



**Politécnico
Castelo Branco**

Escola Superior de Saúde
Dr. Lopes Dias

Relação entre indicadores subjetivos e indicadores objetivos de fadiga muscular em atletas de futebol universitário

Discente

Tiago Antunes Salvado, N°20211383

Curso de Licenciatura em Fisioterapia

Orientador

Professora Assistente Convidada Lara Gil Gomes De Campos

Trabalho Final de Curso apresentado à Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciatura em Fisioterapia, realizada sob a orientação científica da Fisioterapeuta Lara Gil Gomes De Campos, Professora Assistente Convidada do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

julho de 2025

Composição do júri

Presidente do júri

Professor Doutor Nuno do Carmo Antunes Cordeiro

Professor Adjunto da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Orientadora

Professora Mestre Lara Gil Gomes De Campos

Professora Assistente Convidada da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Arguente

Professor, Vítor Manuel Barreiros Pinheira

Professor Adjunto da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Dedicatória

À minha mãe e irmã, sem as quais nada disto teria sido possível. Foram sempre a minha força, especialmente quando senti que já não era capaz. O vosso apoio constante e a forma como acreditaram em mim em todos os momentos, fizeram de mim quem sou hoje. Esta conquista é tanto vossa como minha, é nossa!

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer, em especial, à Fisioterapeuta e Professora Lara Gil Gomes De Campos, que me orientou nesta etapa final da Licenciatura. Agradeço profundamente toda a sua disponibilidade, apoio constante e dedicação na elaboração deste trabalho. Os seus conselhos e os valores transmitidos que me incentivou a manter, ao longo de todo o percurso, foram fundamentais para o meu crescimento não só enquanto estudante, mas também enquanto pessoa e futuro fisioterapeuta.

O meu agradecimento estende-se a todos aqueles que, de alguma forma, se cruzaram comigo ao longo deste percurso académico e contribuíram para que os dias fossem mais leves e mais ricos em aprendizagens. A todos vós, o meu sincero obrigado. Em especial, ao Fisioterapeuta e Professor Abel Rodrigues, pela sua disponibilidade e apoio durante a fase de recolha de dados. Obrigado por disponibilizar parte dos seus dias, mesmo fora do horário de trabalho, para esclarecer qualquer dúvida e estar sempre pronto para ajudar.

Por fim, agradecer de uma forma pessoal, às pessoas que sempre me acompanharam neste caminho, pois sem elas não seria possível chegar até aqui!

Agradeço, antes de tudo, aos meus pais, pelo apoio incondicional, por acreditarem em mim mesmo quando eu próprio duvidava das minhas capacidades. Obrigado por me apoiarem, por todo o amor, paciência e incentivo ao longo desta caminhada.

À minha irmã, agradeço pela constante motivação e carinho ao longo de todo este percurso académico. O teu apoio foi essencial em momentos de dúvida e cansaço. A tua presença foi um verdadeiro pilar. Foste abrigo nos dias difíceis, luz nos momentos de incerteza e alegria nas pequenas conquistas. Pelo amor incondicional, pelas conversas, pelas pausas para respirar e pelas vezes em que acreditaste em mim mais do que eu próprio. Obrigado por tudo!

À minha avó materna, agradeço profundamente por estares sempre presentes, mesmo nos momentos mais difíceis. Cada palavra, cada repreensão com carinho, moldaram a pessoa que sou hoje.

Por último, um agradecimento muito especial a todos os fisioterapeutas que cruzaram o meu percurso. Cada gesto, cada ensinamento e cada exemplo contribuíram para a profissional que me estou a tornar. Aprendi com todos, tanto aquilo que desejo ser, como aquilo que quero evitar, contribuindo para a construção da minha identidade enquanto futuro fisioterapeuta.

Resumo

Introdução: A fadiga muscular é um construto multifatorial caracterizado pela sensação de cansaço e redução temporária na capacidade de gerar força muscular. No futebol, ocorrem altas variações de intensidade que contribuem para a fadiga e consequentemente à redução da performance e ao aumento do risco de lesões. Assim, avaliar e gerir eficazmente a fadiga é fundamental para otimizar a performance dos jogadores, mas os métodos disponíveis para avaliar a fadiga podem ser dispendiosos e inacessíveis. Deste modo, torna-se pertinente identificar uma ferramenta válida, rápida e de baixo custo para monitorizar a fadiga e otimizar a carga induzida no treino e na recuperação dos atletas. As medidas auto-reportadas são práticas, mas suscetíveis a influências externas, comprometendo a sua precisão. Dessa forma, compreender a relação entre indicadores subjetivos e objetivos de fadiga muscular é essencial.

Objetivo: Verificar se existe relação entre indicadores subjetivos – Índice de *Hooper* (HI) e Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) – e indicadores objetivos – pico de torque isométrico da flexão e extensão do joelho e variáveis do salto vertical de contramovimento (CMJ), tais como o tempo de contacto até à descolagem (TTO), altura do salto (JH), índice de força reativa modificado (RSI) e duração da fase propulsiva (PPD) – de fadiga muscular após a realização de um protocolo de fadiga em jogadores de futebol, *Functional Agility Short-Term Fatigue Protocol* (FAST-FP).

Metodologia: Estudo observacional e correlacional com uma amostra não probabilística por conveniência de 24 jogadores masculinos de futebol universitário e do distrito de Castelo Branco com idade média de $20,92 \pm 1,50$ anos. Primeiramente, os atletas preencheram o IH, classificando de 1 a 5 as diferentes dimensões de bem-estar (sono, *stress*, fadiga e dor muscular de início tardio). De seguida, procedeu-se à implementação do protocolo FAST-FP. Após o FAST-FP, os atletas preencheram a escala de PSE e realizaram as medições de pico de torque isométrico dos flexores e extensores do joelho e das variáveis do CMJ (TTO, JH, RSI e PPD). A correlação entre as variáveis foi analisada através de testes de correlação de *Spearman*.

Resultados: Verificaram-se correlações fracas estatisticamente significativas: negativas entre a PSE e o RSI modificado ($r = -0,415$; $p < 0,05$) e positivas entre a PSE e a PPD ($r = 0,475$; $p < 0,05$). Não se observou correlação estatisticamente significativa entre o HI e a PSE ($r = -0,139$; $p > 0,05$).

Discussão: As correlações entre a PSE e o RSI, e entre a PSE e o PPD, sugerem que uma maior percepção de esforço está associada a menor eficiência neuromuscular e alterações na estratégia de salto. Por outro lado, não se verificou associação significativa entre HI e PSE, reforçando que estes indicadores subjetivos incidem em dimensões distintas da fadiga, sendo o HI mais associado ao bem-estar geral e a PSE ao esforço agudo.

Conclusão: Os testes objetivos e subjetivos utilizados para monitorizar a fadiga no futebol avaliam dimensões diferentes, porém complementares. Assim, torna-se fundamental que sejam integrados ambos os métodos para se alcançar uma visão completa e abrangente dos atletas.

Palavras chave

Fadiga Muscular; Futebol; Monitorização; Salto Vertical de Contramovimento; Percepção Subjetiva de Esforço.

Abstract

Introduction: Muscular fatigue is a multifactorial construct characterised by the sensation of tiredness and a temporary reduction in the ability to generate muscular force. In football, high-intensity fluctuations contribute to fatigue, leading to decreased performance and an increased risk of injury. Therefore, effectively assessing and managing fatigue is crucial for optimising player performance. However, existing assessment methods are often costly and inaccessible. Identifying a valid, time-efficient, and low-cost tool to monitor fatigue and optimise training and recovery loads is thus highly relevant. Self-reported measures are practical but susceptible to external influences, potentially compromising their accuracy. As such, understanding the relationship between subjective and objective indicators of muscular fatigue is essential.

Objective: To examine the relationship between subjective indicators – Hooper Index (HI) and Rating of Perceived Exertion (RPE) – and objective indicators – peak isometric torque of knee flexion and extension, and countermovement jump (CMJ) variables such as time to take-off (TTO), jump height (JH), modified reactive strength index (RSI), and propulsive phase duration (PPD) – following the application of a fatigue protocol in football players, namely the Functional Agility Short-Term Fatigue Protocol (FAST-FP).

Methods: Observational and correlational study with a non-probabilistic convenience sample of 24 male university and district football players from Castelo Branco, with a mean age of 20.92 ± 1.50 years. Initially, participants completed the HI, rating dimensions of well-being (sleep, stress, fatigue, and delayed-onset muscle soreness) on a scale from 1 to 5. The FAST-FP protocol was then applied. Following the protocol, players reported their PSE and underwent assessments of peak isometric torque of knee flexors and extensors, as well as CMJ variables (TTO, JH, RSI, and PPD). Spearman correlation tests were used to analyse relationships between variables.

Results: Statistically significant weak correlations were observed: a negative correlation between PSE and modified RSI ($r = -0.415$; $p < 0.05$) and a positive correlation between PSE and PPD ($r = 0.475$; $p < 0.05$). No significant correlation was found between HI and PSE ($r = -0.139$; $p > 0.05$).

