

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Perfil do sono e do desempenho de salto de corredores de trilhas e montanhas

Júlia Pagotto Matos
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

JÚLIA PAGOTTO MATOS

Perfil do sono e do desempenho de salto de corredores de trilhas e montanhas

Dissertation submitted to the Physical Education Graduate Program of the Universidade Federal de Viçosa in partial fulfillment of the requirements for the degree of *Magister Scientiae*.

Adviser: Helton de Sa Souza

Co-adviser: Ana C. P. Kravchychyn

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M433p
2025 Matos, Júlia Pagotto, 1999-
Perfil do sono e do desempenho de salto de corredores de
trilhas e montanhas / Júlia Pagotto Matos. – Viçosa, MG, 2025.
1 dissertação eletrônica (74 f.): il.

Texto em português e inglês.

Inclui anexo.

Orientador: Helton de Sá Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Educação Física, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.667>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Corredores de longa distância - Avaliação - Efeito da
privação do sono. 2. Estresse (Fisiologia). I. Souza, Helton de
Sá, 1987-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação
Física. III. Título.

CDD 22. ed. 613.7172

JÚLIA PAGOTTO MATOS

Perfil do sono e do desempenho de salto de corredores de trilhas e montanhas

Dissertation submitted to the Physical Education Graduate Program of the Universidade Federal de Viçosa in partial fulfillment of the requirements for the degree of *Magister Scientiae*.

APPROVED: July 22, 2025.

Assent:

Júlia Pagotto Matos
Author

Helton de Sa Souza
Adviser

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 21/10/2025 às 08:55:18 e pelo orientador em 22/10/2025 às 09:29:57. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **QU3H.NX9I.11GE** e clique no botão 'Validar documento'.

ACKNOWLEDGMENTS

Agradeço aos meus pais, Jânia e José Roberto, que me mostraram o caminho, me ensinaram o valor do estudo e tornaram possível que eu chegasse até aqui.

Às minhas irmãs, Núbia e Lívia, que sempre me inspiraram a ser uma pessoa melhor. Minhas melhores lembranças e risadas são com vocês.

Ao meu companheiro, Rafael, por caminhar ao meu lado com tanto carinho e parceria.

À Universidade Federal de Viçosa, pelas experiências vividas e pelas oportunidades oferecidas ao longo da minha formação.

Ao meu orientador e à minha coorientadora, pela orientação atenta e pela confiança no meu trabalho.

A todos os professores que tive ao longo da vida, que influenciaram diretamente minha forma de pensar e aprender.

Ao grupo de pesquisa do Departamento de Educação Física da UFV, o Laboratório de Psicobiologia e Exercício (LAPSE), pelos encontros e discussões que me ajudaram a pensar a ciência de forma mais ampla.

À minha amiga e colega de trabalho, Larissa, por ter sido a pessoa mais próxima durante toda essa fase e por estar presente tanto nos momentos bons quanto nos difíceis.

Aos meus amigos de todos os dias, Maria Luíza, Cristóvão, João Marcos, Dan, Júlia e Pedro, por cada troca de ideias e por tornarem a rotina mais leve e divertida.

Às minhas amigas, Júlia, Mariana, Diovanna e Ana Paula, agradeço pela amizade sincera e por estarem sempre por perto, mesmo de longe.

À equipe organizadora da competição La Misión Brasil e aos atletas, que aceitaram participar da pesquisa em um contexto exigente, demonstrando generosidade, compromisso e espírito de colaboração.

This work has been sponsored by the following Brazilian research agencies: Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES; Financing code 001), Minas Gerais State Foundation for Research Aid (FAPEMIG) and National Council of Scientific and Technological Development (CNPq).

ABSTRACT

MATOS, Júlia Pagotto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2025. **Sleep profile and jump performance of trail and mountain runners.** Adviser: Helton de Sa Souza. Co-adviser: Ana Claudia Pelissari Kravchychyn.

Endurance and ultra-endurance races on trails and mountains have gained popularity in recent years. They are characterized by long distances, extreme environmental conditions, altitude variations, and unstable terrain, all of which impose significant physiological stress on athletes. In this context, sleep emerges as a key strategy for physical recovery and performance maintenance. Sleep deprivation or poor sleep quality, common in prolonged races, can impair both cognitive functions and physical performance. Despite the growing attention to this topic, few studies have integrated sleep profiles and neuromuscular performance in real-world competition contexts. This dissertation aimed to investigate the sleep profile and vertical jump performance in trail and mountain runners, to expand the understanding of the effects of partial or total sleep deprivation on muscular performance, as well as its potential implications for the health and performance of these athletes. Data collection was carried out during the La Mision Brazil race in 2023 and 2024, with athletes from different distances. Self-explanatory online questionnaires were applied two weeks before the competition, in addition to vertical jump tests conducted before, immediately after, and 24 hours after the competition. In the first study, hierarchical cluster analysis revealed that endurance runners exhibited better sleep quality compared to ultra-endurance runners, who showed greater variability and a higher prevalence of poor sleep quality, especially among women. The second study compared athletes from the 35 km and 80 km races, showing a significant reduction in vertical jump performance after the race and 24 hours later, indicating persistent neuromuscular fatigue. Additionally, negative correlations were observed between poorer sleep scores and lower muscular performance. These findings emphasize the impact of physical and cognitive demands in long-duration races and the importance of personalized strategies, including sleep, to optimize athlete performance and health.

Keywords: running; endurance; sleep deprivation; muscular performance

RESUMO

MATOS, Júlia Pagotto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2025. **Perfil do sono e do desempenho de salto de corredores de trilhas e montanhas.** Orientador: Helton de Sa Souza. Coorientadora: Ana Claudia Pelissari Kravchychyn.

As corridas de endurance e de ultra-endurance em trilhas e montanhas têm ganhado popularidade nos últimos anos. Caracterizam-se por longas distâncias, condições ambientais extremas, variações altimétricas e terrenos instáveis, o que impõe elevado estresse fisiológico aos atletas. Nesse contexto, o sono destaca-se como uma estratégia fundamental para a recuperação física e manutenção do desempenho. A privação ou a má qualidade do sono, comum em provas prolongadas, pode comprometer tanto as funções cognitivas quanto a performance física. Apesar da crescente atenção ao tema, são escassos os estudos que avaliam de forma integrada o perfil de sono e o desempenho neuromuscular em contextos reais de competição. Essa dissertação teve como objetivo investigar o perfil do sono e do desempenho de salto vertical de corredores de trilha e montanha, a fim de ampliar a compreensão sobre os efeitos da privação parcial ou total de sono no desempenho muscular, bem como suas possíveis implicações na saúde e na performance desses atletas. A coleta de dados foi realizada durante a prova La Misión Brasil, nos anos de 2023 e 2024, com atletas de diferentes distâncias. Foram aplicados questionários autoexplicativos online, duas semanas antes da competição, além de testes de salto vertical realizados antes, imediatamente após e 24 horas após a competição. No primeiro estudo, por meio de análise de agrupamento hierárquico, identificou-se que corredores de endurance apresentaram melhor qualidade de sono em comparação aos de ultra-endurance, que demonstraram maior variabilidade e prevalência de má qualidade de sono, especialmente entre as mulheres. O segundo estudo comparou atletas das provas de 35 km e 80 km, revelando redução significativa no desempenho do salto vertical após a corrida e 24 horas depois, indicando fadiga neuromuscular persistente. Além disso, foram observadas correlações negativas entre piores escores de sono e menor desempenho muscular. Esses achados reforçam o impacto das exigências físicas e cognitivas em corridas de longa duração e a importância de estratégias personalizadas, que incluam o sono, para otimizar o desempenho e a saúde dos atletas.

Palavras-chave: corrida; endurance; privação de sono; desempenho muscular

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

DESENHO EXPERIMENTAL

Figura 1	Linha temporal do processo de coleta de dados dos estudos 1 e 2 durante as edições de 2023 e 2024 da La Misión Brasil	21
Artigo - Influence of Sleep Quality on Recovery and Performance in Endurance and Ultra-Endurance Runners: Sex Differences Identified Through Hierarchical Clustering (Influência da Qualidade do Sono na Recuperação e Performance em Corredores de Endurance e Ultra-Endurance: Diferenças entre os Sexos Identificadas por Agrupamento Hierárquico)		
Figura 1	HC visualization in female endurance running athletes (Visualização por agrupamento hierárquico em atletas do sexo feminino de provas de <i>endurance</i>).....	34
Figura 2	HC visualization in female ultra-endurance running athletes (Visualização por agrupamento hierárquico em atletas do sexo feminino de provas de <i>ultra-endurance</i>).....	35
Figura 3	HC visualization in male endurance running athletes (Visualização por agrupamento hierárquico em atletas do sexo masculino de provas de <i>endurance</i>).....	36
Figura 4	HC visualization in male ultra-endurance running athletes (Visualização por agrupamento hierárquico em atletas do sexo masculino de provas de <i>ultra-endurance</i>).....	37
Artigo - Association Between Sleep Parameters and Neuromuscular Recovery in Trail and Mountain Runners (Associação Entre Parâmetros do Sono e a Recuperação Neuromuscular em Corredores de Trilhas e Montanhas)		
Figura 1	Timeline of procedures carried out throughout the study (Linha do tempo dos procedimentos realizados ao longo do estudo).....	55
Figura 2	Changes in body weight and CMJ performance at different time points (Variações no peso corporal e no desempenho de salto vertical com contramovimento em diferentes momentos).....	58
Figura 3	Correlations between sleep variables, race time, and vertical jump performance in endurance athletes (Correlação entre variáveis do sono, tempo de prova e desempenho no salto vertical em atletas de <i>endurance</i>).....	60
Figura 4	Association between sleep quality and neuromuscular performance post-race in ultra-endurance athletes (Associação entre qualidade do sono e desempenho neuromuscular após a prova em atletas de <i>ultra-endurance</i>).....	61

LISTA DE TABELAS

Artigo - Influence of Sleep Quality on Recovery and Performance in Endurance and Ultra-Endurance Runners: Sex Differences Identified Through Hierarchical Clustering (Influência da Qualidade do Sono na Recuperação e Performance em Corredores de *Endurance* e *Ultra-Endurance*: Diferenças entre os Sexos Identificadas por Agrupamento Hierárquico)

Tabela 1	Represents the participants' characteristics (Representa as características dos participantes).....	30
Tabela 2	Correlation results between sex and PSQI in all running categories (Resultados de correlação entre sexo e PSQI em todas as categorias de corrida).....	33
Tabela 3	Correlation results between sex and PSQI in endurance athletes (Resultados de correlação entre sexo e PSQI em atletas de <i>endurance</i>).....	33
Tabela 4	Outputs the correlation results of ultra-endurance athletes by sex (Resultados de correlação em atletas de <i>ultra-endurance</i> por sexo).....	33

Artigo - Association Between Sleep Parameters and Neuromuscular Recovery in Trail and Mountain Runners (Associação Entre Parâmetros do Sono e a Recuperação Neuromuscular em Corredores de Trilhas e Montanhas)

Tabela 1	Anthropometric characteristics and race time of participants by group (Características antropométricas e tempo de prova dos participantes por grupo).....	56
Tabela 2	Comparison of sleep scores and vertical jump performance between endurance and ultra-endurance athletes (Comparação dos escores de sono e desempenho de salto vertical entre atletas de <i>endurance</i> e <i>ultra-endurance</i>).....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCSS	Between-Clusters Sum of Squares (Soma dos Quadrados Entre os Grupos)
BMI	Body Mass Index (Índice de Massa Corporal)
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CI	Confidence Interval (Intervalo de Confiança)
CMJ	Countermovement Jump (Salto com Contramovimento)
d	Tamanho de efeito de Cohen
df	Degrees of freedom (Graus de Liberdade)
EEG	Eletroencefalograma
EN	Endurance group (Grupo <i>Endurance</i>)
ESS	Epworth Sleepiness Scale (Escala de Sonolência de <i>Epworth</i>)
FAPEMI	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
G	
FC	Frequência Cardíaca
h	Hora(s)
HC	Hierarchical Clustering (Agrupamento Hierárquico)
ISI	Insomnia Severity Index (Índice de Gravidade de Insônia)
kg	Quilograma
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
km	Quilômetro
m	Metro
m ²	Metro quadrado
n	Número de participantes
NREM	Non-Rapid Eye Movement (Movimento Não Rápido dos Olhos)
p	Valor de significância estatística (probabilidade)
P.F.	Autor correspondente
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PSQI	Pittsburgh Sleep Quality Index (Índice de Qualidade de Sono de <i>Pittsburgh</i>)
R	Linguagem de Programação "R"
r	Coeficiente de Correlação
REM	Rapid Eye Movement (Movimento rápido dos olhos)
SD	Standard Deviation (Desvio Padrão)
SNC	Sistema Nervoso Central
SS	Silhouette Score (Pontuação de Silhueta)
t	Estatística t (para correlação bisserial ponto)
TSS	Total Sum of Squares (Soma Total dos Quadrados)
UEN	Ultra-endurance group (<i>Grupo Ultra-Endurance</i>)
UFV	Universidade Federal de Viçosa
W	Estatística do teste de Wilcoxon
WCSS	Within-Clusters Sum of Squares (Soma dos Quadrados Dentro dos Grupos)

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
±	Mais ou menos (desvio padrão)
<	Menor que
≥	Maior ou igual que
=	Igual
e	Notação científica
/	Divisão
-	Valor negativo
ω	Ômega
–	Hífen separando valores no intervalo
#	Indica nota de rodapé para resultado com baixo poder estatístico
[]	Usado para encapsular valores estatísticos
χ^2	Estatística qui-quadrado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1 O sono: biologia e fisiologia.....	12
1.2 Sono e desempenho muscular	15
1.3. Sono e desempenho esportivo	17
2. JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE	18
3. OBJETIVOS	19
3.1. Objetivo Geral.....	19
Investigar o perfil do sono e do desempenho de salto vertical em corredores de trilhas e montanhas, a fim de ampliar a compreensão sobre os efeitos da privação parcial ou total de sono no desempenho muscular, bem como suas possíveis implicações na saúde e na performance desses atletas.....	19
3.2. Objetivos específicos.....	19
4. DESENHO EXPERIMENTAL	19
5. REFERÊNCIAS	21
6. ARTIGO 1 - Influence of Sleep Quality on Recovery and Performance in Endurance and Ultra-Endurance Runners: Sex Differences Identified Through Hierarchical Clustering	25
7. ARTIGO 2 – Association Between Sleep Parameters and Neuromuscular Recovery in Trail and Mountain Runners	51
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
ANEXO A – Carta de Aprovação do Comitê de Ética.....	70

1. INTRODUÇÃO GERAL

As corridas de *endurance* têm se tornado cada vez mais populares entre corredores recreativos e competitivos, especialmente no contexto de provas de trilha e montanha (Kakouris *et al.*, 2021). Essa expansão pode ser atribuída à busca por desafios fora do ambiente urbano, com provas que promovem contato direto com a natureza e experiências de superação em terrenos complexos (Scheer *et al.*, 2020). As corridas de trilha e montanha, ou *trail running*, como geralmente é chamada, (Graham *et al.*, 2020), se diferem das corridas de rua não só pelo terreno a ser percorrido, como também pelo perfil altimétrico.

