sprinting. **Journal of Sports Sciences**, 36(12), 1313–1318, 2018. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1375548>.

HULIN, B. T., GABBETT, T. J., LAWSON, D. W., CAPUTI, P., & SAMPSON, J. A. (2015). The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. **Br J Sports Med**, 0, 1–7. <https://doi.org/10.1136/bjsports>.

JOKELA, A. *et al.* Mechanisms of Hamstring Injury in Professional Soccer Players: Video Analysis and Magnetic Resonance Imaging Findings. **Clinical Journal of Sport Medicine**, 33(3), 217–224, 2023. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000001109>.

JUNGE, A.; DVORAK, J. Soccer injuries: A review on incidence and prevention. **Sports Medicine**, 34(13), 929–938, 2004. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434130-00004>.

JUNGE, A.; DVORAK, J. Injury surveillance in the world football tournaments 1998-2012. **British Journal of Sports Medicine**, 47(12), 782–788, 2013. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092205>.

KNIHS, D. A. *et al.* Reliability and sensitivity of countermovement jump-derived variables in detecting different fatigue levels. **Journal of Physical Education** (Maringá), 32(1), 1–9, 2021. <https://doi.org/10.4025/jphyseduc.v32i1.3232>.

KUNZ, M. Big count 265 million playing football. **FIFA Magazine** - Federation Internationale de Football Association (FIFA), 2007.

LINTHORNE, N. P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. **American Journal of Physics**, 69(11), 1198–1204, 2001. <https://doi.org/10.1119/1.1397460>.

MADISON, G. *et al.* Effects of small-sided game variation on changes in hamstring strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 33(3), 839–845, 2019.

- MALISOUX, L. *et al.* A step towards understanding the mechanisms of running-related injuries. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 18(5), 523–528, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.014>.
- MALONE, S. *et al.* High chronic training loads and exposure to bouts of maximal velocity running reduce injury risk in elite Gaelic football. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 20(3), 250–254, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.005>.
- MARSHALL, P. W. M.; LOVELL, R.; SIEGLER, J. C. Changes in passive tension of the hamstring muscles during a simulated soccer match. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 11(5), 594–601, 2016. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2015-0009>.
- MCCALL, A. *et al.* Reliability and sensitivity of a simple isometric posterior lower limb muscle test in professional football players. **Journal of Sports Sciences**, 33(12), 1298–1304, 2015. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022579>.
- MECKEL, Y. *et al.* Seasonal variations in physical fitness and performance indices of elite soccer players. **Sports**, 6(1), 2018. <https://doi.org/10.3390/sports6010014>.
- MEEUWISSE, W. H. *et al.* A dynamic model of etiology in sport injury: The recursive nature of risk and causation. **Clinical Journal of Sport Medicine**, 17(3), 215–219, 2007. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3180592a48>.
- MENDIGUCHIA, J.; ALENTORN-GELI, E.; BRUGHELLI, M. Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? **Br J Sports Med**, 46(2), 81–85, 2014.
- MØLLER, M. *et al.* Handball load and shoulder injury rate: A 31-week cohort study of 679 elite youth handball players. **British Journal of Sports Medicine**, 51(4), 231–237, 2017. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096927>.
- MURRAY, N. B. *et al.* Calculating acute: Chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages. In **British Journal of Sports Medicine**, vol. 51(9), pp. 749–754, 2017. BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097152>.
- NAVARRO, E. *et al.* A Review of Risk Factors for Hamstring Injury in Soccer: a Biomechanical Approach. **European Journal of Human Movement**, 34(July), 52–74, 2015.
- NICOLELLA, P. D. *et al.* Validity and reliability of an accelerometer- based player tracking device. **PLoS ONE**, 13(2), 1–13, 2018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191823>.
- OGBORN, D. I. *et al.* Comparison of common methodologies for the determination of knee flexor muscle strength. **International Journal of Sports Physical Therapy**, 16(2), 350–359, 2021. <https://doi.org/10.26603/001c.21311>.
- ONISHI, H. *et al.* EMG-angle relationship of the hamstring muscles during maximum knee flexion. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 12(5), 399–406, 2002. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(02\)00033-0](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(02)00033-0).