Discussion: The correlations between PSE and RSI, and between PSE and PPD, suggest that higher perceived exertion is associated with reduced neuromuscular efficiency and changes in jump strategy. Conversely, the lack of association between HI and PSE highlights that these subjective indicators reflect different dimensions of fatigue, with HI being more related to general well-being and PSE to acute effort.

Conclusion: The objective and subjective tests used to monitor fatigue in football assess distinct yet complementary dimensions. Therefore, integrating both approaches is essential to obtain a comprehensive understanding of player fatigue and recovery.

Keywords

Muscle Fatigue; Football; Monitoring; Countermovement Jump; Rating of Perceived Exertion

Índice geral

1.	Introdução	1
2.	Metodologia.....	2
2.1	Desenho do estudo	2
2.2	Participantes.....	2
2.3	Variáveis.....	2
2.3.1	Variáveis Subjetivas.....	2
2.3.2	Variáveis Objetivas	3
2.4	Protocolo de Fadiga	5
2.5	Procedimento de recolha de dados	6
2.6	Análise dos Dados.....	7
3.	Resultados	7
4.	Discussão.....	10
4.1	Limitações do Estudo	12
5.	Conclusão	13
6.	Referências bibliográficas	14
	Apêndices	18
	Apêndice A – Consentimento informado, livre e esclarecido para investigação científica.....	18
	Apêndice B – Questionário de caracterização do atleta	22
	Anexos	23
	Anexo A – Escala da PSE.....	23
	Anexo B – <i>Functional Agility Short-Term Fatigue Protocol</i> (FAST-FP):	24

Índice de figuras

Figura 1. Procedimento de recolha de dados	6
Figura 2. Fluxograma da amostra.....	8
Figura 3. Escala da PSE.....	23
Figura 4. Protocolo de fadiga FAST-FP	24

Lista de tabelas

Tabela 1. Protocolo de fadiga FAST-FP.....	5
Tabela 2. Estatísticas descritivas das características da amostra	8
Tabela 3. Estatísticas descritivas referentes ao HI, à PSE, às componentes do CMJ e ao pico de torque da extensão e flexão do joelho dos participantes.....	9
Tabela 4. Correlações de Spearman entre HI, PSE, os diferentes componentes do CMJ e o pico de torque da extensão e flexão do joelho	10

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

CE – Comissão de Ética

CK – Creatina quinase

CMJ – Salto vertical de contramovimento / *countermovement jump*

DOMS – Dor muscular de início tardio

DP – Desvio padrão

FAST-FP – *Functional Agility Short-Term Fatigue Protocol*

HI – Índice de *Hooper* / *Hooper Index*

IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco

JH – Altura do salto

kg – Quilogramas

LDH – Lactato sanguíneo

m – Metros

Nm – Newton-metro

PPD – Duração da fase propulsiva

PSE – Perceção subjetiva de esforço

RSI – Índice de força reativa

STROBE – *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*

TTO – Tempo de contacto até à descolagem / *Time to Take Off*

VFC – Variação da frequência cardíaca

1. Introdução

A fadiga é uma condição psicofisiológica multifatorial que representa uma limitação aguda e temporária do desempenho motor e/ou cognitivo, e é frequentemente acompanhada de uma sensação aumentada de esforço ou exaustão. (Behrens et al., 2023) Em contextos desportivos de elevada exigência física, como o futebol, onde há elevada frequência de jogos, um espaço de tempo curto de recuperação entre os mesmos e altas variações de intensidade, a gestão eficaz da fadiga torna-se crucial para a manutenção do rendimento desportivo e prevenção de lesões. (Dambroz et al., 2022) A fadiga muscular ou fadiga de desempenho motor caracteriza-se por uma redução da força voluntária máxima, podendo ter origem em mecanismos centrais (neuronaes) ou periféricos (musculares), sendo estes influenciados por fatores individuais e pelas características da tarefa realizada. (Behrens et al., 2023; Froyd et al., 2016; Tornero-Aguilera et al., 2022)

Além dos aspetos fisiológicos, o estado psicofisiológico do atleta, incluindo fatores emocionais, motivacionais e cognitivos, influencia diretamente a perceção de fadiga e a resposta ao exercício. (Behrens et al., 2023; Van Cutsem et al., 2017) Nesse sentido, existem várias formas de avaliar a fadiga e podem considerar tanto indicadores objetivos (como testes físicos e laboratoriais) quanto medidas subjetivas (como escalas auto-relatadas de perceção de esforço e bem-estar). No futebol, a avaliação do sistema nervoso autónomo nomeadamente da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Bellenger et al., 2016; Crawford et al., 2019); testes como o salto vertical de contramovimento (CMJ) (Gathercole, Sporer, et al., 2015; Lourenço et al., 2023), e dinamometria isocinética (Kabacinski et al., 2022); e biomarcadores como a creatina quinase (CK) ou lactato sanguíneo (LDH) (Bestwick-Stevenson et al., 2021; Hader et al., 2019; Perroni et al., 2020; Romagnoli et al., 2016; Saw et al., 2016), têm sido utilizados como medidas objetivas sensíveis à fadiga. Em contrapartida, a perceção subjetiva de esforço (PSE) e o índice de *Hooper* (HI) fornecem uma perceção subjetiva de fadiga no atleta e uma abordagem prática, de baixo custo e fácil implementação no terreno. (Lourenço et al., 2023)

Contudo, a relação entre indicadores subjetivos e objetivos de fadiga permanece pouco clara, sendo frequentemente influenciada por variáveis contextuais, temporais e interindividuais. Enquanto medidas subjetivas são influenciadas por dimensões psicofisiológicas mais amplas, os indicadores objetivos tendem a refletir componentes neuromusculares específicas. Torna-se assim pertinente perceber qual a relação entre os métodos subjetivos de avaliação da fadiga e métodos objetivos previamente considerados como válidos para a avaliação da fadiga muscular. Uma compreensão clara desta relação pode permitir intervenções mais personalizadas e efetivas, melhorando a performance do atleta e reduzindo o risco de incidência de lesões. (Bauer et al., 2024; Lourenço et al., 2023; Russell et al., 2020)

Neste contexto, no presente estudo propõe-se investigar a relação entre medidas subjetivas (HI e PSE) e medidas objetivas (Pico de Torque Isométrico dos flexores e extensores do joelho e variáveis do CMJ), após a exposição a um protocolo de fadiga aguda, *Functional Agility Short-Term Fatigue Protocol* (FAST-FP), em jogadores de futebol. Compreender a relação entre estas variáveis poderá otimizar a monitorização da fadiga e contribuir para estratégias mais eficazes na gestão da carga de treino e recuperação. (Lourenço et al., 2023)

2. Metodologia

2.1 Desenho do estudo

Este é um estudo observacional e correlacional, com o objetivo de verificar se existe associação entre indicadores subjetivos – HI e PSE – e indicadores objetivos – Pico de Torque Isométrico dos flexores e extensores do joelho e variáveis do CMJ – de fadiga muscular após a realização de um protocolo de fadiga (FAST-FP) em jogadores de futebol.

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética do Instituto Politécnico de Castelo Branco (parecer de estudo nº 180/CE-IPCB/2024) e será reportado de acordo com as recomendações da declaração STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*). (von Elm et al., 2007)

2.2 Participantes

A amostra deste estudo, não probabilística por conveniência, foi recrutada através de contacto direto com equipas de futebol universitário e de nível distrital, na região de Castelo Branco, entre abril e maio de 2025. Seguidamente, foi implementado o método de amostragem *snowball sampling*, no qual os atletas já contactados sugeriram colegas de competição para aderirem ao estudo.

Uma análise de poder estatístico para um teste de correlação indicou que o tamanho mínimo da amostra necessário para obter um poder estatístico de pelo menos 80%, com um nível de significância de 5% e um tamanho de efeito médio de 0,5, seria de 23 indivíduos. (Erdfelder & Buchner, 1996).

Com base no cálculo do tamanho da amostra previamente realizado, o recrutamento decorreu até ter sido atingido um número de 23 participantes. Adicionalmente, foi recrutado mais um atleta, prevenindo alguma possível desistência.

Os atletas foram convidados a participar após uma breve explicação do estudo e dos procedimentos envolvidos. Os atletas interessados em integrar o estudo foram convidados para uma sessão presencial, em que foi entregue carta explicativa do estudo e consentimento informado (Apêndice A), e esclarecidas todas as dúvidas com os investigadores responsáveis. A todos os que assinaram consentimento informado, foi posteriormente solicitado que preenchessem um Questionário de Caracterização (Apêndice B).

Foram considerados elegíveis para participar no estudo atletas com idade superior a 18 anos, que estivessem à data da recolha de dados em período competitivo. Foram excluídos atletas com histórico de lesão nos últimos dois meses, ou que se encontrassem em processo de recuperação de lesão.