Da mesma forma que as corridas de *endurance* têm crescido no meio esportivo, os eventos de *ultra-endurance* também têm apresentado um aumento substancial na quantidade de praticantes. As corridas de *ultra-endurance*, em especial, aquelas em que se percorre a pé circuitos com duração superior a seis horas ou que excedem a maratona padrão, podendo ultrapassar até 100 km (Scheer e Krabak, 2021), são cada vez mais comuns.

A complexidade logística das ultramaratonas de trilha e montanha está relacionada não apenas à distância, mas ao ambiente remoto, às condições ambientais extremas, como variações abruptas de temperatura, clima imprevisível e terreno instável (Hoffman, 2016). Além disso, apresenta grandes variações altimétricas, com subidas íngremes e descidas técnicas que exigem alto controle motor e força excêntrica (Vincent *et al.*, 2022). Esse conjunto de fatores impõe um estresse fisiológico considerável aos atletas (Tiller e Millet, 2025). Também são requeridas adaptações específicas, como maior estabilidade articular, propriocepção e estratégias eficientes no gerenciamento de energia (Vincent *et al.*, 2022). Dentro desse cenário, o sono se destaca como um fator fundamental para otimizar o desempenho atlético, sendo especialmente relevante em contextos de *endurance* (Scheer e Krabak, 2022).

O gerenciamento do sono é uma variável estratégica frequentemente negligenciada no contexto esportivo, especialmente em provas de *ultra-endurance* (Hoffman, 2016). Essa negligência contrasta com a crescente evidência de que o sono desempenha um papel crítico na regulação metabólica e na recuperação fisiológica (Nikolaidis *et al.*, 2023). Assim, em provas de duração prolongadas, como as

ultramaratonas, a demanda fisiológica é exacerbada e o tempo de prova muitas vezes ultrapassa o ciclo normal de vigília-sono (Kishi *et al.*, 2024). Nessas situações, torna-se comum a ocorrência de privação parcial ou total de sono, o que afeta diretamente funções motoras e cognitivas essenciais ao desempenho. Bianchi *et al.* (2022) demonstraram que, já nas primeiras 24 horas de vigília contínua, há desorganização significativa do ciclo vigília-sono e níveis críticos de sonolência, prejudicando o tempo de reação e a capacidade de manutenção do ritmo.

Além disso, a privação de sono tem sido associada a prejuízos na performance aeróbica e no aumento do esforço percebido. Em uma revisão sistemática com metanálise, Craven *et al.* (2022) observaram que a perda de sono total ou parcial reduziu o tempo até a exaustão de atletas em testes aeróbicos. Os autores também relataram elevação nos escores de esforço percebido, indicando maior carga subjetiva durante o exercício. Já um estudo observacional conduzido durante uma ultramaratona de 217 km, Daniel *et al.* (2024) demonstraram que atletas que relataram menor tempo de sono nas noites anteriores à prova apresentaram menor taxa de finalização da corrida, além de maior percepção de fadiga ao longo da competição.

1.1 O sono: biologia e fisiologia

O sono é um processo biológico fundamental para a restauração fisiológica e para o desempenho cognitivo (Morrison *et al.*, 2022). Os estados de sono e de vigília são regulados por relógios biológicos intrínsecos, que seguem ritmos com duração de ciclo de aproximadamente 24 h (Castro-Santos *et al.*, 2023), e por fatores homeostáticos. Esses fatores se referem ao acúmulo progressivo da necessidade de dormir durante a vigília, uma “pressão” por sono, e sua dissipação durante o sono (Dijk e Archer, 2010; Deboer, 2018).

Ao longo de uma noite de sono, o organismo passa por um processo rítmico e cíclico, marcado por mudanças fisiológicas que definem suas diferentes fases (Baranwal *et al.*, 2023). Cada fase, ou estágio de sono, apresenta características neurofisiológicas distintas e contribuições específicas para a manutenção das funções cognitivas e da recuperação corporal. Essas fases do sono são classificadas como sono NREM, dividido em N1, N2 e N3, e sono REM. Assim, em cada momento do sono (NREM e REM), as respostas do organismo serão diferentes.

O estágio N1 é o início do adormecer, geralmente compreende 5% de uma noite de sono. O estágio N2 ocupa cerca de 50% de uma noite de sono e é marcado como uma transição para o sono mais profundo. Nesse momento, é comum observar um padrão de aumento e de diminuição da amplitude da ventilação, que dura cerca de 10 a 20 minutos e desaparece com a estabilização e aprofundamento do sono. Também ocorre, de maneira lenta e gradual, a redução da temperatura corporal e da contratilidade e da função do sistema digestório. Ainda, há a inibição de motoneurônios, tanto para impulsos originários do sistema nervoso central (SNC) como vindos de canais sensoriais, diminuindo as respostas motoras. O sono N3, também chamado de sono de ondas lentas, é caracterizado pela lentificação da frequência das ondas cerebrais no eletroencefalograma (EEG). É marcado por uma queda significativa da pressão arterial sistólica (PAS) e da frequência cardíaca (FC), predominando a atividade parassimpática sobre a simpática. A respiração se torna regular com relação à frequência e amplitude respiratória, com hipoventilação progressiva (Tufik, 2008; Tan *et al.*, 2019).

O sono REM é marcado por uma dessincronia entre uma série de parâmetros. Possui atividade cerebral intensa – semelhante à vigília, e intensas flutuações no sistema respiratório (com episódios de hiperventilação e hipoventilação), no sistema digestório (contrações digestivas com a mesma frequência encontrada na pessoa acordada) e no sistema cardiovascular (sendo comum a PAS e a FC atingirem níveis semelhantes aos da vigília). O controle termorregulatório está inativado, mantendo a temperatura corporal baixa. Além disso, há atividade muscular em seu menor grau, podendo haver movimentação em algumas partes do corpo como face, mãos, pés e, sobretudo os olhos. Essa movimentação ocular é uma de suas manifestações mais evidentes dessa fase do sono e, inclusive, a nomeia (sigla REM derivada do inglês *rapid eye movement*) (Tufik, 2008; Tan *et al.*, 2019).

Dentre as funções do sono, algumas teorias apontam que este comportamento é fundamental para a conservação de energia e para a restauração física. Especialmente o sono NREM é associado à recuperação física devido à secreção de hormônios anabólicos que acontecem durante essa fase, que auxiliam na síntese de proteínas estruturais e reparação de microlesões induzidas pelo exercício. Essas características são indispensáveis para reparos celulares, com ênfase na integridade muscular e neural (Morrison *et al.*, 2022).

Tanto a quantidade quanto a qualidade do sono são importantes para o bom funcionamento do corpo e vitalidade geral (Castro-Santos *et al.*, 2023). A qualidade do sono pode ser definida através de latências do sono mais curtas, menos despertares, maior eficiência do sono e vigília reduzida após o início do sono (Ohayon *et al.*, 2017). O sono regular ajuda a manter os “relógios internos” do corpo, alinhar os ritmos circadianos internos, reduzir a sonolência diurna e permitir uma maior qualidade de sono (Baranwal *et al.*, 2023; Soehner *et al.*, 2011). Em contrapartida, a privação de sono pode prejudicar a cognição, a função imune, aumentar o estresse oxidativo e reduzir a capacidade de regeneração tecidual (Baranwal *et al.*, 2023). Consonante a isso, a baixa eficiência do sono e a fragmentação do sono estão ligadas a uma função executiva mais escassa, com efeitos negativos nos tempos de reação, velocidade de processamento, precisão e tomada de decisão (Sen e Tai, 2023).

Além desses efeitos gerais, a qualidade do sono pode variar de acordo com características individuais, como o sexo biológico. De modo geral, mulheres tendem a relatar piores indicadores de sono do que os homens, o que pode estar ligado a aspectos biológicos, como variações hormonais ao longo do ciclo menstrual (Hrozanova *et al.*, 2021), quanto a questões psicossociais, como níveis mais altos de ansiedade e a sobrecarga familiar e profissional (Scheer *et al.*, 2025). No contexto esportivo, essas diferenças ainda foram pouco exploradas, mas podem representar um fator de risco adicional para a recuperação e para o desempenho (Roberts *et al.*, 2022).

Ainda, a qualidade do sono de atletas pode ser influenciada por outros fatores, como o calendário de competições congestionado, a baixa prioridade do sono em relação a outras demandas do treinamento ou, ainda, a falta de conhecimento sobre o papel do sono no desempenho esportivo (Claudino *et al.*, 2019). Halson e Juliff (2017) observaram que atletas privados de sono profundo ou REM apresentaram maior percepção de fadiga e tempo de reação e menor precisão motora. A função neuromuscular e cognitiva é comprometida por essas alterações, especialmente em atividades de alta complexidade técnica, como é o caso das provas de trilhas e montanhas. Além disso, distúrbios do sono estão relacionados a falhas na memória operacional, pior atenção sustentada e maior risco de lesões e acidentes (Rodrigues e Shigaeff, 2022).

Esses efeitos podem ser prejudiciais em contextos de provas de *endurance*, nos quais a privação parcial de sono tem sido associada à menor tolerância ao esforço, aumento da percepção de fadiga e risco de abandono de prova (Martin *et al.*, 2018; Dos Santos *et al.*, 2022). A perda aguda de sono reduz significativamente a performance física e cognitiva, incluindo maior tempo de reação e menor acurácia em tarefas (Craven *et al.*, 2022), efeitos amplificados em contextos de *endurance* prolongado, como as ultramaratonas de trilhas e montanhas.

O monitoramento do sono em atletas é uma ferramenta cada vez mais adotada, tanto em esportes coletivos quanto individuais. De acordo com Claudino *et al.* (2019), o uso de actígrafos para analisar parâmetros objetivos como eficiência, latência e duração total de sono, e de questionários como o Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh (PSQI) para avaliar parâmetros como a eficiência do sono são as principais metodologias identificadas. Em complemento com essa abordagem, Simim *et al.* (2020) destacam que, em esportes individuais, existe um consenso sobre a importância de indicadores como duração total, latência e eficiência do sono. Os autores enfatizam que a integração entre instrumentos objetivos e subjetivos, como actigrafia e diário do sono, é necessária para uma avaliação mais completa da qualidade do sono.

1.2 Sono e desempenho muscular

Além das repercussões metabólicas discutidas, o sono também exerce influência direta sobre o sistema musculoesquelético (Scheer e Krabak, 2021). Estudos experimentais têm demonstrado que a privação de sono está associada à ativação de vias catabólicas e à redução da síntese proteica, resultando em perda de massa muscular e menor capacidade de geração de força (Dattilo *et al.*, 2012; De Sá Souza *et al.*, 2016). Em humanos, mesmo uma única noite de privação parcial de sono já pode reduzir a força máxima voluntária e a potência dos membros inferiores (Knowles *et al.*, 2018). Essas consequências são preocupantes em esportes que envolvem esforço repetido e prolongado, como as ultramaratonas.

Ainda, a privação de sono está relacionada a um maior risco de lesões musculoesqueléticas, uma vez que prejudica o controle postural, a coordenação motora e a função neuromuscular (Nikolaidis *et al.*, 2023). No caso dos

ultramaratonistas, esse risco é agravado pela fadiga acumulada, instabilidade articular e esforço excêntrico prolongado (Scheer e Krabak, 2022).

Estudos relatam que lesões por sobrecarga são comuns em ultramaratonistas, com maior incidência em estruturas como joelho, tornozelo, tendões e panturrilhas (Knechtle *et al.*, 2018; Rubio Arias *et al.*, 2019). As corridas de trilhas exigem maior amortecimento contra impactos, demandando maior flexão plantar, de joelho e de quadril (Vincent *et al.*, 2022). O terreno instável e as exigências de força excêntrica aumentam o risco de microlesões, principalmente em provas com grande ganho altimétrico e longa duração, exigindo controle postural, flexão de joelho e força de panturrilha (Vincent *et al.*, 2022). Há, ainda, evidências de que terrenos técnicos, a distância percorrida, variações de altimetria e longas durações contribuem para a variabilidade nas taxas de lesões devido ao risco aumentado de sobrecarga musculoesquelética, especialmente quando a recuperação neuromuscular está comprometida com o estado de privação de sono (Pradas *et al.*, 2021; Scheer e Krabak, 2021).

Diante disso, o monitoramento do estado neuromuscular se torna uma ferramenta importante para compreender a capacidade funcional desses atletas, sobretudo em períodos de alta carga física e possíveis déficits de sono. O salto vertical, especialmente quando medido em plataforma de contato, é um marcador simples, prático e eficaz para avaliar o desempenho da musculatura dos membros inferiores, particularmente em contextos de fadiga induzida pelo exercício prolongado (Bosco *et al.*, 1983). Plataformas de contato demonstram alta precisão na quantificação da altura do salto, sendo instrumentos sensíveis para monitorar alterações no desempenho neuromuscular (Pueo *et al.*, 2017). A queda na altura e na potência do salto após o esforço pode refletir tanto o esgotamento da musculatura quanto a influência da carga central, possivelmente manipulada por privação de sono ou alterações no ritmo circadiano (Pradas *et al.*, 2021).

Alterações neuromusculares associadas a um sono de má qualidade, especialmente em provas longas, podem dificultar a manutenção do ritmo, reduzir a eficiência dos movimentos e aumentar a sensação de fadiga. Esses efeitos, somados às exigências dos terrenos técnicos, podem comprometer significativamente o desempenho de atletas em corridas de *endurance* e *ultra-endurance* em trilhas e montanhas.