OPAR, D. A. *et al.* A novel device using the Nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: A reliability and retrospective injury study. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, 43(9), 636–640, 2013. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4837>.

OVERTON, A. J. Neuromuscular Fatigue and Biomechanical Alterations during High-Intensity, Constant-Load Cycling. **The Grants Register 2022**, 376–377, 2021. [https://doi.org/10.1057/978-1-349-96042-2\\_425](https://doi.org/10.1057/978-1-349-96042-2_425).

POL, R. *et al.* From microscopic to macroscopic sports injuries. Applying the complex dynamic systems approach to sports medicine: a narrative review. **British Journal of Sports Medicine**, 53(19), 1214–1220, 2019. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097395>.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, 902, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3520-4>.

ROBINEAU, J. *et al.* Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. **Journal Of Strength and Conditioning Research**, 26(2), 555–562, 2012.

ROOS, K. G. *et al.* Epidemiology of 3825 injuries sustained in six seasons of National Collegiate Athletic Association men's and women's soccer (2009/2010-2014/2015). **British Journal of Sports Medicine**, 51(13), 1029–1034, 2017. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095718>.

ROSSI, A. *et al.* Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. **PLoS ONE**, 13(7), 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201264>.

SANNICANDRO, I.; COFANO, G.; RAIOLA, G. The Acute Effects of Small-Sided Games on Hamstring Strength in Young Soccer Players. **Teoriâ Ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ**, 22(1), 77–84, 2022. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2022.1.11>.

SCHACHE, A. G. *et al.* Can a clinical test of hamstring strength identify football players at risk of hamstring strain? **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, 19(1), 38–41, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1221-2>.

TIMMINS, R. G. *et al.* Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): A prospective cohort study. **British Journal of Sports Medicine**, 50(24), 1524–1535, 2016. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095362>.

TIMMINS, R. G. *et al.* Reduced biceps femoris myoelectrical activity influences eccentric knee flexor weakness after repeat sprint running. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, 24(4), 299–305, 2014. <https://doi.org/10.1111/sms.12171>.

VAN BEIJSTERVELDT, A. M. C. *et al.* Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Systematic Review of Prospective Studies. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, 23(3), 253–262, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01487.x>.

WILD, J.; BEZODIS, N.; BLAGROVE, R. C. A Biomechanical Comparison of Accelerative and Maximum Velocity Sprinting: Specific Strength Training Considerations. **UKSCA -**

**Professional Strength and Conditioning**, 21, 23–36, 2011. <https://www.researchgate.net/publication/289469958>.

WINDT, J. *et al.* Training load-injury paradox: is greater preseason participation associated with lower in-season injury risk in elite rugby league players? **Br J Sports Med**, 0, 1–7, 2016. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016>.

WISLØFF, U. *et al.* Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, 38(3), 285–288, 2004. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>.

WOLLIN, M.; THORBORG, K.; PIZZARI, T. The acute effect of match play on hamstring strength and lower limb flexibility in elite youth football players. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, 27(3), 282–288, 2017. <https://doi.org/10.1111/sms.12655>.

WOLLIN, M.; THORBORG, K.; PIZZARI, T. Monitoring the effect of football match congestion on hamstring strength and lower limb flexibility: Potential for secondary injury prevention? **Physical Therapy in Sport**, 29, 14–18, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2017.09.001>.

WU, P. P. Y. *et al.* Predicting fatigue using countermovement jump force-time signatures: PCA can distinguish neuromuscular versus metabolic fatigue. **PLoS ONE**, 14(7), 1–16, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219295>.

ZAGO, M. *et al.* Fatigue Induced by Repeated Changes of Direction in Élite Female Football (Soccer) Players: Impact on Lower Limb Biomechanics and Implications for ACL Injury Prevention. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, 9(July), 1–11, 2021. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.666841>.