2.3 Variáveis

Foram avaliadas diferentes variáveis com o objetivo de explorar associações entre indicadores subjetivos e objetivos do estado de fadiga em jogadores de futebol.

2.3.1 Variáveis Subjetivas

As variáveis subjetivas avaliadas foram a perceção subjetiva de bem-estar e a perceção subjetiva de esforço (PSE).

Bem-Estar

O bem-estar foi avaliado através do Índice de *Hooper*, um questionário auto-reportado, que é aplicado antes da atividade física. Avalia quatro dimensões: fadiga, *stress*, dor muscular de início tardio (DOMS) e qualidade do sono. Cada dimensão é pontuada numa escala de 1 a 5, com valores mais elevados a indicarem piores perceções de bem-estar. (Lourenço et al., 2023; S. L. Hooper et al., 1995)

O Índice de *Hooper* é um instrumento de medida fiável e válido para monitorizar o estado de recuperação e a carga de treino dos jogadores de futebol. A sua alta fiabilidade teste-reteste, forte validade de conteúdo e critério, e facilidade de uso tornam-no um recurso valioso para todo o *staff* desportivo. A utilização regular do Índice de *Hooper* ajuda a otimizar as cargas de treino, melhorar o desempenho e a prevenir o excesso de treino em jogadores de futebol. (Buchheit et al., 2013; Rabbani et al., 2019)

Perceção Subjetiva de Esforço

A perceção subjetiva de esforço pode ser avaliada através de escalas auto-reportadas, como por exemplo a Escala de Borg, oferecendo uma estimativa simples e não invasiva da acumulação de fadiga muscular. Neste estudo, a classificação de fadiga percebida foi avaliada através da versão modificada Borg 6-20, em que 6 corresponde a “nenhum esforço” e 20 a “máximo esforço” (Anexo A). (LiaBraaten et al., 2023; Whittaker et al., 2019)

Esta avaliação subjetiva é útil devido ao seu baixo custo e facilidade de implementação, sendo amplamente utilizada no contexto desportivo para ajustar a carga de treino conforme necessário. (Lourenço et al., 2023) Apresenta alta confiabilidade, o que significa que os indivíduos tendem a fornecer respostas consistentes. (Chen et al., 2002)

2.3.2 Variáveis Objetivas

As variáveis objetivas avaliadas neste estudo foram a força isocinética do joelho e um conjunto de variáveis derivadas de um salto vertical de contramovimento.

Força Isocinética do Joelho

A força isocinética do joelho foi avaliada através de um dinamómetro isocinético.

Os dinamómetros isocinéticos medem a força muscular através do registo do momento de resistência necessário para contrabalançar o momento articular aplicado pelo participante, mantendo uma velocidade angular constante (isocinética).

O pico de torque isométrico é definido como o momento máximo ou torque que é gerado e medido em uma articulação específica, enquanto essa articulação é mantida numa posição fixa e estática, sem qualquer movimento. Este tipo de medição é importante para quantificar a capacidade máxima de um músculo ou de um grupo muscular produzir força numa posição articular específica, sem a componente da velocidade angular. Neste estudo, foram analisadas as variáveis de Pico de Torque isométrico de Flexão e Pico de Torque isométrico de Extensão do Joelho. (Amaral et al., 2014; Baltzopoulos et al., 2012)

A escolha do dinamómetro isocinético para recolher o pico de torque isométrico em futebolistas justifica-se pela combinação de elevada fiabilidade, sensibilidade à fadiga, aplicabilidade prática e segurança, tornando-o uma ferramenta de eleição para monitorizar alterações no desempenho muscular ao longo da época desportiva. No contexto específico do futebol, onde a fadiga muscular dos extensores e flexores do joelho está associada a um maior risco de lesão, a medição do pico de torque isométrico permite avaliar o estado funcional do sistema neuromuscular de forma rápida e segura. Além disso, por não

envolver movimento, o teste isométrico é menos exigente do ponto de vista metabólico e mais facilmente aplicável em momentos de alta exigência física. (Drouin et al., 2004; Greig, 2008)

Neste estudo foi utilizado o Dinamómetro Isocinético *Biodex System 3 Pro*. Este dinamómetro fornece medidas mecanicamente fiáveis de torque, posição e velocidade em ensaios repetidos realizados no mesmo dia e em dias diferentes. A validade das medições do torque isométrico e da posição é aceitável para fins clínicos e de investigação. (Drouin et al., 2004)

Variáveis derivadas do salto vertical de contramovimento (CMJ)

O salto de contramovimento, é um tipo de salto vertical e uma das avaliações de desempenho mais utilizadas em força e condicionamento no desporto. O CMJ é um tipo de salto vertical que avalia a potência e o desempenho neuromuscular dos membros inferiores, utilizando um movimento de agachamento rápido seguido de impulsão vertical máxima. (Bishop et al., 2023)

Neste estudo, foram avaliadas quatro variáveis derivadas do salto com contramovimento (CMJ): o tempo de contacto até à descolagem (TTO), a altura do salto (JH), a duração da fase propulsiva (PPD) e o índice de força reativa modificado (RSI). A seleção destas variáveis baseou-se em estudos prévios que identificaram a sua sensibilidade à fadiga neuromuscular, bem como a sua simplicidade de aplicação, eficiência temporal e relevância biomecânica para os gestos do futebol. Em conjunto, estas variáveis permitem uma avaliação abrangente, prática e fiável da função e fadiga neuromuscular do atleta. (Anicic et al., 2023; Bishop et al., 2023; Lourenço et al., 2023)

O TTO corresponde ao tempo desde o início do movimento até à descolagem do solo, sendo um dos componentes do RSI Modificado. A altura do salto representa o quão alto o atleta consegue saltar e também corresponde a uma das componentes do RSI modificado. A PPD determina o tempo que dura a fase propulsiva, ou seja, a fase que decorre desde o início do movimento concêntrico, onde se inicia a geração de força para impulsionar o corpo para cima, até à descolagem do solo. O RSI modificado é uma métrica derivada que quantifica a eficiência do salto. (Anicic et al., 2023; Bishop et al., 2023)

Para a realização e avaliação do salto, foi utilizada uma plataforma de forças *Kistler, 9260BA3*, constituída por placas de força unidireccionais e frequência de 1000Hz. (Beckham et al., 2014)

As plataformas de força são instrumentos que medem as forças de reação ao solo geradas por um corpo em movimento sobre elas (Lake et al., 2018), e são consideradas como a medida *gold standard* para a avaliação do CMJ. (Anicic et al., 2023)

Para a análise das variáveis temporais associadas ao salto vertical, foram utilizados os dados da força vertical (Fz) em função do tempo, exportados do software *BioWare*. Os ficheiros gerados foram posteriormente carregados e analisados no software *R*.

Os gráficos de Fz (corrigida para o peso corporal) foram inspecionados visualmente para identificação e registo dos seguintes momentos-chave:

(1) **tempo de início do salto** – definido como o instante em que ocorre uma variação perceptível na curva de Fz em relação à linha de base (peso corporal em repouso), indicando o início da fase excêntrica;

(2) **início da fase propulsiva** – correspondente ao pico de força durante o movimento concêntrico;

(3) **tempo de descolagem** – definido como o momento em que a força vertical atinge 0 N ($F_z = 0$ N);

(4) **tempo de aterragem** – momento em que a F_z volta a ser detetada após o salto.

Através destes dados, foram calculadas as variáveis de interesse através das seguintes fórmulas (Bishop et al., 2023):

- Tempo de contacto até à descolagem: tempo decorrido entre o início do salto e o momento de descolagem.

$$TTO = t_{descolagem} - t_{início\ do\ salto}$$

- Altura do salto: a altura do salto foi estimada com base no impulso líquido gerado durante a fase propulsiva. O impulso foi obtido pela soma da F_z corrigida integrada ao longo do tempo, e dividido pela massa corporal para calcular a velocidade de saída, através da fórmula:

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

- Nota: v representa a velocidade vertical no momento da descolagem, obtida pela relação entre o impulso e a massa corporal.
- RSI modificado: Razão entre a altura do salto e o TTO

$$RSI_{mod} = \frac{Altura\ do\ Salto}{TTO}$$

- Duração da fase propulsiva: tempo decorrido desde início do movimento concêntrico até à descolagem do solo

$$PPD = t_{descolagem} - t_{início\ fase\ propulsiva}$$

2.4 Protocolo de Fadiga

O *Functional Agility Short-Term Fatigue Protocol* (FAST-FP) é um protocolo utilizado para induzir fadiga funcional em jogadores de futebol, replicando as exigências físicas típicas da modalidade (Anexo B). Este protocolo envolve tarefas de aceleração e desaceleração que simulam as condições de treino e jogo, com o objetivo de avaliar o impacto da fadiga na propriocepção, controlo neuromuscular e estabilidade funcional articular (Tabela 1). (Clark & Rolleston, 2017)