1.3. Sono e desempenho esportivo

Com relação ao desempenho nos esportes de *endurance* e *ultra-endurance*, o sono também pode assumir um papel importante. Em uma metanálise realizada em 2022, os autores apontaram que a privação de sono reduziu significativamente o desempenho físico em tarefas de resistência aeróbica, especialmente aquelas com duração superior a 10 minutos, com efeitos negativos mais acentuados em protocolos de corrida e de ciclismo (Craven *et al.*, 2022). Uma outra revisão sistemática, de 2023, demonstrou que a privação total ou parcial de sono também comprometeu o desempenho aeróbico em 68% dos estudos avaliados, com impacto mais evidenciado quando o sono é restrito a menos de 5 horas por noite (Lopes *et al.*, 2023).

Em ultramaratonas de trilha e montanha, é comum que os atletas permaneçam longos períodos sem dormir ou em estado de privação total de sono durante a prova (Hurdiel *et al.*, 2018). Nessas situações, observa-se uma redução do tempo até a exaustão e uma alteração da percepção de esforço e do controle motor, podendo comprometer a eficiência da corrida em longas distâncias (Craven *et al.*, 2022; Nikolaidis *et al.*, 2023). Em competições com longas durações, como ultramaratonas de 200 milhas, a vigília contínua superior a 36 horas está associada a declínio cognitivo progressivo, perda de atenção e maior tempo de reação (Bianchi *et al.*, 2022). Além disso, durante essas provas, o desempenho cognitivo e a sonolência sofrem flutuações de acordo com o horário do dia, com maior sonolência registrada entre o período entre 3h e 7h da manhã, refletindo os efeitos do ritmo circadiano (Hurdiel *et al.*, 2018).

Vitale e Weldahl (2017) relataram que desalinhamentos entre o ritmo circadiano e o horário da competição comprometem a função neuromuscular. De acordo com o estudo de Thun *et al.* (2015), atletas vespertinos tendem a apresentar pior desempenho e maior esforço percebido em atividades realizadas pela manhã, mesmo quando treinados para tal. Nessas situações, estratégias como cochilos curtos durante o percurso são utilizadas por alguns corredores como forma de restaurar minimamente a função cognitiva e motora (Martin *et al.*, 2018; Kishi *et al.*, 2024). Dados de um estudo realizado durante uma competição de ultramaratona de trilha e montanha reforçam que a alternância planejada entre vigília e cochilos pode preservar

a função executiva e evitar picos extremos de sonolência ao longo da prova (Guilherme *et al.*, 2025).

Ainda assim, o sono pré-competição também desempenha papel crítico na preparação de atletas de *endurance*. Noites mal dormidas nos dias que antecedem a competição podem exacerbar o risco de fadiga, lesões e abandonos da prova (Dos Santos *et al.*, 2022), o que corrobora os achados de Nikolaidis *et al.* (2023), segundo os quais atletas de maratonas e ultramaratonas, mesmo com estratégias adaptativas de sono, apresentam queda de desempenho quando não dormem adequadamente antes da competição. Em contrapartida, corredores que relataram maior duração de sono nos dias que antecederam a ultramaratona tiveram maior taxa de finalização de prova (Martin *et al.*, 2018).

Além disso, o cronotipo, definido como a preferência circadiana para tarefas diárias, pode influenciar diretamente a performance esportiva, já que os horários das provas muitas vezes não coincidem com os períodos de maior alerta e disposição dos atletas (Vitale e Weydahl, 2017; Hurdiel *et al.*, 2018). A identificação do perfil cronotípico, associada aos padrões de sono e sonolência, permite uma compreensão mais completa das estratégias individuais e das vulnerabilidades fisiológicas no contexto de corridas de trilhas e montanhas.

2. JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE

Apesar da crescente atenção que o sono e o desempenho muscular vêm recebendo no campo das ciências dos esportes, ainda são escassos os estudos que avaliam de forma integrada o perfil de sono - qualidade, cronotipo e sonolência - e o desempenho neuromuscular em contextos reais de competição (Simim *et al.*, 2020; Nikolaidis *et al.*, 2023). A maior parte das investigações se concentra em ambientes controlados, o que limita a aplicabilidade dos achados ao cenário imprevisível das provas de ultramaratonas (Guilherme *et al.*, 2025).

Estudos com esse desenho têm potencial para subsidiar estratégias personalizadas de recuperação, aprimorar o planejamento do treinamento e reduzir riscos de lesões, especialmente em esportes de *ultra-endurance*, nos quais o dano muscular é um dos principais limitadores da performance (Tiller e Millet, 2025). Além disso, a combinação de privação de sono, sobrecarga musculoesquelética e variação

altimétrica impõe demandas fisiológicas únicas aos corredores de trilhas e montanhas (Scheer e Krabak, 2021).

Considerando o impacto reconhecido do sono sobre a função muscular, hipotetizamos que pior qualidade de sono, maior sonolência diurna e presença de sintomas de insônia estarão associados a maior comprometimento do desempenho neuromuscular dos membros inferiores, avaliado pelo salto vertical com contramovimento (CMJ), em diferentes momentos da competição (pré-prova, pós-prova imediato e 24h pós-prova). Além disso, espera-se que tais associações sejam mais evidentes no grupo *ultra-endurance*, em razão da maior carga de treino, do tempo prolongado de esforço e das demandas fisiológicas adicionais impostas por provas dessa magnitude.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Investigar o perfil do sono e do desempenho de salto vertical em corredores de trilhas e montanhas, a fim de ampliar a compreensão sobre os efeitos da privação parcial ou total de sono no desempenho muscular, bem como suas possíveis implicações na saúde e na performance desses atletas.

3.2. Objetivos específicos

Para alcançarmos o objetivo geral, foram produzidos os seguintes artigos:

- Artigo 1 (doi: 10.3390/healthcare13070812): *Influence of Sleep Quality on Recovery and Performance in Endurance and Ultra-Endurance Runners: Sex Differences Identified Through Hierarchical Clustering*, disponível [nas páginas 27 – 52](#) deste documento.
- Artigo 2: *Association Between Sleep Parameters and Neuromuscular Recovery in Trail and Mountain Runners*, disponível [nas páginas 53 – 69](#) deste documento.

4. DESENHO EXPERIMENTAL

Este trabalho faz parte de um projeto guarda-chuva, denominado ULTRASONO, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade

Federal de Viçosa (CAAE: 48570921.4.0000.5153, parecer nº 4.911.679). Foi conduzido de forma observacional e transversal durante as edições de 2023 e 2024 da competição de *trail running* La Misión Brasil, que ocorre no mês de agosto em Passa Quatro, Minas Gerais.

A coleta de dados ocorreu em ambiente natural de prova, após concordância e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), com participação voluntária dos atletas previamente inscritos nas diferentes categorias do evento. As avaliações foram organizadas em dois eixos principais de investigação, que resultaram em dois estudos independentes e complementares apresentados como artigos desta dissertação.

O primeiro estudo objetivou investigar os padrões subjetivos de sono e sua associação com características demográficas e variáveis de desempenho em corredores de *endurance* e *ultra-endurance*. Para isso, os dados foram coletados de forma remota, dias antes da competição, por meio de questionários online autoaplicáveis (Escala de Sonolência de Epworth, Índice de Gravidade de Insônia e Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh), enviados ao e-mail dos atletas após a aceitação em participar do estudo.

O segundo estudo avaliou o desempenho neuromuscular dos membros inferiores por meio do teste de salto vertical com contramovimento (CMJ), correlacionando esse desempenho com os parâmetros de sono relatados antes da prova. A coleta de dados de sono foi realizada de forma remota, via questionários autoaplicáveis (Escala de Sonolência de Epworth, Índice de Gravidade de Insônia e Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh), enviados por e-mail antes da competição. Os dados referentes ao desempenho neuromuscular foram obtidos presencialmente, com a realização do teste de salto vertical em três momentos distintos: 24 horas antes da prova, imediatamente após a conclusão e 24 horas após o término da corrida.

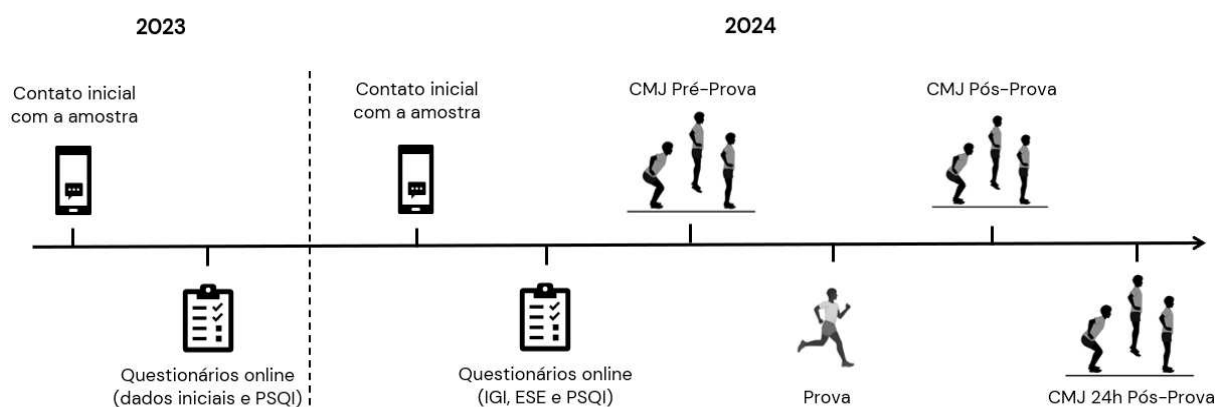
A Figura 1 apresenta a linha temporal do processo de desenvolvimento e execução da coleta de dados nos dois estudos, ilustrando as etapas realizadas antes, durante e após a competição.

Para assegurar a padronização, a equipe de pesquisa foi previamente treinada e permaneceu continuamente na arena da competição, em uma tenda destinada exclusivamente ao estudo. O esquema de coleta funcionou em regime de revezamento, garantindo a presença de, no mínimo, dois estudantes de Educação

Física em tempo integral para aplicar os testes ao longo das 24 horas de monitoramento. Como cada atleta possuía sua própria rotina de viagem e descanso, os saltos pré-prova e pós-24h foram realizados conforme a disponibilidade individual, respeitando os momentos estabelecidos pelo protocolo. Já no pós-prova imediato, os atletas eram direcionados à tenda por um aluno da equipe de pesquisa logo após cruzarem a linha de chegada, sendo orientados a realizar o salto no menor tempo possível e a evitar ingestão de líquidos ou alimentos antes da execução.

As análises foram conduzidas de forma independente para cada estudo, de acordo com seus objetivos específicos e métodos estatísticos apropriados.

Figura 1 – Linha temporal do processo de coleta de dados dos estudos 1 e 2 durante as edições de 2023 e 2024 da La Misi3n Brasil.



Fonte: Elaboração própria. IGI: Índice de Gravidade da Ins3nia; ESE: Escala de Sonol3ncia de Epworth; PSQI: Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh; CMJ: Countermovement Jump (Salto com Contramovimento).

5. REFER3NCIAS

BARANWAL, N.; YU, P. K.; SIEGEL, N. S. Sleep physiology, pathophysiology, and sleep hygiene. *Progress in Cardiovascular Diseases*, v. 77, p. 59-69, mar./abr. 2023.

BIANCHI, D.; MILLER, D. J.; LASTELLA, M. Sleep-Wake Behaviour of 200-Mile Ultra-Marathon Competitors: A Case Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, p. 3006, mar. 2022.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v. 50, p. 273-282, 1983.

BRAGER, A. J.; DEMIRAL, S.; CHOYNOWSKI, J.; KIM, J.; CAMPBELL, B.; CAPALDI, V. F.; SIMONELLI, G.; HAMMER, S. Earlier shift in race pacing can predict future performance during a single-effort ultramarathon under sleep deprivation. *Sleep Science*, v. 13, p. 25-31, jan./mar. 2020.

CASTRO-SANTOS, L.; LIMA, M. O.; PEDROSA, A. K. P.; SERENINI, R.; DE MENEZES, R. C. E.; LONGO-SILVA, G. Sleep and circadian hygiene practices association with sleep quality among Brazilian adults. *Sleep Medicine: X*, v. 6, p. 100088, 2023.

CLAUDINO, J. G.; GABBETT, T. J.; DE SÁ SOUZA, H.; SIMIM, M.; FOWLER, P.; DE ALCANTARA BORBA, D.; MELO, M.; BOTTINO, A.; LOTURCO, I.; D'ALMEIDA, V.; AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C.; NASSIS, G. P. Which parameters to use for sleep quality monitoring in team sport athletes? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, v. 5, n. 1, p. e000475, 2019.

CRAVEN, J.; MCCARTNEY, D.; DESBROW, B.; SABAPATHY, S.; BELLINGER, P.; ROBERTS, L.; IRWIN, C. Effects of Acute Sleep Loss on Physical Performance: A Systematic and Meta-Analytical Review. *Sports Medicine*, v. 52, p. 2669-2690, nov. 2022.

DANIEL, N. V. S.; BARREIRA, J.; BASTOS, A. M.; DOS SANTOS, N. E.; FRANCO, B.; ESTEVES, A. M.; BELLI, T. Ultramarathon runners and support crew: The influence of pre-race sleep and training profiles on performance in a 217-km mountain race. *Sleep Medicine*, v. 120, p. 85-89, ago. 2024.

DATTILO, M.; ANTUNES, H. K.; MEDEIROS, A.; MÔNICO NETO, M.; SOUZA, H. S.; TUFIK, S.; DE MELLO, M. T. Sleep and muscle recovery: endocrinological and molecular basis for a new and promising hypothesis. *Medical Hypotheses*, v. 77, p. 220-222, ago. 2011.

DATTILO, M.; ANTUNES, H. K.; MEDEIROS, A.; MÔNICO-NETO, M.; SOUZA, H. S.; LEE, K. S.; TUFIK, S.; DE MELLO, M. T. Paradoxical sleep deprivation induces muscle atrophy. *Muscle & Nerve*, v. 45, p. 431-433, mar. 2012.

DÁTTILO, M.; ANTUNES, H. K. M.; GALBES, N. M. N.; MÔNICO-NETO, M.; DE SÁ SOUZA, H.; DOS SANTOS QUARESMA, M. V. L.; LEE, K. S.; UGRINOWITSCH, C.; TUFIK, S.; DE MELLO, M. T. Effects of Sleep Deprivation on Acute Skeletal Muscle Recovery after Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 52, p. 507-514, fev. 2020.