## ANEXO A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### EFEITO AGUDO DO JOGO DE FUTEBOL SOBRE A FORÇA DE ISQUIOSSURAIIS E A FADIGA EM JOVENS ATLETAS

Pesquisadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andressa da Silva de Mello

Prezado, convidamos você a participar da pesquisa **“INFLUÊNCIA DE TREINOS E JOGOS SOBRE A FORÇA DE ISQUIOSSURAIIS E FADIGA NEUROMUSCULAR EM ATLETAS DE FUTEBOL”**. Pedimos a sua autorização para a coleta, o depósito, o armazenamento (durante o período de dois anos após sua autorização), a utilização e descarte dos dados coletados. A coleta de dados será realizada de forma presencial nos respectivos locais de treinamento. Nesta pesquisa o objetivo principal é observar o efeito agudo da partida de futebol sobre a força de isquiossurais e fadiga, em atletas de categoria de base (SUB20, com idade entre 18 e 20 anos) vinculados ao Cruzeiro Esporte Clube. Para a pesquisa faremos a coleta referente aos dados da avaliação da força muscular de isquiossurais na plataforma NordBord e de Salto Contramovimento, além das métricas fornecidas pelo GPS (utilizado durante jogos). As coletas de dados serão referentes ao período de julho a novembro de 2020, mediante aprovação do comitê de ética em pesquisa.

O presente estudo, apresenta em raros casos, risco de algum constrangimento com os registros supracitados, uma vez que os procedimentos já foram realizados e são rotineiros para os atletas da pesquisa. Diante disso, a coleta e tratamento dos dados será feita em ambiente adequado e todas as informações colhidas serão confidenciais e de conhecimento apenas dos pesquisadores responsáveis. Você não será identificado em nenhum momento, mesmo após a divulgação dos resultados. Será fornecida assistência integral por qualquer dano que venha a ocorrer durante a sua participação na pesquisa. E em caso de algum dano proveniente da pesquisa, você (participante voluntário) poderá buscar indenização nos termos da Res. 466/12. Você não terá nenhuma remuneração financeira e nem despesa durante a pesquisa.

O principal benefício inerente à sua participação na pesquisa é o acesso a dados qualificados sobre a força muscular de isquiossurais, desempenho de salto que reflete o nível de fadiga e o efeito das partidas de futebol sobre essas variáveis.

Nome completo do voluntário

Assinatura do pesquisador

Estes dados serão encaminhados a você em forma de relatório após a coleta de dados e poderão ser utilizados por você para a melhoria do processo de treinamento.

Durante a realização da pesquisa, você está autorizado a solicitar esclarecimentos sobre os protocolos, métodos e objetivos de todas as condutas dos pesquisadores. Além disso, possíveis desconfortos devem ser comunicados e serão prontamente atendidos pelos pesquisadores. Quaisquer informações sobre a pesquisa poderão ser obtidas a partir do contato com o pesquisador, situado na Av. Antônio Carlos, 6627, Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional-EEFFTO, Belo Horizonte, MG, Brasil. CEP 31270-901.

Telefones (31)34092324 / (31)99158050, e-mail: andressa@demello.net.com. Informações de caráter ético com o COEP: Comitê de Ética em Pesquisa, situado na Avenida Antônio Carlos,

6627, Unidade Administrativa II, 2º andar sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP:31270- 901.Telefone: 34094592.

Lembramos a possibilidade de você, em qualquer momento e sem penalização de nenhuma ordem, retirar sua participação no estudo, caso haja interesse. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pela pesquisadora responsável, na Universidade Federal de Minas Gerais e a outra será fornecida a você. Os dados, materiais e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com a pesquisadora responsável no Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício (CEPE) da UFMG que pertence à Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Antes de concordar em participar desta pesquisa e assinar este termo em duas vias, os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas e, se você concordar em participar do estudo, deve ser entregue uma via deste termo para você.

Eu, \_\_\_\_\_ portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li e/ou ouvi e compreendi os propósitos do presente estudo e todos os procedimentos a que serei submetido, além de ter sido esclarecido quanto aos riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não me afetará e nem me trará nenhuma penalidade ou prejuízo algum. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro para participar do estudo.

\_\_\_\_\_  
Nome completo do voluntário

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

Declaro que concordo com a participação do menor sob minha responsabilidade voluntário na pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Belo horizonte, \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nome completo do Voluntário (maior de idade)

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

Profa. Dra. Andressa da Silva de Mello Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 CEP: 31270-901 / Belo Horizonte – MG Telefones: (31) 3409-2324 E-mail: [andressa@demelo.net.com](mailto:andressa@demelo.net.com) Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar: COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade

Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br). Tel: 34094592.