Tabela 1. Protocolo de fadiga FAST-FP

1º	Exercícios de agilidade: Saltos Contínuos num bloco de 30 cm	Realizar movimentos de step-up e step-down durante 20 segundos num bloco de 30 cm. (Yanez et al., 2023)
2º	Corrida em “L”	Correr em pontos marcados com 3 cones em forma de “L” e cada um a 4,11 metros de distância. Primeiramente o atleta irá percorrer a distância em direção ao cone da frente, voltando para o inicial e, em seguida, retornará ao segundo cone, onde correrá direto para o terceiro cone, correndo ao redor

		dele e voltando para o primeiro cone, passando pelo segundo. (Yanez et al., 2023)
3º	5 CMJ consecutivos	Realizar 5 saltos consecutivos de contramovimento. (Yanez et al., 2023)
4º	Escada de agilidade	Correr para baixo e para trás numa escada de agilidade, onde na primeira e terceira vez, os atletas têm que correr para a frente para garantir que ambos os pés toquem dentro de cada espaço da escada. (Yanez et al., 2023)

2.5 Procedimento de recolha de dados

Na sessão de intervenção, solicitou-se aos atletas que, no início da sessão, preenchessem o questionário de caracterização (Apêndice B) e o HI e realizassem 5 minutos de aquecimento na bicicleta estática (T0). Adicionalmente, foram recolhidos dados antropométricos, como o peso corporal e a altura de cada sujeito. De seguida, procedeu-se à implementação do protocolo de fadiga aguda FAST-FP, após o qual os atletas preencheram a escala de PSE e realizaram as medições do CMJ e do Pico de Torque Isométrico dos flexores e extensores do joelho (T1).

A Figura 1 representa esquematicamente o procedimento de recolha de dados na sessão de intervenção.

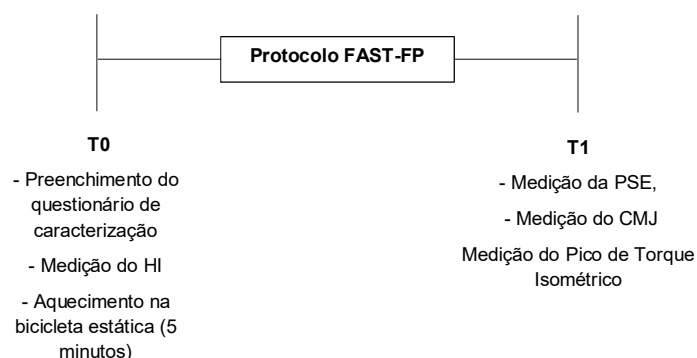


Figura 1. Procedimento de recolha de dados

O procedimento de recolha de dados iniciou com o Índice de *Hooper* que teve lugar imediatamente antes protocolo de fadiga FAST-FP, em que cada jogador atribuiu uma classificação numa escala de 1 a 5 para os diferentes conjuntos de bem-estar (qualidade do sono, *stress*, fadiga muscular e DOMS). O Índice de *Hooper* foi calculado através da soma de todos os conjuntos de bem-estar. (Lourenço et al., 2023)

A medição da PSE ocorreu imediatamente após o final do protocolo de fadiga FAST-FP; cada jogador atribuiu uma classificação geral de 6 a 20 de acordo com a sua perceção subjetiva de esforço. (Lourenço et al., 2023)

Na medição do torque isométrico dos flexores e extensores do joelho, no dinamómetro isocinético *Biodex System Pro 3*, os atletas usaram um acessório de joelho, com o eixo do dinamómetro numa linha traçada através do côndilo femoral lateral, no plano sagital, com maléolo externo localizado na parte distal da perna. (Hirano et al., 2020) As medidas foram realizadas com exercício isométrico de extensão e flexão do joelho, a partir da posição de

60° de flexão do mesmo. Os valores de pico de torque foram obtidos através da realização de três ciclos de contrações isométricas alternadas, iniciando com 5 segundos de contração voluntária máxima dos músculos extensores do joelho, seguidos de 5 segundos de repouso. De seguida, o participante realizou uma contração isométrica máxima de 5 segundos dos músculos flexores do joelho, também seguida de 5 segundos de repouso. (de Araujo Ribeiro Alvares et al., 2015)

Durante o teste, o examinador, instruiu os participantes verbalmente encorajando-os a esforçarem-se ao máximo. O maior valor obtido durante as medições, foi o valor registado. (Hirano et al., 2020)

Relativamente ao salto vertical de contramovimento, na plataforma de forças *Kistler 9260BA3*, os participantes realizaram os CMJ na sessão de intervenção após terem preenchido o questionário de caracterização, o IH e imediatamente após a realização do protocolo de fadiga FAST-FP.

Os participantes iniciaram o CMJ em posição vertical/bípede (180°), com mãos sempre apoiadas na cintura e os pés à largura dos ombros, mantendo esta posição durante 2 segundos. A fase do impulso, antes da realização do salto, começa com um contramovimento, até que os joelhos atinjam 90° de flexão, inspecionado visualmente pelo examinador. Na fase de descolagem, os atletas foram instruídos a realizar o seu o esforço máximo, com os membros inferiores totalmente estendidos. Na fase de aterragem, os participantes deverão ter os joelhos em extensão total e deve ocorrer com os pés à largura dos ombros. (Petrigna et al., 2019) Foram realizados 3 saltos no total, com 1 minuto de descanso entre os mesmos. (Hasegawa et al., 2024)

2.6 Análise dos Dados

A análise estatística foi realizada com recurso ao software Statistical Package for the Social Sciences, version 28.0 MAC OS (SPSS Inc.).

Para se proceder à caracterização da amostra foram utilizados métodos de estatística descritiva, nomeadamente medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão).

No que respeita ao CMJ cada atleta realizou três tentativas por momento de avaliação. Foram considerados inválidos todos os saltos em que, devido a ruído excessivo ou padrões irregulares de movimento, não foi possível identificar de forma clara os momentos-chave previamente definidos. Para cada variável analisada, o valor final correspondeu à média dos resultados obtidos nos saltos válidos.

Para analisar a correlação entre as diferentes variáveis dependentes, foi utilizado o teste de correlação de *Spearman*, A força da associação obtida foi classificada como: excelente (≥ 0.91), boa (0.90–0.71), razoável (0.70– 0.51), fraca (0.50–0.31) e baixa ($r \leq 0.30$). A significância estatística foi fixada em $p < 0,05$. (Marôco, 2021)

3. Resultados

Este estudo incluiu 24 jogadores de futebol do sexo masculino com uma idade média de $20,92 \pm 1,50$ anos, altura média de $1,77 \pm 0,05$ metros, peso médio de 72 ± 8 kg e com média de anos de experiência na modalidade de $15,38 \pm 2,36$ anos. A Figura 2 mostra o fluxograma da amostra durante as etapas do estudo.

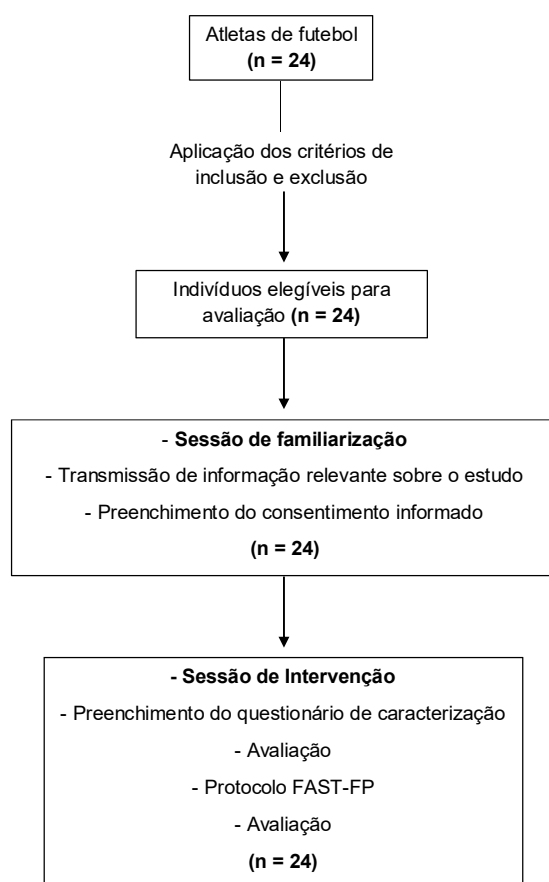


Figura 2. Fluxograma da amostra

A caracterização dos jogadores de futebol é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Estatísticas descritivas das características da amostra

Variável	N = 24 ¹
Idade (anos)	20,92 (1,50)
Altura (m)	1,77 (0,05)
Peso (kg)	72 (8)
Anos de prática	15,38 (2,36)

¹Média (DP)

A Tabela 3 apresenta os valores médios obtidos pela amostra em cada variável dependente.

A partir dos dados analisados, em relação ao Índice de *Hooper*, constatou-se que o stress obteve valores mais baixos ($3,79 \pm 0,98$) e, em contraste a DOMS obteve os

valores mais elevados ($4,08 \pm 0,83$). Relativamente à PSE, a amostra obteve um valor médio de $14,54 \pm 1,89$.