DEBOER, T. Sleep homeostasis and the circadian clock: do the circadian pacemaker and the sleep homeostat influence each other's functioning? *Neurobiology of Sleep and Circadian Rhythms*, v. 5, p. 68-77, 2018.

DE SÁ SOUZA, H.; ANTUNES, H. K. M.; DATTILO, M.; LEE, K. S.; MÔNICO-NETO, M.; DE CAMPOS GIAMPA, S. Q.; PHILLIPS, S. M.; TUFIK, S.; DE MELLO, M. T. Leucine supplementation is anti-atrophic during paradoxical sleep deprivation in rats. *Amino Acids*, v. 48, p. 949-957, abr. 2016.

- DIJK, D.-J.; ARCHER, S. N. Circadian and homeostatic regulation of human sleep and cognitive performance and its modulation by PERIOD3. *Sleep Medicine Clinics*, Philadelphia, v. 4, n. 2, p. 111–125, 2009.
- DOS SANTOS, N. E.; DANIEL, N. V. S.; FRANCO, B.; BASTOS, A. M.; BELLI, T.; ESTEVES, A. M. Sleep and nutritional profile of endurance and ultra-endurance running athletes. *Sleep Science*, v. 15, n. 4, p. 441-447, out./dez. 2022.
- GRAHAM, S. M.; MARTINDALE, R. J.; MCKINLEY, M.; CONNABOY, C.; ANDRONIKOS, G.; SUSMARSKI, A. The examination of mental toughness, sleep, mood and injury rates in an Arctic ultra-marathon. *European Journal of Sport Science*, v. 21, n. 1, p. 100-106, jan. 2021.
- GUILHERME, L. Q.; MATOS, J. P.; KRAVCHYCHYN, A. C. P.; DE MELLO, M. T.; DOS SANTOS AMORIM, P. R.; DE SÁ SOUZA, H. The Sleep-Wake Cycle Pattern of a Blind Trail Ultramarathon Runner and His Guide: The World's First Case. *Clocks & Sleep*, v. 7, n. 2, p. 20, abr. 2025.
- HALSON, S. L.; JULIFF, L. E. Sleep, sport, and the brain. *Progress in Brain Research*, v. 234, p. 13-31, 2017.
- HROZANOVA, M.; KLÖCKNER, C. A.; SANDBAKK, Ø.; PALLESEN, S.; MOEN, F. Sex differences in sleep and influence of the menstrual cycle on women's sleep in junior endurance athletes. *PLOS ONE*, v. 16, n. 6, e0253376, 2021.
- HOFFMAN, M. D. Injuries and Health Considerations in Ultramarathon Runners. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, v. 27, n. 1, p. 203-216, fev. 2016.
- KAKOURIS, N.; YENER, N.; FONG, D. T. P. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *Journal of Sport and Health Science*, v. 10, n. 5, p. 513-522, set. 2021.
- KISHI, A.; MILLET, G. Y.; DESPLAN, M.; LEMARCHAND, B.; BOUSCAREN, N. Sleep and Ultramarathon: Exploring Patterns, Strategies, and Repercussions of 1,154 Mountain Ultramarathons Finishers. *Sports Medicine - Open*, v. 10, n. 1, p. 34, abr. 2024.
- KNOWLES, O. E.; DRINKWATER, E. J.; URWIN, C. S.; LAMON, S.; AISBETT, B. Inadequate sleep and muscle strength: Implications for resistance training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 21, n. 9, p. 959-968, set. 2018.
- LOPES, T. R.; PEREIRA, H. M.; BITTENCOURT, L. R. A.; SILVA, B. M. How much does sleep deprivation impair endurance performance? A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, v. 23, n. 7, p. 1279-1292, jul. 2023.
- MARTIN, T.; ARNAL, P. J.; HOFFMAN, M. D.; MILLET, G. Y. Sleep habits and strategies of ultramarathon runners. *PLoS One*, v. 13, n. 5, p. e0194705, maio 2018.

MORRISON, M.; HALSON, S. L.; WEAKLEY, J.; HAWLEY, J. A. Sleep, circadian biology and skeletal muscle interactions: Implications for metabolic health. *Sleep Medicine Reviews*, v. 66, p. 101700, dez. 2022.

NIKOLAIDIS, P. T. *et al.* Sleep in marathon and ultramarathon runners: a brief narrative review. *Frontiers in Neurology*, v. 14, p. 1217788, 2023.

OHAYON, M. M.; KRONHOLZ, J.; GILBERT, F.; WISE, M.; HIRSHKOWITZ, M.; ALTMARK, L.; CARRILLO, H.; ELLIS, J.; GROMER, J.; SHERMAN, R.; VISHNEVSKAYA, M.; SEYMOUR, R.; KAPUR, V. K.; DOGHRAMJI, K.; HURLEY, E.; BOEGER, M. L.; VESELY, K. R.; NEUBAUER, D. N. National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health*, v. 3, n. 1, p. 6–19, jan./fev. 2017.

PRADAS, F.; FALCÓN, D.; PEÑARRUBIA-LOZANO, C.; TORO-ROMÁN, V.; CARRASCO, L.; CASTELLAR, C. Effects of Ultratrail Running on Neuromuscular Function, Muscle Damage and Hydration Status. Differences According to Training Level. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 10, p. 5119, maio 2021.

ROBERTS, S. S. H.; MAIN, L. C.; CONDO, D.; CARR, A.; JARDINE, W.; URWIN, C.; CONVIT, L.; RAHMAN, S. S.; SNIPE, R. M. J. Sex differences among endurance athletes in the pre-race relationships between sleep, and perceived stress and recovery. *Journal of Sports Sciences*, v. 40, n. 14, p. 1542-1551, 2022.

RODRIGUES, T.; SHIGAEFF, N. Sleep disorders and attention: a systematic review. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, v. 80, n. 5, p. 530-538, maio 2022.

RUBIO-ARIAS, J. Á.; ÁVILA-GANDÍA, V.; LÓPEZ-ROMÁN, F. J.; SOTO-MÉNDEZ, F.; ALCARAZ, P. E.; RAMOS-CAMPO, D. J. Muscle damage and inflammation biomarkers after two ultra-endurance mountain races of different distances: 54 km vs 111 km. *Physiology & Behavior*, v. 205, p. 51-57, jun. 2019.

SCHEER, V.; BASSET, P.; GIOVANELLI, N.; VERNILLO, G.; MILLET, G. P.; COSTA, R. J. S. Defining Off-road Running: A Position Statement from the Ultra Sports Science Foundation. *International Journal of Sports Medicine*, v. 41, n. 5, p. 275-284, maio 2020.

SCHEER, V.; KRABAK, B. J. Musculoskeletal Injuries in Ultra-Endurance Running: A Scoping Review. *Frontiers in Physiology*, v. 12, p. 664071, mar. 2021.

SCHEER, V.; TILLER, N. B.; DOUTRELEAU, S.; KHODAE, M.; KNECHTLE, B.; PASTERNAK, A.; ROJAS-VALVERDE, D. Potential Long-Term Health Problems Associated with Ultra-Endurance Running: A Narrative Review. *Sports Medicine*, v. 52, n. 4, p. 725-740, abr. 2022.

SCHEER, V.; VALERO, D.; VALERO, E.; WEISS, K.; ROSEMANN, T.; KNECHTLE, B. Identifying anxiety and sleep problems, associated factors and sex differences in endurance and ultra-endurance runners. *Frontiers in Psychology*, v. 16, p. 1619220, 2025.

SEN, A.; TAI, P. Sleep duration and executive function in adults: A meta-analytic review. *Sleep Health*, v. 9, n. 3, p. 209–217, jun. 2023.

SIMIM, M. A. M.; SOUZA, H. S.; CARDOSO FILHO, C. A.; GIANONI, R. L. D. S.; BEZERRA, R. R.; AFFONSO, H. O.; AMADIO, A. C.; D'ALMEIDA, V.; SERRÃO, J. C.; CLAUDINO, J. G. Sleep quality monitoring in individual sports athletes: parameters and definitions by systematic review. *Sleep Science*, v. 13, n. 4, p. 267-285, out./dez. 2020.

TAN, X.; VAN EGMOND, L.; PARTINEN, M.; LANGE, T.; BENEDICT, C. A narrative review of interventions for improving sleep and reducing circadian disruption in medical inpatients. *Sleep Medicine*, v. 59, p. 42–50, jul. 2019.

TEMESI, J.; BESSON, T.; PARENT, A.; SINGH, B.; MARTIN, V.; BROWNSTEIN, C. G.; ESPEIT, L.; ROYER, N.; RIMAUD, D.; LAPOLE, T.; FÉASSON, L.; MILLET, G. Y. Effect of race distance on performance fatigability in male trail and ultra-trail runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 31, n. 9, p. 1809-1821, set. 2021.

THUN, E.; BJORVATN, B.; FLO, E.; HARRIS, A.; PALLESEN, S. Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Medicine Reviews*, v. 23, p. 1-9, out. 2015.

TILLER, N. B.; MILLET, G. Y. Decoding Ultramarathon: Muscle Damage as the Main Impediment to Performance. *Sports Medicine*, v. 55, n. 3, p. 535-543, mar. 2025.

TUFIK, S. Medicina e biologia do sono. 1. Ed. São Paulo: Editora Manole, 2008.

VINCENT, H. K.; BROWNSTEIN, M.; VINCENT, K. R. Injury Prevention, Safe Training Techniques, Rehabilitation, and Return to Sport in Trail Runners. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, v. 4, n. 1, p. e151-e162, jan. 2022.

VITALE, J. A.; WEYDAHL, A. Chronotype, Physical Activity, and Sport Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, v. 47, n. 9, p. 1859-1868, set. 2017.

6. ARTIGO 1 - Influence of Sleep Quality on Recovery and Performance in Endurance and Ultra-Endurance Runners: Sex Differences Identified Through Hierarchical Clustering

A seguir será apresentado o artigo publicado na revista HEALTHCARE, cujo fator de impacto é 2.4 e está no quartil Q2. DOI: 10.3390/healthcare13070812

O artigo completo também pode ser acessado pelo link: <https://www.mdpi.com/2227-9032/13/7/812>

TÍTULO:

Influence of Sleep Quality on Recovery and Performance in Endurance and Ultra-Endurance Runners: Sex Differences Identified Through Hierarchical Clustering

AUTORES:

Julia Pagotto Matos, Larissa Quintão Guilherme, Samuel Gonçalves Almeida da Encarnação, Luciano Bernardes Leite, Pedro Forte, **Ana Claudia Pelissari Kravchychyn**, Paulo Roberto dos Santos Amorim, **Helton de Sá Souza**

Abstract

Background: Assessing sleep quality is essential in sports science, particularly in ultra-endurance sports, where recovery is critical for performance and health.

Objective: This study aimed to identify sleep quality patterns among endurance and ultra-endurance athletes using hierarchical clustering analysis, with comparisons by sex and modality.

Method: Data were collected during the La Misi3n Brasil competitions in 2023 and 2024, using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). The questionnaire was emailed to all registered runners two weeks before the event. A total of 490 athletes participated, including 276 men (mean \pm SD, age: 43 ± 11 years) and 214 women (mean \pm SD, age: 43 ± 13 years). Statistical analyses included Cohen's d and r effect sizes and a 95% confidence interval for hypothesis testing. Residuals between cluster proportions were assessed within a range of -3.3, ensuring a 99.7% confidence level for significant differences.

Results: The results showed that endurance runners had better sleep quality, with most scoring low on the PSQI. In contrast, ultra-endurance athletes displayed greater variability, with a higher prevalence of poor sleep quality, particularly among women.

Conclusion: The hierarchical clustering method effectively identified distinct sleep patterns, providing insights into recovery and performance dynamics. These findings highlight the impact of increased physical and psychological demands in ultra-endurance sports and emphasize the need for tailored sleep monitoring strategies to optimize recovery and performance.

Keywords: Sleep quality, endurance athletes, ultra-endurance, recovery, athletic performance.

1. Introduction

Trail running has experienced significant growth in popularity in recent years, establishing itself as a prominent endurance sport modality on a global scale [1–3]. Recreational practice and participation in organized events have expanded at an average annual rate of 15% over the past decade [4]. Between 2013 and 2019, the International Trail Running Association recorded more than 25,700 races in 195 countries, highlighting the global reach of this activity [5]. In this context, ultramarathons, defined as races exceeding the distance of a marathon (> 42.195 km) and often held in remote and natural areas, saw a 1676% increase in global participation between 1996 and 2018 [6, 7].

Ultramarathons demand exceptional physical and mental effort, influenced by a complex interaction of physiological, psychological, and environmental parameters [8, 9]. La Misión Brazil, a trail running competition held in the Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, is considered one of the most challenging races in Brazil due to its demanding course, which includes steep elevation gains, uneven terrain, elevation profiles, and climatic variations that play a crucial role in participant performance [3, 10, 11]. These obstacles not only require detailed training planning but also emphasize the importance of proper recovery, with sleep being a central element for the physical and mental restoration of athletes.

In recent years, sleep quality has emerged as a key variable in sports science, given its crucial role in fatigue recovery, physiological and psychological restoration, and overall athletic performance, particularly in endurance sports [12–14]. However, it is important to distinguish between sleep duration and sleep quality. While duration refers to the total time spent sleeping, sleep quality encompasses multiple aspects, such as efficiency, sleep latency, wakefulness after sleep onset, and disturbances, all of which influence the body's ability to recover and adapt to training loads [15–17]. In ultra-endurance contexts, factors such as accumulated fatigue, anxiety, and environmental conditions can negatively impact sleep quality, further complicating recovery and performance optimization [18–20].

Additionally, individual characteristics, such as sex, may influence sleep patterns. Studies suggest that women experience greater variability in sleep quality, potentially due to hormonal fluctuations across the menstrual cycle, while men tend to have more stable sleep patterns, which may favor recovery [21, 22]. Moreover, sleep architecture, including the distribution of sleep stages, may differ between endurance and ultra-endurance athletes, affecting their ability to recover efficiently [23, 24]. Given these potential differences, further research is needed to better understand how sex and training demands interact to influence sleep quality and recovery, particularly in ultra-endurance sports, where sleep can be a determining factor for both performance and long-term health.