Além disso, no que diz respeito às métricas do CMJ, os participantes apresentaram uma altura média de salto de $0,35 \pm 0,05$ m, uma RSI modificada de $0,50 \pm 0,24$, uma duração média da fase propulsiva de $0,19 \pm 0,10$ s e o tempo até à descolagem registou uma média de $0,82 \pm 0,29$ s. Já no teste isocinético, os valores médios de pico de torque foram de 220 ± 32 Nm para extensão e 141 ± 27 Nm para flexão do joelho.

Tabela 3. Estatísticas descritivas referentes ao HI, à PSE, às componentes do CMJ e ao pico de torque da extensão e flexão do joelho dos participantes

Variável	N = 24 ¹
Índice de Hooper	15,83 (1,93)
HI_Qualidade do Sono	3,96 (0,91)
HI_Stress	3,79 (0,98)
HI_DOMS	4,08 (0,83)
HI_Fadiga muscular	4,00 (0,78)
PSE	14,54 (1,89)
Time to Take Off_CMJ (s)	0,82 (0,29)
RSI Modificado_CMJ	0,50 (0,24)
Jump Height_CMJ (m)	0,35 (0,05)
Propulsive Phase Duration_CMJ (s)	0,19 (0,10)
Pico de Torque Extensão	220 (32)
Pico de Torque Flexão	141 (27)

¹Média (DP)

A Tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação de *Spearman* entre as variáveis HI, PSE, TTO (CMJ), RSI (CMJ), altura do salto (CMJ), PPD (CMJ) e pico de torque dos flexores e extensores do joelho.

Verificou-se uma ausência de correlação estatisticamente significativa entre o HI e a PSE, evidenciando-se apenas uma baixa correlação negativa entre estas variáveis ($r = -0,139$; $p > 0,05$). Para além disso, não houve correlações estatisticamente significativas entre o HI e os indicadores objetivos de fadiga muscular, representando somente baixas correlações.

Relativamente à PSE, observou-se uma correlação negativa fraca e estatisticamente significativa com a RSI ($r = -0,415$; $p < 0,05$). Além disso, registou-se uma correlação positiva fraca e estatisticamente significativa entre a PSE e a duração da fase propulsiva ($r = 0,475$; $p < 0,05$). Por outro lado, não houve correlações estatisticamente

significativas entre a PSE e os valores de pico de torque isométrico dos extensores e dos flexores do joelho, sendo estas correlações classificadas como fraca e baixa, respetivamente.

Tabela 4. Correlações de *Spearman* entre HI, PSE, os diferentes componentes do CMJ e o pico de torque da extensão e flexão do joelho

Variável	HI	PSE
HI		- 0.139
PSE	- 0.139	
HI_Qualidade do sono		- 0.25
HI_Stress		- 0.206
HI_DOMS		0.2
HI_Fadiga muscular		0.127
Pico_torque_ext	- 0.014	0.356
Pico_torque_flx	- 0.098	0.106
CMJ_TTO_x	- 0.043	0.314
CMJ_RSI_x	0.123	- 0.415*
CMJ_JH_x	0.158	- 0.332
CMJ_PPD_x	- 0.059	0.475*

* $p < 0.05$; HI - Índice de *Hooper*; PSE = Percepção Subjetiva de Esforço; DOMS = Dor muscular de início tardio; Pico_torque_ext - Pico de torque isométrico de extensão do joelho; Pico_torque_flx - Pico de torque isométrico de flexão do joelho; CMJ – Salto Vertical de Contramovimento; TTO_x – Tempo médio de contacto até à descolagem; RSI_x - Índice de Força Reativa modificada médio; JH_x - Altura média de salto; PPD_x - Duração média da Fase Propulsiva.

4. Discussão

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a relação entre indicadores subjetivos de fadiga muscular e indicadores objetivos após a aplicação do protocolo FAST-FP em jogadores universitários de futebol.

Entre os principais resultados, destacou-se a ausência de correlação estatisticamente significativa entre a PSE e o HI ($r = -0,139$; $p < 0,05$), sugerindo que estas medidas avaliam construtos distintos relacionados com a percepção subjetiva de esforço e o bem-estar geral. Estes dados sugerem que a predisposição para o treino não se associa de forma significativa à percepção subjetiva de esforço reportada após a sessão, indicando que uma menor predisposição inicial não implica, necessariamente, uma menor tolerância ou resiliência ao esforço durante a atividade. Por outro lado, uma percepção de esforço elevada no final do treino não significa, necessariamente, que a predisposição para treinar no dia seguinte será reduzida. Esta constatação é coerente com estudos prévios que referem que

diferentes questionários subjetivos podem representar dimensões complementares da fadiga, não sendo permutáveis. (Lourenço et al., 2023) Isto destaca a dimensão biopsicossocial da fadiga, mostrando que diversos fatores, para além da carga de treino, afetam os níveis de bem-estar. A PSE, por exemplo, pode servir como uma medida tanto da carga externa, ou seja, do trabalho executado pelos jogadores, como do stress fisiológico associado, que corresponde à carga interna. Já o HI pode funcionar como um indicador do estado de recuperação e de possíveis sinais de *overtraining*. (Lourenço et al., 2023)

Para além disso, a ausência de associação entre HI e PSE corrobora com a possibilidade do HI integrar domínios mais amplos do bem-estar psicofisiológico (qualidade de sono, DOMS e *stress*), que não se refletem necessariamente na percepção imediata do esforço agudo. De facto, esta dissociação entre escalas subjetivas refere que a percepção subjetiva de fadiga pode variar em função do contexto do treino, da motivação e da tolerância individual ao esforço. (Saw et al., 2016)

Adicionalmente, os resultados evidenciaram uma correlação negativa fraca e estatisticamente significativa entre a PSE e o RSI ($r = -0,415$; $p < 0,05$), o que sugere que valores mais elevados de percepção subjetiva de esforço poderão estar associados a uma diminuição da eficiência neuromuscular durante o salto vertical. Esta observação é congruente com estudos prévios que indicam que a fadiga aguda compromete a capacidade reativa dos músculos, traduzindo-se em RSI mais baixos. (Bishop et al., 2023; Gathercole, Sporer, et al., 2015; Gathercole, Stellingwerff, et al., 2015) Estudos observacionais demonstraram que reduções do RSI ocorrem mesmo após sessões submáximas de treino de potência, sendo particularmente relevantes em situações de acumulação de carga. Assim, a monitorização simultânea da PSE e do RSI poderá oferecer uma visão mais holística sobre a prontidão neuromuscular e percepção subjetiva de esforço do atleta. (Bishop et al., 2023; Gathercole, Sporer, et al., 2015; Gathercole, Stellingwerff, et al., 2015)

Por outro lado, foi encontrada uma correlação positiva fraca e significativa entre a PSE e a duração da fase propulsiva do CMJ ($r = 0,475$; $p < 0,05$), indicando que, à medida que os atletas percecionam maior esforço, a execução da fase propulsiva se torna mais prolongada, provavelmente devido a uma diminuição da capacidade de produzir força explosiva num período de tempo reduzido. Este processo é consistente com a literatura que associa a fadiga neuromuscular à deterioração da taxa de desenvolvimento de força e à alteração da estratégia de salto. (Anicic et al., 2023; Cormie et al., 2011) Estudos observacionais prévios identificaram este padrão em situações de fadiga induzida, onde atletas prolongam a fase concêntrica para manter a altura do salto. (Bishop et al., 2023; Cormie et al., 2011) Este achado tem implicações práticas relevantes, já que a alteração da estratégia mecânica pode aumentar o risco de lesão por sobrecarga.