Despite the growing body of evidence on the importance of sleep for athletic performance, the use of advanced techniques may contribute to a better understanding of sleep patterns in ultramarathon runners. Hierarchical clustering is a valuable tool for identifying subgroups with similar characteristics and key factors influencing sleep quality [25]. Unlike traditional methods, it enables a data-driven classification of athletes, revealing hidden patterns within complex datasets [26]. While widely applied in fields like public health, its use in sports science remains limited, despite its potential to analyze multifactorial variables such as sleep and recovery. Recent studies highlight its effectiveness in categorizing athletes based on physiological and training profiles, reinforcing its relevance in sports research [26–28].

However, despite advancements in sleep analysis, key gaps remain in the literature. There is still a lack of studies comparing sleep quality between endurance and ultra-endurance athletes, as well as a limited understanding of how gender differences influence sleep in these populations. Given the unique demands of ultra-endurance sports, further research is needed to explore how training load, physiological adaptations, and psychological stress interact to shape sleep patterns in different athletic groups. A clearer understanding of these factors could provide valuable insights for sports science, aiding in the development of targeted strategies to enhance athlete recovery and performance.

We hypothesize that sleep quality patterns will differ between endurance athletes and ultra-endurance athletes, as the higher training load required for ultra-endurance events may contribute to greater variability and poorer sleep quality in these athletes. Additionally, we expect sex-based differences, with female athletes

experiencing more sleep disturbances, potentially influenced not only by hormonal fluctuations and psychological factors but also by greater social demands. Addressing these gaps, the present study aims to investigate sleep quality patterns in trail and mountain runners, analyzing male and female athletes of different ages and experience levels participating in a specific endurance event. Using the hierarchical clustering method, the study seeks to identify specific sleep quality patterns among male and female endurance and ultra-endurance athletes.

2. Materials and Methods

2.1. Study design

This is an observational and cross-sectional study conducted with endurance and ultra-endurance athletes during the trail and mountain running competition, La Misión Brasil, held in August 2023 and 2024. The study was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Viçosa (CAAE: 48570921.4.0000.5153, approval number: 4.911.679) and was conducted following the Helsinki Declaration, following all ethical guidelines, with the informed consent of all participants.

2.2. Participants

The study population consisted of approximately 5,464 endurance and ultra-endurance trail and mountain runners who participated in the La Misión Brazil race, competing in distances of 7 km, 15 km, 25 km, 35 km, 55 km, and 80 km. Accordingly, the study sample included 490 athletes, of whom 276 were men (mean \pm SD, age: 43 \pm 11 years, body mass: 73 \pm 10.2 kg, height: 1.7 \pm 0.1 m, body mass index: 24 \pm 3 kg·m²) and 214 women (mean \pm SD, age: 43 \pm 13 years, body mass: 60 \pm 10 kg, height: 1.6 \pm 0.1 m, body mass index: 23 \pm 4 kg·m²), Table 1. The statistical power for categorical analysis was calculated a priori using the R programming language [29]. For this purpose, the parameters of the number of groups pre-defined by the hierarchical clustering algorithm, the alpha of $p < 0.05$, and a moderate effect size adjusted according to the degrees of freedom were set to calculate the statistical power. In the same way, but for continuous variables, statistical power to independent samples statistics was calculated, setting the parameters of moderate effect size ($d = 0.5$) according to Cohen guidelines, in a 95% confidence interval of a two-sided

hypothesis [30]. This way, only the test with statistical power values ≥ 0.8 were considered reportable outputs [30].

Table 1. Represents the participants' characteristics.

	Male (n = 276)	Female (n = 214)	W	p	d
Age	43 (11)	43 (13)	29296	0.87	0.006
Body weight	73 (10.2)	60 (10)	7709	$2.2e^{-16}$	0.66
Body height	1.7 (0.1)	1.6 (0.1)	7964.5	$2.2e^{-16}$	0.63
BMI	24 (3)	23 (4)	20689	$1.016e^{-08}$	0.26

Note. Data is presented as median and interquartile range. W: statistics for the Wilcoxon signed-rank test, p: p-value in a 95% confidence interval, d: Cohen's d for effect size calculation.

2.3. Procedures

Data collection was carried out during the 2023 and 2024 editions of La Misión Brasil, held from August 17 to 20, 2023, and August 15 to 18, 2024, in the city of Passa Quatro, Minas Gerais, Brazil. With the consent and support of the competition organizers, the list of registered participants, including the athletes' personal emails, was provided, allowing the researchers to contact them. In the two weeks preceding each competition, a self-administered questionnaire was emailed to all registered athletes to collect information on anthropometrics and body composition, as well as to subjectively assess participants' sleep quality using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) [28].

All athletes received detailed instructions on the procedures for measuring body mass and height. However, since the measurements were performed autonomously by the volunteers, this method may present limitations regarding data accuracy.

2.4. Anthropometrics and body composition

Body weight and body height were obtained through a self-reported questionnaire designed to characterize the sample and gather anthropometric data. These measures were then used to calculate the BMI (Body Mass Index) using the standard formula: weight (kg) divided by height squared (m^2).

2.5. Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)

Sleep quality was assessed using the PSQI, a questionnaire comprising 19 items that evaluate subjective sleep quality [31]. The PSQI is a self-administered tool used to subjectively assess sleep quality and potential sleep disorders over the past month. Due to its reliability and ease of understanding, this instrument is widely employed in epidemiological studies and clinical research [31, 32]. The PSQI has been previously translated and validated for Brazilian Portuguese [32]. The PSQI consists of 19 items organized into 10 questions, which comprise seven components that contribute to the global index score. These components assess different aspects of sleep: subjective sleep quality, sleep latency, sleep duration, habitual sleep efficiency, presence of sleep disturbances, use of sleep medication, and daytime dysfunction. The global PSQI score is obtained by summing the scores of these components and is classified as follows: 0 to 4 indicates good sleep quality, 5 to 10 suggests poor sleep quality, and scores above 11 may indicate the presence of sleep disorders. For this study, only the global PSQI score was used, which ranges from 0 to 21 points, with higher scores indicating poorer sleep quality.

Data were collected and initially tabulated in Excel (version 2024). Subsequently, the statistical analysis was performed using the R programming language, with the use of specific packages for data processing and analysis.

2.6. Hierarchical clustering model

To identify groups of runners according to their sleep quality scores in the PSQI, a hierarchical clustering method was applied [33]. For this purpose, all analyses were performed in R, a statistical computing programming language, where the library “dplyr” was activated to preprocess the data of PSQI scores in a data frame file, where it was possible to perform the clustering [34]. Additionally, the dataset used was normalized in a range of -1,1 to avoid overfitting during the clustering calculation [35]. Next, activating the library “cluster” the distance between points was calculated using the Euclidean distance, and the hierarchical clustering was performed using the method “complete”, which refers to the complete linkage, which works by merging small clusters into principal clusters and dividing large clusters into individual ones [33]. The best number of clusters was calculated using the Silhouette score (SS), the within-clusters dispersion was calculated with within-clusters sum of squares (WCSS), the distances of the clusters were calculated with the between-clusters sum of squares

(BCSS), the proportion of division of between clusters under the within clusters distributions was calculated with the BCSS/WCSS ratio. The sum of BCSS and WCSS defined the total sum of squares (TSS), and the total explanation of the cluster distributions by the hierarchical clustering method was calculated by the BCSS/TSS ratio [33]. The dendrograms were plotted by activating the library “ggdendro” [36].

2.7. Statistical analysis

Initially, the Shapiro-Wilk test was performed to check the data distributions for the statistics regarding the participants' characteristics. Considering a 95% confidence interval, the independent t-test or Wilcoxon signed-rank test was employed for parametric or non-parametric data, respectively [37]. For statistically significant differences, Cohen's d and r effect sizes were calculated considering the Cohen's cut-offs of small = 0.20, moderate = 0.5, and large = 0.8 to measure the meaningfulness of the differences [30]. The point-biserial correlation was applied to identify relationships between sex and PSQI scores, respecting Cohen's effect size guidelines of 0.10 = small, 0.30 = moderate, and 0.50 = large [30]. The chi-square of the goodness of fit was calculated to measure the differences in the proportions of runners within the prior established clusters by the hierarchical clustering model. This way, a 95% confidence interval was considered to accept the alternative hypothesis regarding significant differences between clusters. If some significant differences were found, the residuals between the proportions of the n-analyzed clusters were considered in a range of -3,3, where a confidence interval of 99.7% is reached to ensure statistically significant differences to accept the alternative hypothesis [37]. Cohen's Omega (ω) was calculated to measure the effect size of the correlations, attending the cut-offs of 0.10 = small, 0.30 = moderate, and 0.50 = large, according to Cohen [30]. All statistical procedures were performed in the R programming language [29].

3. Results

Table 2 shows the correlation analysis results of the overall classes of runners, where the female sex was positively correlated with PSQI scores and male sex was inversely correlated with PSQI scores, indicating women were more subjected to poor

sleep quality. Nevertheless, the effect sizes were small, not highlighting the large influence of sex on the athletes' sleep quality.

Table 2. Correlation results between sex and PSQI in all running categories.

Sex	t	df	p	CI	Correlation
Male (n = 276)	2.463	488	0.01	0.023-0.124	-0.11
Female (n = 214)	2.463	488	0.01	0.023-0.124	0.11

Note. Data are presented as absolute values. t: t-statistics for the point-biserial correlation; p: p-value in a 95% confidence interval; CI: 95% confidence interval.

Table 3 and Table 4 show the correlation results for endurance and ultra endurance athletes by sex, respectively. In this group, despite the correlations, the coefficients were slightly larger than those of the overall population of athletes, and the effect sizes were maintained within the small cut-off.

Table 3. Correlation results between sex and PSQI in endurance athletes.

Sex	t	df	p	CI	Correlation
Male (n = 115)	2.857	156	0.005	-0.366, -0.6	-0.22
Female (n = 32)	2.463	156	0.005	0.023, 0.124	0.22

Note. Data are presented as absolute values. t: t-statistics for the point-biserial correlation; p: p-value in a 95% confidence interval; CI: 95% confidence interval.

Table 4. Outputs the correlation results of ultra-endurance athletes by sex. In this group, despite the correlations, the coefficients were slightly larger than those of the overall population of athletes, and the effect sizes were kept within the small cut-off.

Sex	t	df	p	CI	Correlation
Male (n = 161)	0.496	71	0.62	-0.173, 0.285	0.06
Female (n = 182)	0.496	71	0.62	-0,173, 0.285	0.06 #

Note. Data are presented as absolute values. t: t-statistics for the point-biserial correlation; p: p-value in a 95% confidence interval; CI: 95% confidence interval. #: Result with low statistical power (power = 0.39).

3.1. Female Endurance Athletes

Figure 1 shows the results for the group of female endurance athletes. The hierarchical clustering model identified three clusters [SS = 0.62, WCSS = 13.17, BCSS = 5695.448, TSS = 5708.626, BCSS/WCSS = 432.188, BCSS/TSS = 0.99%], with Cluster 1 being the one with athletes scoring 7–10 points in the PSQI (n = 24,

25%), Cluster 2 presented athletes scoring 4–6 points ($n = 50$, 52%), and Cluster 3 scoring 1–3 points ($n = 23$, 24%). The X^2 test verified significant differences between the clusters [$X^2 = 14.5$, $df = 2$, $p = 0.0007$], and the post hoc test revealed that Cluster 2 had a significantly higher number of subjects than Clusters 1 and 3 [residuals = 3.114].

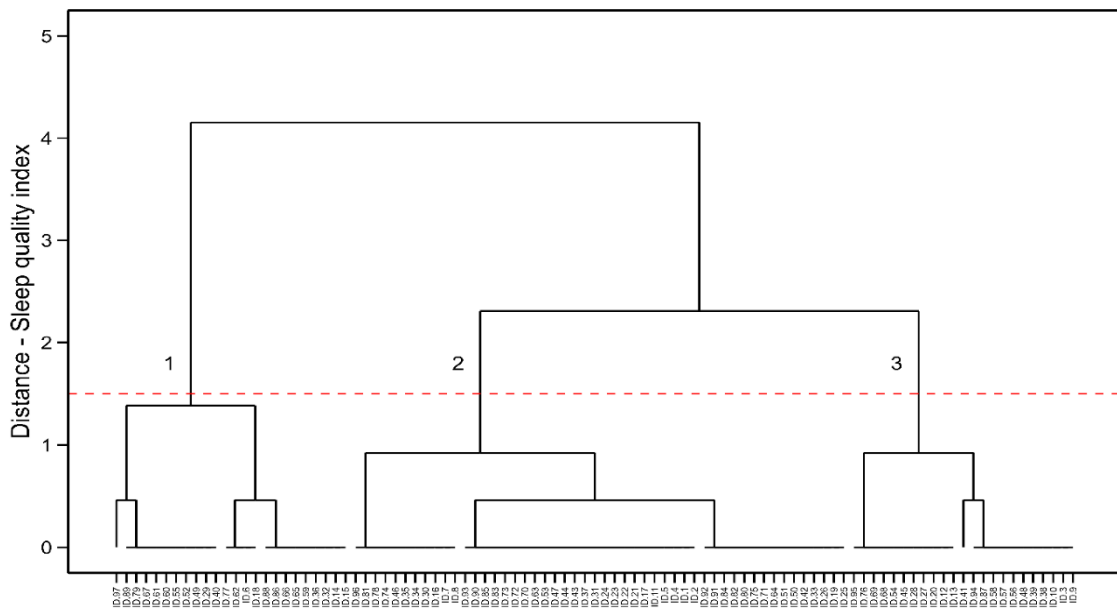


Figure 1. HC visualization in female endurance running athletes. Cluster 1: the poorer sleep quality indexes, Cluster 2: the mid-levels of sleep quality and Cluster 3: the best sleep quality indexes.

3.2. Female Ultra-Endurance Athletes

Figure 2 shows the hierarchical clustering results for female ultra-endurance running athletes. Similar to the first group of female athletes, the hierarchical clustering model identified three clusters [SS = 0.76, WCSS = 5.659, TSS = 958.33, BCSS = 952.674, BCSS/WCSS = 168.344, BCSS/TSS = 0.99%]: Cluster 1 with athletes scoring 8 points in PSQI ($n = 3$, 17%), Cluster 2 with individuals scoring 5–6 points ($n = 4$, 22%), and Cluster 3 scoring 2–4 points ($n = 11$, 61%). Owing to reduced statistical power [0.24], between-group comparisons using the X^2 statistics were not possible.

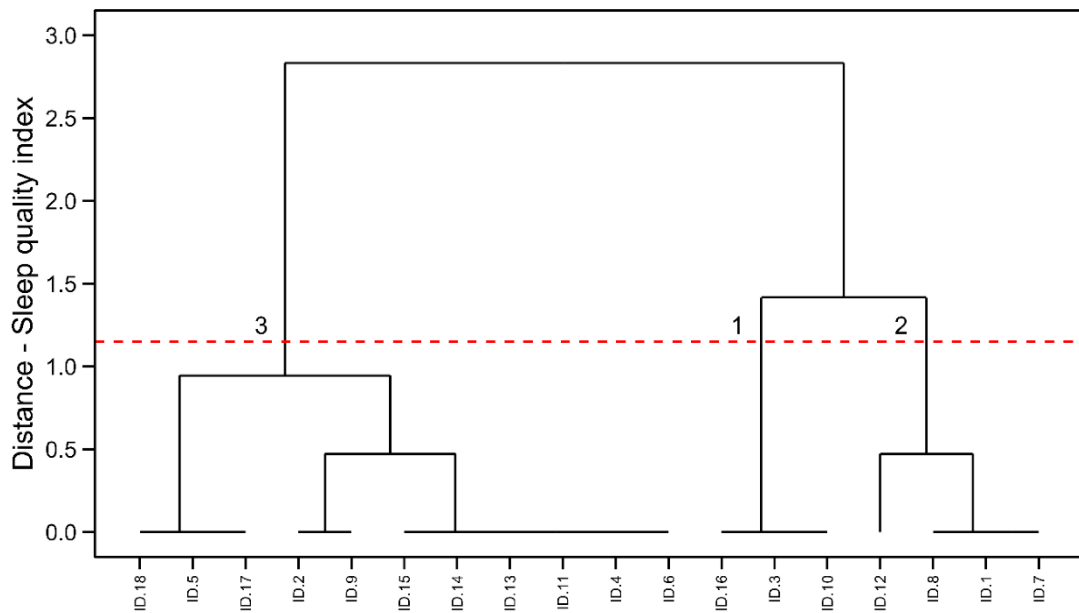


Figure 2. HC visualization in female ultra-endurance running athletes. Cluster 1: the poorer sleep quality indexes, Cluster 2: the mid-levels of sleep quality and Cluster 3: the best sleep quality indexes.

3.3. Male Endurance Athletes

Figure 3 shows the hierarchical clustering results for male endurance running athletes. The model also identified three clusters within the dataset [SS = 0.58, WCSS = 12.641, BCSS = 2235.772, TSS = 2248.413, BCSS/WCSS = 176.862, and BCSS/TSS = 0.99%]. Cluster 1, the athletes scored 7–10 points in the PSQI (n = 6, 10%), the athletes within Cluster 2 scored 5–7 points (n = 18, 30%), and the athletes from the Cluster 3 scored 1–4 points (n = 37, 61%). Calculating the X2 statistics between clusters was also impossible due to the reduced statistical power [0.69].

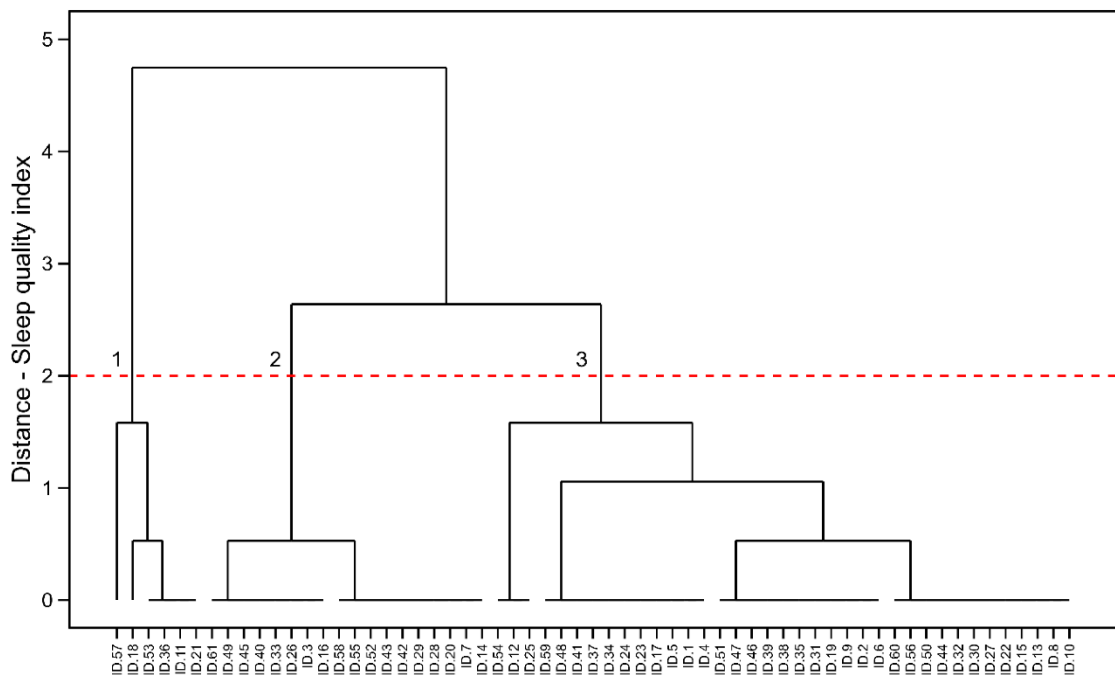


Figure 3. HC visualization in male endurance running athletes. Cluster 1: the poorer sleep quality indexes, Cluster 2: the mid-levels of sleep quality and Cluster 3: the best sleep quality indexes.

3.4. Male Ultra-Endurance Athletes

Figure 4 shows the results for male ultra-endurance athletes. Hierarchical clustering also identified three clusters [SS = 0.52, BCSS = 1773.203, WCSS = 13.629, TSS = 1786.833, BCSS/WCSS = 130.0967, BCSS/TSS = 0.99%]. Cluster 1 was composed of participants who scored 9–10 points in the PSQI (n = 3, 4%), the Cluster 2 presented participants with scores between 1–3 points (n = 36, 66%), and the Cluster 3 presented participants with scores ranging 4–8 points (n = 16, 30%). It was also impossible to calculate between-cluster statistics because the sample of 55 participants produced a statistical power of 0.64.

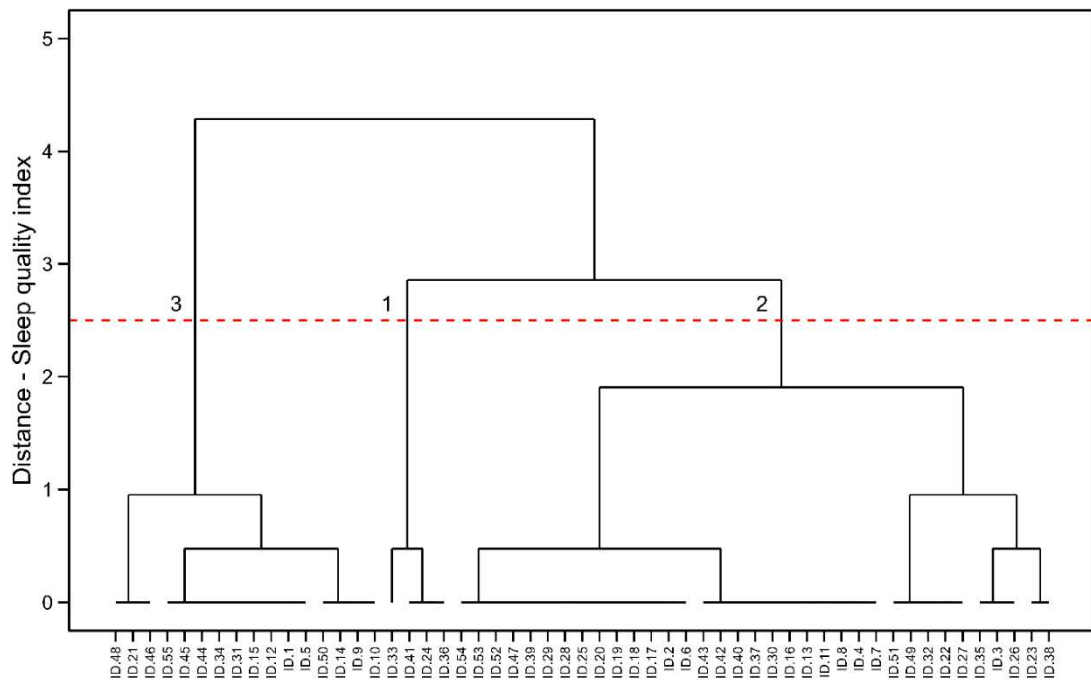


Figure 4. HC visualization in male ultra-endurance running athletes. Cluster 1: the poorer sleep quality indexes, Cluster 2: the mid-levels of sleep quality and Cluster 3: the best sleep quality indexes.

4. Discussion

This study aimed to identify sleep quality patterns in endurance and ultra-endurance athletes using the hierarchical clustering method, with analyses stratified by sex and modality. The results revealed significant differences in sleep patterns, reflecting the specific characteristics of each group and their unique athletic demands. These findings reinforce the growing body of evidence that links training load, psychological stress, and environmental factors to sleep disturbances in high-performance sports.

Among endurance runners, a higher proportion of participants in clusters with low PSQI scores indicated satisfactory sleep quality. This pattern is consistent with studies suggesting that endurance athletes often manage to balance their training routines with adequate periods of rest and recovery, contributing to regular sleep patterns [38,39,40]. Furthermore, training in endurance modalities generally involves moderate training loads, allowing for more efficient recovery and reducing the accumulated physiological impact [41,42]. Previous research has shown that moderate training intensity may positively influence sleep architecture by promoting deeper sleep

stages, which are essential for muscle repair and cognitive function [43,44,45]. These factors may explain the predominance of clusters with better sleep scores in this group. Nevertheless, trainers must consider the clusters with athletes at higher risk of sleep disorders during the athletes' periodization to avoid the increased likelihood of sleep disorders and reductions in running performance.

In contrast, the results for ultramarathon runners indicated greater variability in PSQI scores, with a proportion of athletes grouped into clusters of reduced sleep quality. This trend is widely documented in the literature, which highlights the negative impact of long-duration events and high-intensity training in ultra-endurance modalities [46,47,48,49]. Chronic physiological stress resulting from intense training can compromise recovery and lead to fragmented and less efficient sleep patterns [11,50,51]. These findings reinforce the complexity of the demands placed on ultramarathon runners and highlight the need for specific approaches to minimize the negative impact of ultramarathon training on sleep quality, which is essential for performance and long-term health.

Beyond training load and psychological stress, factors such as training schedules, training intensity, nutrition, caffeine consumption, and travel may interfere with sleep quality in endurance and ultra-endurance athletes, potentially compromising their recovery and performance [52,53,54]. Therefore, incorporating structured sleep hygiene protocols into training and recovery may help mitigate these effects. Maintaining a consistent sleep schedule, avoiding stimulants, minimizing evening screen exposure, and using relaxation techniques may improve sleep quality among athletes [55].

Among female ultra-endurance runners, higher PSQI scores than those of men indicate overall lower sleep quality, consistent with studies highlighting sex differences in sleep patterns. Hormonal fluctuations throughout the menstrual cycle, particularly during the luteal phase, are known to negatively impact women's sleep quality, leading to lower efficiency and increased wakefulness [56,57,58]. Additionally, psychosocial factors, such as the higher prevalence of anxiety and stress often reported in female athletes, can exacerbate sleep-related difficulties [21,59]. Such evidence suggests that interventions specifically tailored to the physiological and psychological needs of female athletes could be beneficial to this group during the training process.

Among male runners, both in endurance and ultra-endurance modalities, sleep patterns exhibited greater homogeneity, with a higher concentration of individuals in clusters indicating better sleep quality than in female runners. Similar findings have been reported in previous studies, which also observed better sleep quality among male athletes than among their female counterparts [20,21]. This trend may be related to hormonal differences and physiological characteristics that positively influence sleep in men, such as greater stability of circadian rhythms and lower susceptibility to sleep disorders [60,61]. However, even within these groups, clusters with intermediate scores were observed, particularly among ultramarathon runners, which may be attributed to factors such as higher training loads, accumulated sleep deprivation, and irregular schedules, which are common among elite athletes during training and competition periods [62,63]. These findings highlight the importance of considering not only sex-related differences but also the cumulative effects of prolonged endurance training on sleep patterns, which may require individualized recovery strategies for male and female athletes alike. Thus, the hierarchical clustering classification indicates that there is a group of male athletes with an increased likelihood of moving to clusters with a higher risk of sleep disorders.

The hierarchical clustering method effectively identified distinct sleep quality patterns in endurance and ultra-endurance athletes. The high BCSS/TSS index (99%) confirmed the robustness of the model, demonstrating its suitability for capturing variations in the analyzed data. These findings reinforce the potential of hierarchical clustering as an analytical tool in sports science, particularly for identifying factors associated with sleep disturbance in athletes.

This highlights the need for individualized strategies to monitor and optimize sleep, especially in ultra-endurance athletes, in whom sleep-related challenges are more pronounced. Implementing targeted interventions, such as sleep hygiene practices, which have gained prominence in the sports context, is considered an economical, non-invasive, and effective method capable of improving subjective and objective sleep parameters in athletes [64,65,66,67]. Other adjustments, such as better control over training load [68] and psychological support, may be essential for mitigating the impact of accumulated stress on recovery and performance [69].

However, this study had some limitations. Its cross-sectional design prevents the assessment of sleep variability over time, and reliance on subjective measures

(PSQI) without objective assessments, such as actigraphy or polysomnography, limits the precision of sleep evaluation. Additionally, the small sample size of certain subgroups restricted the statistical analysis and generalizability. The lack of comparison between endurance and non-endurance athletes further limits the insights into the specific impact of prolonged physical exertion on sleep quality. Moreover, recovery-related physiological and biochemical markers were not assessed, which constrained the exploration of their relationship with sleep patterns.

Future research should address these limitations by incorporating longitudinal designs, larger sample sizes, and objective sleep measurements. Comparing endurance and non-endurance athletes while integrating variables related to training load and physiological recovery could provide a more comprehensive understanding of the factors influencing the sleep quality in this population.

5. Conclusions

This study identified distinct sleep quality patterns in endurance and ultra-endurance runners. Endurance runners exhibited better sleep quality, whereas ultramarathon runners showed greater variability, with a higher prevalence of poor sleep quality, particularly in women. These findings underscore the importance of individualized strategies for monitoring and improving sleep, taking into account the specific characteristics of each group and sports modality.