Além disso, observou-se que não houve correlações estatisticamente significativas entre a PSE e os valores de pico de torque isométrico dos extensores e dos flexores do joelho, sendo estas correlações classificadas como fraca e baixa, respetivamente. Tal resultado pode estar associado ao facto de a PSE refletir predominantemente numa sensação global de esforço e fadiga percebida pelo atleta após a realização da atividade, enquanto o pico de torque isométrico é uma medida objetiva, localizada e isolada da capacidade de produção de força máxima num grupo muscular específico. Deste modo, embora a PSE seja uma ferramenta válida e de fácil aplicação, a sua sensibilidade para

estimar diretamente o estado de fadiga neuromuscular localizada é limitada. Além disso, o contexto imediato de resposta à escala pode ter induzido um julgamento mais generalizado da fadiga global do corpo, dissociando-se da fadiga localizada específica nos membros inferiores. (Chen et al., 2002; Whittaker et al., 2019)

Curiosamente, apesar da reconhecida utilidade prática do HI na monitorização subjetiva da fadiga e do bem-estar geral dos atletas, os resultados do presente estudo revelaram que não houve correlações estatisticamente significativas entre o HI e os indicadores objetivos de fadiga muscular, nomeadamente o Pico de torque isométrico dos músculos extensores e flexores do joelho e as variáveis do CMJ. As correlações encontradas entre o HI e estes indicadores foram apenas baixas, sugerindo que o HI pode não refletir com exatidão o estado neuromuscular imediato após a indução de fadiga através do protocolo FAST-FP. Esta ausência de relação estatisticamente significativa levanta hipóteses sobre a sensibilidade do HI para medir alterações agudas no sistema neuromuscular. Estudos observacionais já haviam referido que, embora o HI tenha validade na identificação de estados gerais de recuperação e carga acumulada ao longo do tempo, a sua capacidade de deteção de fadiga aguda, especialmente em contexto de protocolo isolado e de curta duração, poderá ser limitada. (Buchheit et al., 2013; Rabbani et al., 2019) Além disso, o HI depende fortemente da perceção subjetiva do atleta, a qual pode ser influenciada por fatores motivacionais, sono, stress psicológico ou até expectativas em relação ao desempenho, e não necessariamente por alterações neuromusculares reais. (Van Cutsem et al., 2017) Por outro lado, os indicadores objetivos, como o RSI, o TTO ou o Pico de torque isométrico, refletem diretamente alterações fisiológicas no sistema músculo-esquelético, sendo, portanto, mais sensíveis a flutuações de desempenho associadas à fadiga aguda. (Bishop et al., 2023; Greig, 2008) Assim, a ausência de correlação pode refletir não uma falha do HI enquanto instrumento, mas sim uma divergência nos constructos que os métodos subjetivos e objetivos pretendem medir. (Saw et al., 2016)

Globalmente, os resultados obtidos reforçam a necessidade de utilizar estratégias multimodais de monitorização, combinando escalas subjetivas e medidas objetivas, de forma a orientar o planeamento e a individualização da carga de treino. A utilização apenas de indicadores subjetivos, como a PSE, pode ser insuficiente para recolher mudanças agudas de fadiga neuromuscular, enquanto a dependência exclusiva de testes de desempenho ignora a dimensão psicofisiológica do esforço. (Lourenço et al., 2023; Whittaker et al., 2019)

4.1 Limitações do Estudo

Apesar da relevância dos achados, o presente estudo apresenta limitações metodológicas que devem ser consideradas na interpretação e extrapolação dos resultados.

Em primeiro lugar, a dimensão reduzida da amostra ($n=24$) constitui uma limitação importante, uma vez que restringe o poder estatístico e pode aumentar o risco de erro tipo II, isto é, assumir que não existe correlação (aceitar a hipótese nula) quando na realidade existe. Embora a análise de poder inicial tenha estimado que 23 participantes seriam suficientes para detetar correlações razoáveis, uma amostra mais ampla permitiria obter associações mais fidedignas e realizar análises de subgrupos, por exemplo, por posição em campo ou experiência competitiva. (Erdfelder & Buchner, 1996)

Em segundo lugar, a utilização de uma amostra relativamente homogênea, composta por jogadores de futebol do sexo masculino, com idade e nível competitivo semelhantes, constituiu uma opção metodológica intencional com o objetivo de reduzir a variabilidade interindividual e aumentar a validade interna do estudo. No entanto, esta escolha metodológica limita a generalização dos resultados para populações mais amplas, como atletas de diferentes faixas etárias, géneros ou modalidades. Estudos futuros deverão considerar amostras mais diversificadas para validar a aplicabilidade dos resultados em contextos mais amplos. (Fitas et al., 2024)

Adicionalmente, a recolha das variáveis temporais derivadas do CMJ foi realizada por inspeção visual dos gráficos obtidos, devido à presença de ruído biomecânico que, em alguns casos, inviabilizava a aplicação de *thresholds* automáticos. Apesar desta abordagem ter sido cuidadosamente padronizada e executada, introduz uma margem de erro potencial e risco de viés do observador, que pode afetar a precisão temporal dos eventos. (Beckham et al., 2014)

5. Conclusão

Os resultados deste estudo reforçam que os indicadores subjetivos e objetivos de fadiga muscular não são permutáveis, uma vez que refletem dimensões distintas do estado físico e psicofisiológico do atleta. A PSE revelou maior sensibilidade à fadiga neuromuscular do que o HI, evidenciada por correlações significativas com duas variáveis do CMJ. No entanto, essas associações apresentaram magnitude reduzida, o que limita a sua capacidade preditiva. Estes achados sustentam que métodos subjetivos e objetivos devem ser encarados como estratégias complementares na monitorização da fadiga, dado que avaliam construtos diferentes. Enquanto os testes objetivos captam predominantemente aspetos fisiológicos e de desempenho, os indicadores subjetivos abrangem componentes psicológicas e psicossociais. Assim, a integração de ambas as abordagens proporcionam uma avaliação mais abrangente, sensível e viável do estado de prontidão e fadiga do atleta.

6. Referências bibliográficas

- Amaral, G. M., Marinho, H. V. R., Ocarino, J. M., Silva, P. L. P., De Souza, T. R., & Fonseca, S. T. (2014). Muscular performance characterization in athletes: A new perspective on isokinetic variables. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 18(6), 521–529. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0047>
- Anicic, Z., Janicijevic, D., Knezevic, O. M., Garcia-Ramos, A., Petrovic, M. R., Cabarkapa, D., & Mirkov, D. M. (2023). Assessment of Countermovement Jump: What Should We Report? *Life*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/life13010190>
- Baltzopoulos, P. B., King, M., Gleeson, N., De, M., & Croix, S. (2012). The BASES Expert Statement on Measurement of Muscle Strength with Isokinetic Dynamometry Produced on behalf of the British Association of Sport and Exercise Sciences. *The Sport and Exercise Scientist*. www.bases.org.uk
- Bauer, J., Muehlbauer, T., Geiger, S., & Gruber, M. (2024). Interaction between the leg recovery test and subjective measures of fatigue in handball players: short-, mid-, and long-term assessment. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1474385>
- Beckham, G., Suchomel, T. J., Mizuguchi, S., & Suchomel, T. (2014). *Force Plate Use in Performance Monitoring and Sport Science Testing*. <https://www.researchgate.net/publication/269631495>
- Behrens, M., Gube, M., Chaabene, H., Prieske, O., Zenon, A., Broscheid, K. C., Schega, L., Husmann, F., & Weippert, M. (2023). Fatigue and Human Performance: An Updated Framework. In *Sports Medicine* (Vol. 53, Issue 1, pp. 7–31). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01748-2>
- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Thomson, R. L., Davison, K., Robertson, E. Y., & Buckley, J. D. (2016). Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 10, pp. 1461–1486). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0484-2>
- Bestwick-Stevenson, T., Toone, R., Neupert, E., Edwards, K., & Kluzek, S. (2021). Assessment of Fatigue and Recovery in Sport: Narrative Review. In *International Journal of Sports Medicine* (Vol. 43, Issue 14, pp. 1151–1162). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/a-1834-7177>
- Bishop, C., Jordan, M., Torres-Ronda, L., Loturco, I., Harry, J., Virgile, A., Mundy, P., Turner, A., & Comfort, P. (2023). Selecting Metrics That Matter: Comparing the Use of the Countermovement Jump for Performance Profiling, Neuromuscular Fatigue Monitoring, and Injury Rehabilitation Testing. *Strength & Conditioning Journal*, 45(5), 545–553. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000772>
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., Cordy, J., Mendez-Villanueva, A., & Coutts, A. J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 550–555. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.003>
- Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 873–899. <https://doi.org/10.1080/026404102320761787>
- Clark, N., & Rolleston, M. (2017). THE EFFECT OF FUNCTIONAL FATIGUE ON KNEE FORCE SENSE IN UNINJURED ADULT MALE FOOTBALL PLAYERS. *British Journal of Sports Medicine*, 51(4), 308.1-308. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097372.63>

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing Maximal Neuromuscular Power Part 1-Biological Basis of Maximal Power Production. *Sports Medicine*.

COSTA, M., DANTAS, E., MARQUES, M., & NOVAES, J. (2004). Percepção subjetivo do esforço. Classificação do esforço percebido: proposta de utilização da escala de faces. *Fitness & Performance Journal*, 3(6), 305–313. <https://doi.org/10.3900/fpj.3.6.305.p>

Crawford, D. A., Heinrich, K. M., Drake, N. B., Deblauw, J., & Carper, M. J. (2019). Heart rate variability mediates motivation and fatigue throughout a high-intensity exercise program. *Canadian Science Publishing*. www.nrcresearchpress.com

Dambroz, F., Clemente, F. M., & Teoldo, I. (2022). The effect of physical fatigue on the performance of soccer players: A systematic review. In *PLoS ONE* (Vol. 17, Issue 7 July). Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270099>

de Araujo Ribeiro Alvares, J. B., Rodrigues, R., de Azevedo Franke, R., da Silva, B. G. C., Pinto, R. S., Vaz, M. A., & Baroni, B. M. (2015). Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. *Physical Therapy in Sport*, 16(1), 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.04.004>

Drouin, J. M., Valovich-McLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 22–29. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0933-0>

Erdfelder, E., & Buchner, A. (1996). GPOWER: A general power analysis program. In *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* (Vol. 28, Issue 1).