Author Contributions

Conceptualization, J.P.M., L.Q.G. and H.d.S.S.; methodology, J.P.M., L.B.L. and L.Q.G.; original draft preparation, writing—review and editing, S.G.A.d.E., L.B.L., P.F., A.C.P.K. and P.R.d.S.A.; data curation, S.G.A.d.E. and L.B.L.; formal analysis, P.F. and H.d.S.S.; resources, A.C.P.K. and H.d.S.S.; funding acquisition, A.C.P.K. and H.d.S.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding

This work was supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais–Brasil (FAPEMIG; grant number APQ-02146–22 and grant number APQ–05092–23) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), which provided a scholarship to L.B.L. (Finance Code 001). Additionally, P.R.S.A is supported by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG–APQ–05092–23). The supporter was not involved in the study design, data collection, analysis and interpretation, writing of the manuscript, or decision to submit the manuscript for publication.

Institutional Review Board Statement

The study was approved by the Ethics Committee for Research of UFV (CAAE: 48570921.4.0000.5153, approval number: 4.911.679, approval date: 17 August 2021).

Informed Consent Statement

All subjects participated voluntarily, signed the Free and Informed Consent Form, and received information about the study, as determined by Resolution 466/2012 of the National Health Council.

Data Availability Statement

The data supporting the findings of this study are available from the corresponding author (P.F.) upon reasonable request.

Acknowledgments

The authors thank the organizing committee of La Misión Brasil and all the athletes who participated in the study. We also acknowledge the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for providing financial support through scholarships.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

BCSS	Between-Cluster Sum of Squares
BMI	Body Mass Index
CAAE	Certificate of Presentation for Ethical Assessment
ITRA	International Trail Running Association
Km	Kilometer(s)
PSQI	Pittsburgh Sleep Quality Index
SD	Standard deviation
SS	Silhouette Score
TSS	Total Sum of Squares
UFV	Universidade Federal de Viçosa
WCSS	Within-Cluster Sum of Squares
X ²	Chi-square test

References

1. Fogliato, R.; Oliveira, N.L.; Yurko, R. TRAP: A predictive framework for the assessment of performance in trail running. *J. Quant. Anal. Sports* 2021, *17*, 129–143. [Google Scholar]
2. Drum, S.N.; Rappelt, L.; Held, S.; Donath, L. Effects of trail running versus road running—Effects on neuromuscular and endurance performance—A two-arm randomized controlled study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, *20*, 4501. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
3. Hermand, E.; Chabert, C.; Hue, O. Ultra-endurance events in tropical environments and countermeasures to optimize performances and health. *Int. J. Hyperthermia* 2019, *36*, 752–759. [Google Scholar]

4. World Athletics. Trail Running. 2022. Available online: <https://www.worldathletics.org/disciplines/trail-running/trail-running> (accessed on 28 January 2025).
5. International Trail Running Association. 2022. Available online: <https://itra.run/> (accessed on 28 January 2025).
6. Ronto, P. The State of Ultra Running. 2020. Available online: <https://runrepeat.com/state-of-ultra-running> (accessed on 28 January 2025).
7. Forster, N.A.; Wilson, S.C.; Tighe, M.K. Trail running events contribute microplastic pollution to conservation and wilderness areas. *J. Environ. Manage.* 2023, *331*, 117304. [Google Scholar]
8. Michnik, A.; Sadowska-Krępa, E.; Kiełboń, A.; Duch, K.; Bańkowski, S. Blood serum denaturation profile examined by differential scanning calorimetry reflects the effort put into ultramarathon by amateur long-distance runners. *J. Therm. Biol.* 2021, *99*, 103013. [Google Scholar]
9. Berger, N.J.A.; Best, R.; Best, A.W.; Lane, A.M.; Millet, G.Y.; Barwood, M.; Marcora, S.; Wilson, P.; Bearden, S. Limits of ultra: Towards an interdisciplinary understanding of ultra-endurance running performance. *Sports Med.* 2024, *54*, 73–93. [Google Scholar]
10. Tiller, N.B.; Millet, G.Y. Decoding ultramarathon: Muscle damage as the main impediment to performance. *Sports Med.* 2024, *1*, 1–9. [Google Scholar]
11. Lopes, T.R.; Pereira, H.M.; Bittencourt, L.R.A.; Silva, B.M. How much does sleep deprivation impair endurance performance? A systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Sport Sci.* 2023, *23*, 1279–1292. [Google Scholar] [CrossRef]
12. Johnston, R.; Cahalan, R.; Bonnett, L.; Maguire, M.; Glasgow, P.; Madigan, S.; O'sullivan, K.; Comyns, T. General health complaints and sleep associated with new injury within an endurance sporting population: A prospective study. *J. Sci. Med. Sport* 2020, *23*, 252–257. [Google Scholar]

13. Willmer, F.; Reuter, C.; Pramsohler, S.; Faulhaber, M.; Burkhardt, A.; Netzer, N. The effects of napping on wakefulness and endurance performance in athletes: A randomized crossover study. *Life* 2023, *13*, 1414. [Google Scholar] [CrossRef]
14. Costa, J.; Figueiredo, P.; Nakamura, F.Y.; Brito, J. The importance of sleep in athletes. In *Exercise Physiology*; IntechOpen: London, UK, 2022. [Google Scholar]
15. Driller, M.W.; Dunican, I.C.; Omond, S.E.T.; Boukhris, O.; Stevenson, S.; Lambing, K.; Bender, A.M. Pyjamas, polysomnography and professional athletes: The role of sleep tracking technology in sport. *Sports* 2023, *11*, 14. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
16. Nikolaidis, P.T.; Weiss, K.; Knechtle, B.; Trakada, G. Sleep in marathon and ultramarathon runners: A brief narrative review. *Front. Neurol.* 2023, *14*, 1217788. [Google Scholar]
17. Baron, P.; Hermand, É.; Elsworth-Edelsten, C.; Pez , T.; Bourlois, V.; Mauvieux, B.; Hurdiel, R. Sleep and subjective recovery in amateur trail runners after the Ultra-Trail du Mont Blanc[®] (UTMB[®]). *J. Sci. Sport Exerc.* 2023, *5*, 123–129. [Google Scholar] [CrossRef]
18. Graham, S.M.; McKinley, M.; Chris, C.C.; Westbury, T.; Baker, J.S.; Kilgore, L.; Florida-James, G. Injury occurrence and mood states during a desert ultramarathon. *Clin. J. Sport Med.* 2012, *22*, 462–466. [Google Scholar]
19. Kienast, C.; Biere, K.; Coker, R.H.; Genov, N.N.; J rres, M.; Maggioni, M.A.; Mascarell-Maricic, L.; Schalt, A.; Genov, M.; Gunga, H.-C.; *et al.* Adiponectin, leptin, cortisol, neuropeptide Y and profile of mood states in athletes participating in an ultramarathon during winter: An observational study. *Front. Physiol.* 2022, *13*, 970016. [Google Scholar]
20. Hrozanova, M.; Klöckner, C.A.; Sandbakk,  .; Pallesen, S.; Moen, F. Sex differences in sleep and influence of the menstrual cycle on women’s sleep in junior endurance athletes. *PLoS ONE* 2021, *16*, e0253376. [Google Scholar]

21. Roberts, S.S.H.; Main, L.C.; Condo, D.; Carr, A.; Jardine, W.; Urwin, C.; Convit, L.; Rahman, S.S.; Snipe, R.M.J. Sex differences among endurance athletes in the pre-race relationships between sleep, and perceived stress and recovery. *J. Sports Sci.* 2022, *40*, 1542–1551. [Google Scholar]
22. Daniel, N.V.S.; Barreira, J.; Bastos, A.M.; dos Santos, N.E.; Franco, B.; Esteves, A.M.; Belli, T. Ultramarathon runners and support crew: The influence of pre-race sleep and training profiles on performance in a 217-km mountain race. *Sleep Med.* 2024, *120*, 85–89. [Google Scholar]
23. Nédélec, M.; Chauvineau, M.; Guilhem, G. On the road to Camarón: The sleep of an ultra-endurance athlete cycling 10,000 km in 24 days. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, *19*, 4543. [Google Scholar] [CrossRef]
24. Aloulou, A.; Duforez, F.; Bieuzen, F.; Nédélec, M. The effect of night-time exercise on sleep architecture among well-trained male endurance runners. *J. Sleep Res.* 2020, *29*, e12964. [Google Scholar]
25. Suppiah, H.T.; Swinbourne, R.; Wee, J.; Tay, V.; Gatin, P. Sleep characteristics of elite youth athletes: A clustering approach to optimize sleep support strategies. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2021, *16*, 1225–1233. [Google Scholar]
26. Abdullah, M.R.; Maliki, A.B.H.M.; Musa, R.M.; Kosni, N.A.; Haque, M. Multi-hierarchical pattern recognition of athlete's relative performance as a criterion for predicting potential athletes. *J. Young Pharm.* 2016, *8*, 463. [Google Scholar]
27. Penitente, G.; Young, H.A.; Sands, W.A.; McNeal, J.R. A classification of fitness components in elite alpine skiers: A cluster analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, *20*, 5841. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
28. Guo, L. Analysis and prediction of athlete's anxiety state based on artificial intelligence. *PeerJ Comput. Sci.* 2023, *9*, e1322. [Google Scholar] [PubMed]
29. R Project. R: The R Project for Statistical Computing. 2022. Available online: <https://www.r-project.org/> (accessed on 28 January 2025).

30. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Routledge: London, UK, 2013. [Google Scholar]
31. Buysse, D.J.; Reynolds, C.F., III; Monk, T.H.; Berman, S.R.; Kupfer, D.J. The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 1989, 28, 193–213. [Google Scholar]
32. Bertolazi, A.N.; Fagondes, S.C.; Hoff, L.S.; Dartora, E.G.; Miozzo, I.C.d.S.; de Barba, M.E.F.; Barreto, S.S.M. Validation of the Brazilian Portuguese version of the Pittsburgh sleep quality index. *Sleep Med.* 2011, 12, 70–75. [Google Scholar]
33. Zhang, Z.; Murtagh, F.; Van Poucke, S.; Lin, S.; Lan, P. Hierarchical cluster analysis in clinical research with heterogeneous study population: Highlighting its visualization with R. *Ann. Transl. Med.* 2017, 5, 75. [Google Scholar]
34. Wickham, H.; François, R.; Henry, L.; Müller, K.; Vaughan, D. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*, R package version 1.1.2; Computer Software; R Team: Vienna, Austria, 2023. [Google Scholar]
35. Singh, D.; Singh, B. Investigating the impact of data normalization on classification performance. *Appl. Soft Comput.* 2020, 97, 105524. [Google Scholar]
36. De Vries, A.; Ripley, B.D.; de Vries, M.A. *Package 'ggdendro'*; R Team: Vienna, Austria, 2024. [Google Scholar]
37. Field, A.P.; Miles, J.; Field, Z. *Discovering Statistics Using R*; SAGE Publications: Washington DC, USA, 2012. [Google Scholar]
38. Auersperger, I.; Škof, B.; Leskošek, B.; Knap, B.; Jerin, A.; Lainščak, M.; Kajtna, T. Biochemical, hormonal and psychological monitoring of eight weeks endurance running training program in female runners. *Kinesiology* 2014, 46, 30–39. [Google Scholar]
39. Braun-Trocchio, R.; Graybeal, A.J.; Kreutzer, A.; Warfield, E.; Renteria, J.; Harrison, K.; Williams, A.; Moss, K.; Shah, M. Recovery strategies in endurance athletes. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2022, 7, 22. [Google Scholar] [CrossRef]

40. Cosca, D.D.; Navazio, F. Common problems in endurance athletes. *Am. Fam. Physician* 2007, *76*, 237–244. [Google Scholar] [PubMed]
41. Jeppesen, J.S.; Wickham, K.A.; Zeuthen, M.; Thomassen, M.; Jessen, S.; Hellsten, Y.; Hostrup, M.; Bangsbo, J. Low-volume speed endurance training with reduced volume improves short-term exercise performance in highly trained cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2024, *56*, 1709–1721. [Google Scholar] [CrossRef]
42. Seiler, S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2010, *5*, 276–291. [Google Scholar] [PubMed]
43. Song, D.; Doris, S.F. Effects of a moderate-intensity aerobic exercise programme on the cognitive function and quality of life of community-dwelling elderly people with mild cognitive impairment: A randomised controlled trial. *Int. J. Nurs. Stud.* 2019, *93*, 97–105. [Google Scholar] [PubMed]
44. Breneman, C.B.; Kline, C.E.; West, D.S.; Sui, X.; Porter, R.R.; Bowyer, K.P.; Wang, X. The effect of moderate-intensity exercise on nightly variability in objectively measured sleep parameters among older women. *Behav. Sleep Med.* 2019, *17*, 459–469. [Google Scholar]
45. Zhao, H.; Lu, C.; Yi, C. Physical activity and sleep quality association in different populations: A meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, *20*, 1864. [Google Scholar] [CrossRef]
46. Scheer, V.; Tiller, N.B.; Doutreleau, S.; Khodaei, M.; Knechtle, B.; Pasternak, A.; Rojas-Valverde, D. Potential long-term health problems associated with ultra-endurance running: A narrative review. *Sports Med.* 2022, *52*, 725–740. [Google Scholar]
47. Vancini, R.L.; dos Santos Andrade, M.; de Lira, C.A.; Nikolaidis, P.T.; Knechtle, B. Is it possible to age healthy by performing ultra-endurance exercises? *Int. J. Sport Stud. Health* 2022, *4*, e122900. [Google Scholar]