Fitas, A., Santos, P., Gomes, M., Pezarat-Correia, P., & Mendonca, G. V. (2024). Influence of sex and strength differences on the load–velocity relationship of the Smith-machine back squat. *Sport Sciences for Health*, 20(1), 87–96. <https://doi.org/10.1007/s11332-023-01069-5>

Froyd, C., Beltrami, F. G., Millet, G. Y., & Noakes, T. D. (2016). Central regulation and neuromuscular fatigue during exercise of different durations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(6), 1024–1032. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000867>

Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015). COMPARISON OF THE CAPACITY OF DIFFERENT JUMP AND SPRINT FIELD TESTS TO DETECT NEUROMUSCULAR FATIGUE. *Journal of Strength and Conditioning Research*. www.nscs.com

Gathercole, R. J., Stellingwerff, T., & Sporer, B. C. (2015). Effect of Acute Fatigue and Training Adaptation on Countermovement Jump Performance in Elite Snowboard Cross Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 37–46. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000622>

Greig, M. (2008). The Influence of Soccer-Specific Fatigue on Peak Isokinetic Torque Production of the Knee Flexors and Extensors. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(7), 1403–1409. <https://doi.org/10.1177/0363546508314413>

Hader, K., Rumpf, M. C., Hertzog, M., Kilduff, L. P., Girard, O., & Silva, J. R. (2019). Monitoring the Athlete Match Response: Can External Load Variables Predict Post-match Acute and Residual Fatigue in Soccer? A Systematic Review with Meta-analysis. In *Sports Medicine - Open* (Vol. 5, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0219-7>

Hasegawa, T., Muratomi, K., Furuhashi, Y., Mizushima, J., & Maemura, H. (2024). Effects of high-intensity sprint exercise on neuromuscular function in sprinters: the countermovement jump as a fatigue assessment tool. *PeerJ*, 12, e17443. <https://doi.org/10.7717/peerj.17443>

Hirano, M., Katoh, M., Gomi, M., & Arai, S. (2020). Validity and reliability of isometric knee extension muscle strength measurements using a belt-stabilized hand-held dynamometer: a comparison with the measurement using an isokinetic dynamometer in a sitting posture. *Journal of Physical Therapy Science*.

Marôco, J. (2021). *Análise Estatística com o SPSS Statistics* (ReportNumber, Ed.; 8ª Edição).

Kabacinski, J., Szozda, P. M., Mackala, K., Murawa, M., Rzepnicka, A., Szewczyk, P., & Dworak, L. B. (2022). Relationship between Isokinetic Knee Strength and Speed, Agility, and Explosive Power in Elite Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph19020671>

Lake, J., Mundy, P., Comfort, P., McMahon, J. J., Suchomel, T. J., & Carden, P. (2018). Concurrent validity of a portable force plate using vertical jump force-time characteristics. *Journal of Applied Biomechanics*, 34(5), 410–413. <https://doi.org/10.1123/jab.2017-0371>

LiaBraaten, B., Stolzman, S., Simpson, P. M., Zhang, L., Brockman, T., Linneman, N., Weisman, S. J., & Hainsworth, K. R. (2023). The Rating of Perceived Exertion—Pediatric (RPE-P) Scale: Preliminary Validation. *Children*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/children10121906>

Lourenço, J., Gouveia, É. R., Sarmento, H., Ihle, A., Ribeiro, T., Henriques, R., Martins, F., França, C., Ferreira, R. M., Fernandes, L., Teques, P., & Duarte, D. (2023). Relationship between Objective and Subjective Fatigue Monitoring Tests in Professional Soccer. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph20021539>

Perroni, F., Migliaccio, S., Borriore, P., Vetrano, M., Amatori, S., Sisti, D., Rocchi, M. B. L., Salerno, G., Vescovo, R. Del, Cavarretta, E., Guidetti, L., Baldari, C., & Visco, V. (2020). Can haematological and hormonal biomarkers predict fitness parameters in youth soccer players? A pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176294>

Petrigna, L., Karsten, B., Marcolin, G., Paoli, A., D'Antona, G., Palma, A., & Bianco, A. (2019). A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01384>

Rabbani, A., Clemente, F. M., Kargarfard, M., & Chamari, K. (2019). Match fatigue time-course assessment over four days: Usefulness of the hooper index and heart rate variability in professional soccer players. *Frontiers in Physiology*, 10(FEB). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00109>

Romagnoli, M., Sanchis-Gomar, F., Alis, R., Risso-Ballester, J., Bosio, A., L. Graziani, R., & Rampinini, E. (2016). Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.

Russell, S., Jenkins, D., Halson, S., & Kelly, V. (2020). Changes in subjective mental and physical fatigue during netball games in elite development athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(6), 615–620. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.12.017>

S. L. Hooper, A. W. Bachmann, L. T. Mackinnon, A. Howard, & R. D. Gordon. (1995). Markers for monitoring overtraining and recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.

Saw, A. E., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 50, Issue 5, pp. 281–291). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>

Tornero-Aguilera, J. F., Jimenez-Morcillo, J., Rubio-Zarapuz, A., & Clemente-Suárez, V. J. (2022). Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained: A Narrative Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073909>

Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. In *Sports Medicine* (Vol. 47, Issue 8, pp. 1569–1588). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>

von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandenbroucke, J. P. (2007). The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *The Lancet*, 370(9596), 1453–1457. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61602-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61602-X)

Whittaker, R. L., Sonne, M. W., & Potvin, J. R. (2019). Ratings of perceived fatigue predict fatigue induced declines in muscle strength during tasks with different distributions of effort and recovery. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 47, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.05.012>

Yanez, C., Ochoa, N., Cardozo, L., Peña, J., Diaz, N., Ojeda, W., & Rodriguez, J. (2023). Assessment of Neuromuscular Fatigue 24 hours After a Futsal Simulated Protocol in University Female Athletes. In *International Journal of Exercise Science* (Vol. 16, Issue 1). <http://www.intjexersci.com>

Apêndices

Apêndice A – Consentimento informado, livre e esclarecido para investigação científica



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Comissão de Ética

CONSENTIMENTO INFORMADO ESCLARECIDO E LIVRE PARA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Título do projeto ou estudo de investigação: Relação entre indicadores subjetivos e indicadores objetivos de fadiga muscular em atletas de futebol universitário

Investigação no âmbito da Licenciatura em Fisioterapia

Responsável pelo projeto ou estudo de investigação: Tiago Antunes Salvado

Orientadora: Fisioterapeuta Lara Gil Gomes De Campos

Instituição de acolhimento / Local de estudo: Instituto Politécnico de Castelo Branco
- Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias

Este documento, designado Consentimento Informado Esclarecido e Livre, dado por escrito, contém informação importante em relação ao estudo para o qual foi abordado/a, bem como o que expectável acontecer, se decidir participar no mesmo. Leia atentamente toda a informação aqui contida. Deve sentir-se inteiramente livre para colocar qualquer questão, assim como para discutir com terceiros (amigos, familiares) a decisão da sua participação neste estudo.

Em qualquer momento não hesite em solicitar mais informações aos responsáveis pelo projeto, assim como em caso de emergência:

- Orientadora: Fisioterapeuta Lara Gil Gomes De Campos – laracampos@ipcb.pt
- Tiago Antunes Salvado – 968453890 / tiago.salvado09@gmail.com

Se todas as informações estiverem em conformidade e de acordo com a proposta que lhe é feita, assine este documento.

A sua participação é voluntária e pode recusar-se a participar. Caso decida participar neste estudo é importante ter conhecimento que pode desistir a qualquer momento, sem qualquer tipo de consequência. Os dados vão ser utilizados para realizar um artigo de investigação. No caso de decidir abandonar o estudo, a relação com a ESALD não será afetada. Se for o caso, o estatuto enquanto estudante do IPCB será mantido e não sofrerá nenhuma consequência da não-participação ou desistência.

Informação geral sobre o estudo:
O presente estudo está a ser realizado no âmbito da unidade curricular “Investigação em Fisioterapia II”, pertencente ao 4º ano da Licenciatura em Fisioterapia da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias (ESALD), tendo como finalidade verificar se existe associação entre indicadores subjetivos – Índice de Hooper (HI) e Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) – e indicadores objetivos – torque isocinético do joelho e <i>countermovement jump</i> (CMJ) – de fadiga muscular após a realização do protocolo FAST-FP (<i>Functional Agility Short-Term Fatigue Protocol</i>) em jogadores universitários de futebol. Para tal, serão utilizados instrumentos de medição subjetivos e objetivos como a Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (medição subjetiva), o Índice de Hooper, (medição subjetiva), a plataforma de forças portátil (medição objetiva) e o Dinamómetro Isocinético <i>Biodex System 3</i> (medição objetiva), com o objetivo de avaliar a fadiga muscular. A fadiga muscular pode influenciar o desempenho técnico, cognitivo e tático dos jogadores durante o jogo. Esses efeitos podem impactar tanto o desempenho individual quanto o coletivo dos jogadores de futebol. Desta forma, uma gestão eficaz da fadiga é fundamental para otimizar a performance dos jogadores de futebol. Há várias formas de avaliar a fadiga, mas o tempo dispensado e o equipamento utilizado podem não ser acessíveis aos jogadores, treinadores e clubes. Assim sendo, torna-se pertinente encontrar uma forma válida de avaliar rapidamente e de forma pouco dispendiosa a fadiga, de forma a ser possível uma gestão eficiente da carga induzida no treino e da recuperação em atletas de futebol.
Procedimento do estudo
Para participar no estudo será necessário descolar-se à Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias e também deverá ser compatível com os critérios de inclusão (terá de ter uma idade igual ou superior a 18 anos e terá de ser jogador masculino de equipa de futebol em período competitivo) e com os critérios de exclusão (lesões agudas ou crónicas ou em processo de recuperação de lesão). O estudo será constituído por 2 etapas, realizadas em 2 dias. No primeiro dia, antes do agendamento da sessão onde se procederá à implementação do protocolo de fadiga e à recolha de dados, realizar-se-á uma sessão de familiarização ao estudo com os atletas, de forma a explicar todos os procedimentos. No segundo dia, irá ser realizada a recolha de dados, portanto irá solicitar-se aos atletas que, no início da sessão e antes da realização do protocolo de FAST-FP (citado na informação geral sobre o estudo), preencham o questionário de caracterização e o Índice de <i>Hooper</i> (HI) para avaliar o nível de fadiga antes do exercício. De seguida, irá proceder-se à implementação do protocolo de fadiga (FAST-FP), onde poderá ocorrer alguma fadiga muscular. Após este protocolo, os atletas irão realizar as restantes 3 medições do nível de fadiga muscular: o Torque Isocinético máximo concêntrico e excêntrico dos flexores e extensores do joelho através do dinamómetro isocinético; e as medições do <i>countermovement jump</i> (CMJ),

que corresponde a realização de um salto sobre a plataforma de forças, e, por último devem ser submetidos à escala de Percepção Subjetiva de Esforço, sendo esta auto-reportada pelos atletas.
Duração da participação no estudo
A referida investigação irá realizar-se em dois dias, tendo duração de aproximadamente 45 minutos no primeiro dia e 1 hora e 30 minutos no segundo dia.
Condições e financiamento
O estudo não é financiado e não existe seguro, portanto não haverá lugar a pagamento de contrapartidas.
Benefícios e riscos da participação
Os participantes beneficiam de todo o conhecimento adquirido que o estudo proporciona através dos seus resultados. Relativamente aos riscos da participação, não são esperados potenciais riscos/incómodos substanciais. No entanto, face à realização de testes físicos, os atletas podem estar expostos a riscos mínimos como dor muscular de início tardio e fadiga muscular. Contudo, existe a possibilidade de uma eventual lesão face aos testes físicos. No caso de um acontecimento adverso, em situações mais ligeiras o fisioterapeuta responsável da instituição irá prestar os cuidados necessários; em situações mais graves e de urgência, será efetuada uma chamada para o número de emergência, 112.
Confidencialidade de dados
A confidencialidade e o anonimato dos dados são garantidos através da utilização de um ID para identificar a pessoa. Os dados serão armazenados apenas pelo investigador sem nunca pôr em causa a identidade do participante, assim como o uso exclusivo dos mesmos para fins académicos.
Destino e divulgação dos dados em estudo
A equipa de intervenção guardará os questionários preenchidos e os dados recolhidos num lugar seguro, de forma a impedir o acesso a elementos externos à equipa. Os questionários serão preservados por um período máximo de 1 ano após o término do estudo. Os dados do estudo serão divulgados de forma anónima, para conclusão do projeto final da Licenciatura em Fisioterapia, podendo ser divulgados através de um artigo científico, póster e/ou disseminação em congressos da área.

ASSINATURA DO CONSENTIMENTO INFORMADO ESCLARECIDO E LIVRE PARA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Li (ou alguém leu para mim) o consentimento informado esclarecido e livre para investigação científica e estou consciente do que esperar quanto á minha participação no projeto ou estudo *Relação entre indicadores subjetivos e indicadores objetivos de fadiga muscular em atletas de futebol universitário*. Tive a oportunidade de colocar todas as questões e as respostas esclareceram todas as minhas dúvidas. Assim, aceito voluntariamente participar neste estudo. Foi-me dada uma cópia deste documento.

Nome do participante

Assinatura do participante

____/____/____
Data

Nome do representante legal do
participante
(se aplicável)

Assinatura do representante legal do
participante

Grau de relação com o participante

____/____/____
Data

Investigador/Equipa de Investigação

Os aspetos mais importantes deste estudo foram explicados ao participante ou ao seu representante, antes de solicitar a sua assinatura. Uma cópia deste documento ser-lhe-á fornecida.

Nome e contacto da pessoa que obtém
o consentimento

Assinatura da pessoa que obtém
o consentimento

____/____/____
Data

Apêndice B – Questionário de caracterização do atleta



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Escola Superior
de Saúde
Dr. Lopes Dias



Instituto Politécnico
de Castelo Branco

Questionário de caracterização do atleta

ID: _____ (a preencher pelos investigadores)

Idade: _____ anos

Altura: _____ m

Peso: _____ Kg

IMC: _____ kg/m²

Realizou exercício de alta intensidade nas últimas 48 horas? Sim ____ Não ____

Há quanto tempo pratica a modalidade? _____

Já se lesionou? Sim ____ Não ____

- Se respondeu “sim” à questão anterior, responda à próxima pergunta:

Há quanto tempo ocorreu a lesão? _____

Anexos

Anexo A – Escala da PSE

- 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

Figura 3. Escala da PSE (COSTA et al., 2004)

Anexo B – *Functional Agility Short-Term Fatigue Protocol (FAST-FP)*:

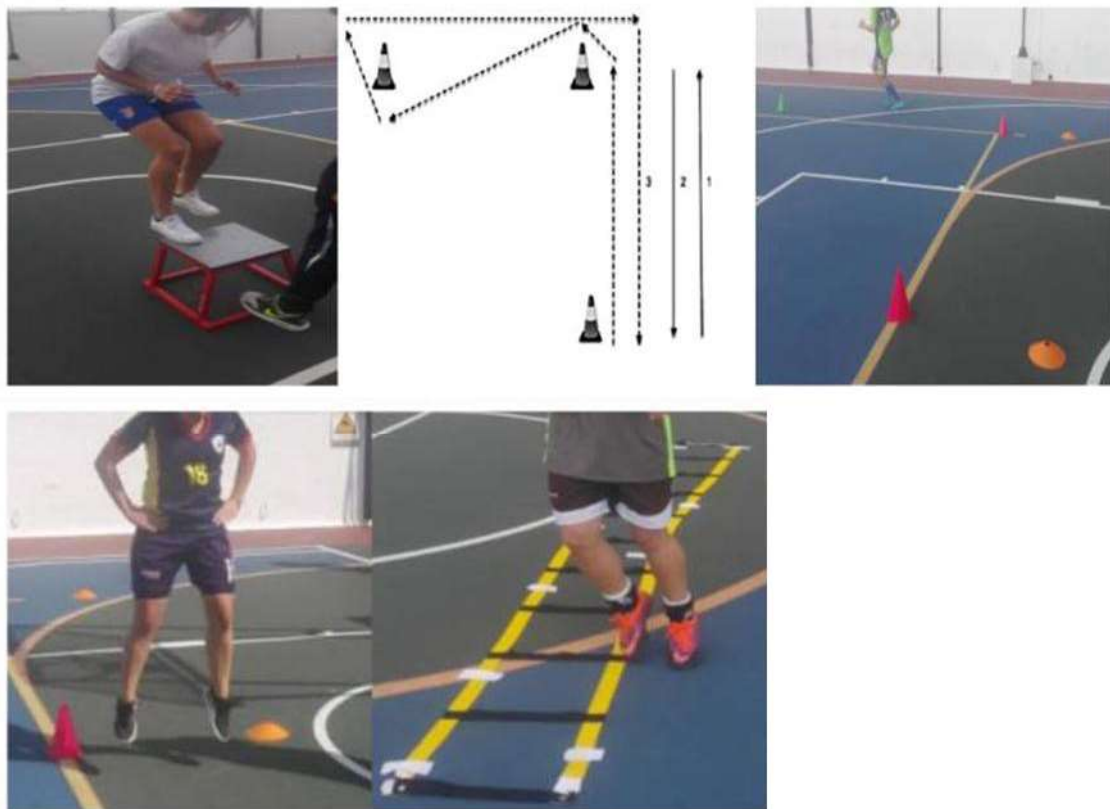


Figura 4. Protocolo de fadiga FAST-FP (Yanez et al., 2023)