48. Tiller, N.B.; Stewart, G.M.; Illidi, C.R.; Levine, B.D. Exercise is medicine? The cardiorespiratory implications of ultramarathon. *Curr. Sports Med. Rep.* 2020, *19*, 290–297. [Google Scholar]
49. Scheer, V.; Rojas-Valverde, D. Long-term health issues in ultraendurance runners: Should we be concerned? *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2021, *7*, e001131. [Google Scholar] [CrossRef]
50. Hurdiel, R.; Pez , T.; Daugherty, J.; Girard, J.; Poussel, M.; Poletti, L.; Basset, P.; Theunynck, D. Combined effects of sleep deprivation and strenuous exercise on cognitive performances during The North Face[®] Ultra Trail du Mont Blanc[®] (UTMB[®]). *J. Sports Sci.* 2015, *33*, 670–674. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
51. Kim, J.; Kainth, T.; Garrels, E.; Tran, K. Beyond rest: Exploring the sleep-exercise connection. *Eur. Psychiatry* 2024, *67*, S770. [Google Scholar]
52. Ramos-Campo, D.J.; Ávila-Gand a, V.; Luque, A.J.; Rubio-Arias, J. . Effects of hour of training and exercise intensity on nocturnal autonomic modulation and sleep quality of amateur ultra-endurance runners. *Physiol. Behav.* 2019, *198*, 134–139. [Google Scholar]
53. Moss, K.; Zhang, Y.; Kreutzer, A.; Graybeal, A.J.; Porter, R.R.; Braun-Trocchio, R.; Shah, M. The relationship between dietary intake and sleep quality in endurance athletes. *Front. Sports Act. Living* 2022, *4*, 810402. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
54. Dos Santos, N.E.; Daniel, N.V.S.; Franco, B.; Bastos, A.M.; Belli, T.; Esteves, A.M. Sleep and nutritional profile of endurance and ultra-endurance running athletes. *Sleep Sci.* 2022, *15*, 441–447. [Google Scholar]
55. Pujalte, G.G.; Benjamin, H.J. Sleep and the athlete. *Curr. Sports Med. Rep.* 2018, *17*, 109–110. [Google Scholar]
56. Driver, H.S.; Baker, F.C. Menstrual factors in sleep. *Sleep Med. Rev.* 1998, *2*, 213–229. [Google Scholar] [CrossRef]

57. Manber, R.; Bootzin, R.R. Sleep and the menstrual cycle. *Health Psychol.* 1997, *16*, 209. [Google Scholar]
58. Shechter, A.; Varin, F.; Boivin, D.B. Circadian variation of sleep during the follicular and luteal phases of the menstrual cycle. *Sleep* 2010, *33*, 647–656. [Google Scholar]
59. Benjamin, C.L.; Curtis, R.M.; Huggins, R.A.; Sekiguchi, Y.; Jain, R.K.; McFadden, B.A.; Casa, D.J. Sleep dysfunction and mood in collegiate soccer athletes. *Sports Health* 2020, *12*, 234–240. [Google Scholar]
60. Meers, J.; Stout-Aguilar, J.; Nowakowski, S. Sex differences in sleep health. In *Sleep and Health*; Elsevier Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019; pp. 21–29. [Google Scholar]
61. Boivin, D.B.; Shechter, A.; Boudreau, P.; Begum, E.A.; Ying-Kin, N.M.K.N. Diurnal and circadian variation of sleep and alertness in men vs. naturally cycling women. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2016, *113*, 10980–10985. [Google Scholar] [PubMed]
62. Gong, M.; Sun, M.; Sun, Y.; Jin, L.; Li, S. Effects of acute sleep deprivation on sporting performance in athletes: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Nat. Sci. Sleep* 2024, *16*, 935–948. [Google Scholar] [PubMed]
63. Roberts, S.S.H.; Teo, W.P.; Warmington, S.A. Effects of training and competition on the sleep of elite athletes: A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 2019, *53*, 513–522. [Google Scholar]
64. Caia, J.; Scott, T.J.; Halson, S.L.; Kelly, V.G. The influence of sleep hygiene education on sleep in professional rugby league athletes. *Sleep Health* 2018, *4*, 364–368. [Google Scholar]
65. Irish, L.A.; Kline, C.E.; Gunn, H.E.; Buysse, D.J.; Hall, M.H. The role of sleep hygiene in promoting public health: A review of empirical evidence. *Sleep Med. Rev.* 2015, *22*, 23–36. [Google Scholar]
66. Miles, K.H.; Clark, B.; Fowler, P.M.; Miller, J.; Pumpa, K.L. Sleep practices implemented by team sport coaches and sports science support staff: A

- potential avenue to improve athlete sleep? *J. Sci. Med. Sport* 2019, 22, 748–752. [Google Scholar]
67. Vitale, K.C.; Owens, R.; Hopkins, S.R.; Malhotra, A. Sleep hygiene for optimizing recovery in athletes: Review and recommendations. *Int. J. Sports Med.* 2019, 40, 535–543. [Google Scholar]
68. Lehmann, M.J.; Lormes, W.; Opitz-Gress, A.; Steinacker, J.M.; Netzer, N.; Foster, C.; Gastmann, U. Training and overtraining: An overview and experimental results in endurance sports. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 1997, 37, 7–17. [Google Scholar]
69. Biggs, A.T.; Seech, T.R.; Johnston, S.L.; Russell, D.W. Psychological endurance: How grit, resilience, and related factors contribute to sustained effort despite adversity. *J. Gen. Psychol.* 2024, 151, 271–313. [Google Scholar]

7. ARTIGO 2 – Association Between Sleep Parameters and Neuromuscular Recovery in Trail and Mountain Runners

ASSOCIATION BETWEEN SLEEP PARAMETERS AND NEUROMUSCULAR RECOVERY IN TRAIL AND MOUNTAIN RUNNERS

Julia Pagotto Matos^{1,2}, Larissa Guilherme Quintão^{1,2}, Luciano Bernardes Leite¹, Volker Scheer³, **Ana Claudia Pelissari Kravchychyn**^{2,4}, **Helton de Sá Souza**^{1,2}.

- 1- Department of Physical Education, Federal University of Viçosa, Brazil
- 2- Psychobiology and Exercise Laboratory (LAPSE), Federal University of Viçosa, Brazil
- 3- Ultra Sports Science Foundation, Pierre-Benite, France
- 4- Department of Nutrition, Federal University of Viçosa, Brazil

ABSTRACT

Endurance and ultra-endurance trail and mountain races impose extreme physiological stress, directly affecting sleep and muscle recovery. This study analyzed neuromuscular performance and its association with subjective sleep parameters in trail and mountain runners before, immediately, and 24 hours after a competition. This cross-sectional and observational study was conducted during the 2024 La Mision Brazil trail running contest, which featured distances of 35 km (with an elevation gain of 2,671 m) and 80 km (with an elevation gain of 5,288 m). Twenty-six athletes (39.30 years \pm 8.07) were divided into two groups according to race distance: endurance (EN) (35 km) and ultra-endurance (UEN) (80 km). Subjective sleep quality was assessed two weeks before the event using three validated questionnaires: the Epworth Sleepiness Scale (ESS), Insomnia Severity Index (ISI), and Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). Neuromuscular performance was measured using the countermovement jump (CMJ) test at three points: 24 hours before the competition, immediately after race completion, and 24 hours post-race. Data was analyzed using Student's t-test, repeated measures ANOVA, and Pearson correlation ($p < 0.05$). No differences were observed between groups for BMI (23.27 \pm 0.83 vs. 22.28 \pm 1.74

kg/m²), ESS (8.23 ± 2.71 vs. 9.23 ± 4.51), ISI (5.23 ± 3.77 vs 6.92 ± 5.85), PSQI (4.61 ± 1.71 vs. 5.46 ± 2.02), or CMJ performance at any time point (pre: 38.30 ± 4.34 vs. 37.99 ± 4.20; post: 34.15 ± 4.75 vs. 29.92 ± 7.82; 24h: 32.54 ± 4.02 vs. 30.79 ± 6.48 W/kg; all $p > 0.05$). Both groups showed significant reductions in CMJ performance post-race and 24 hours later (EN: 38.30 vs. 34.15 vs. 32.54 W/kg; UEN: 37.99 vs. 29.92 vs. 30.79 W/kg; $p < 0.05$). In the EN group, CMJ performance was negatively correlated with race time, ESS, and PSQI scores. In the UEN group, only PSQI showed a positive correlation with CMJ performance after the race. Pre-race sleep quality was associated with neuromuscular performance, suggesting a potential influence on recovery capacity; however, the single-time-point assessment limits causal inferences.

Keywords: Athletic Performance; Sleep deprivation; Muscle Fatigue.

INTRODUCTION

Road and trail running have been gaining more participants due to their outdoor nature and ease of practice. (Kakouris; Yener; Fong, 2021). An example of this growth is ultramarathons, which are events that exceed the 42.195 km of a conventional marathon or events lasting longer than 6 hours (Scheer *et al.*, 2020). Due to these characteristics, they are exhausting events capable of generating significant physiological stress (Graham *et al.*, 2020; Kakouris; Yener; Fong, 2021), with a direct impact on parameters such as sleep.

Sleep plays an essential role in physiological balance, physical recovery (Dattilo *et al.*, 2011) and the functioning of the central nervous system (Goel *et al.*, 2009). While sleep restriction or deprivation is associated with physical and cognitive impairments, such as an increased injury rate, reduction in muscle glycogen stores, metabolic changes, higher perceived effort, and decreased performance (Brager *et al.*, 2020; Dos Santos *et al.*, 2022; Martin *et al.*, 2018). In ultramarathons, it is common for athletes to face long periods without sleep (Hurdziel *et al.*, 2018). Inadequate sleep habits before the event can increase fatigue and impair performance, as well as amplify the risk of injuries (Dos Santos *et al.*, 2022).

Prolonged effort and adverse environmental conditions also contribute to the onset of musculoskeletal injuries, mainly due to overload in the lower limbs (Rubio-

Arias *et al.*, 2019; Scheer; Krabak, 2021). Muscle pain, tendon and joint injuries, particularly in the knee and ankle, are the most common (Hoffman, 2016; Knechtle e Nikolaidis, 2018). Furthermore, factors such as the type of event, distance, terrain, and elevation changes also influence the incidence of these injuries (Scheer; Krabak, 2021). Consequently, strength, endurance, and plyometric training contribute to injury prevention in trail runners, who are more exposed to terrain instability and require greater muscle control (Blagrove; Howatson; Hayes, 2018; Vincent; Brownstein; Vincent, 2022).

In light of the above, the assessment of neuromuscular fatigue through tests such as the vertical jump is an effective strategy to monitor muscular performance (Besson *et al.*, 2021; Bosco; Luhtanen; Komi, 1983; Pueo *et al.*, 2017), as a decrease in jump height and power after exertion may reflect both muscle exhaustion and the influence of central load, possibly modulated by sleep deprivation or alterations in the circadian rhythm (Pradas *et al.*, 2021). Furthermore, the reduction in vertical jump performance following prolonged efforts may reflect both peripheral changes, such as metabolite accumulation and muscle microtrauma, as well as central fatigue, potentially influenced by sleep deprivation or poor sleep quality. Thus, sequential measurement of jump power provides an accessible and non-invasive method for analyzing neuromuscular recovery (Dattilo *et al.*, 2020; Temesi *et al.*, 2021).

Although sleep and muscular performance are widely studied independently, there is still a scarcity of investigations that combine these aspects in real competition contexts, particularly in trail and mountain running. Therefore, the objective of this study is to analyze the neuromuscular performance of trail and mountain runners before, immediately after, and 24 hours post-competition and to investigate the possible association between this performance and subjective sleep patterns.

MATERIAL AND METHODS

This cross-sectional and observational study is part of an umbrella project, named ULTRASONO, approved by the Human Research Ethics Committee of the Federal University of Viçosa (approval number: 4.911.679; Certificate of Presentation for Ethical Consideration [CAAE]: 48570921.4.0000.5153) and conducted in accordance with the guidelines established by the Declaration of Helsinki. Data

collection took place during the 2024 La Misión Brasil trail and mountain running competition. Athletes were recruited by convenience through email invitations, followed by direct messages via mobile phone. All volunteers were duly informed about the study's objectives and confirmed their participation by signing the Informed Consent Form.

The athletes were classified into two groups based on the race distance: the endurance group (EN) completed a 35 km course with 2,671 meters of elevation gain, while the ultra-endurance group (UEN) completed an 80 km course with 5,288 meters of elevation gain. Both races were held under mountainous terrain conditions, with average temperatures ranging from 10°C to 25°C. The event was semi-supported, with designated aid stations but no external pacing or crew assistance. The EN group consisted of 13 athletes, including 1 female and 12 male participants, while the UEN group included 13 athletes, with 2 females and 11 males. All athletes completed the race in their respective categories and participated in all proposed tests.

Data collection related to sleep parameters was carried out through online questionnaires, sent individually to the participants two weeks before the competition. Three validated and reliable instruments were applied: the Epworth Sleepiness Scale (ESS), the Insomnia Severity Index (ISI), and the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI).

The Epworth Sleepiness Scale (ESS) (Bertolazi *et al.*, 2009) assesses an individual's level of daytime sleepiness, helping to identify issues such as excessive sleepiness or sleep disorders. The scale consists of eight questions that evaluate the likelihood of falling asleep in different everyday situations.

The Insomnia Severity Index (ISI) (Castro L. S, 2011) evaluates the severity of insomnia in individuals, considering both the quality and quantity of sleep, as well as the impact of the disorder on daily life. It is composed of seven questions that assess difficulty in falling asleep, maintaining sleep, and overall dissatisfaction with sleep.

The Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (Bertolazi *et al.*, 2011) evaluates sleep quality and patterns over the past month, covering various aspects of sleep. It includes 19 items, grouped into seven components, which assess subjective sleep quality, sleep latency, sleep duration, habitual sleep efficiency, sleep disturbances, use of sleep medications, and daytime sleepiness.

In addition to these questionnaires, self-reported data on sample characterization, such as body weight and height, were collected. Closer to the competition, lower-limb muscular performance was assessed through the countermovement jump (CMJ) test, using a contact mat (Physical Solutions, São Paulo, Brazil). This electronic device was connected to dedicated software (PS JUMP), which measured contact and flight times, allowing for the automatic calculation of jump height. Participants performed three CMJ attempts at three distinct time points: 24 hours before the race, immediately after race completion, and 24 hours post-race.

At all times, the jumps were performed with the hands on the hips to avoid assistance from arm movement, following the standardized protocols for this type of test (Markovic *et al.*, 2004). The values used for analysis were the averages of the three attempts at each time point, following recommendations to enhance the test (Markovic *et al.*, 2004). Additionally, at each of the three testing moments preceding the CMJ, body weight (in kilograms) and height (in centimeters) were recorded for all participants. The testing station was set up in a tent belonging to the research group, located in the race arena, near the finish line. Figure 1 presents the timeline of the procedures carried out throughout the study.

The primary outcomes evaluated in the study were the scores from the sleep questionnaires (ESS, ISI, and PSQI), the neuromuscular performance of the lower limbs as measured by the countermovement jump (CMJ), and the total race time.

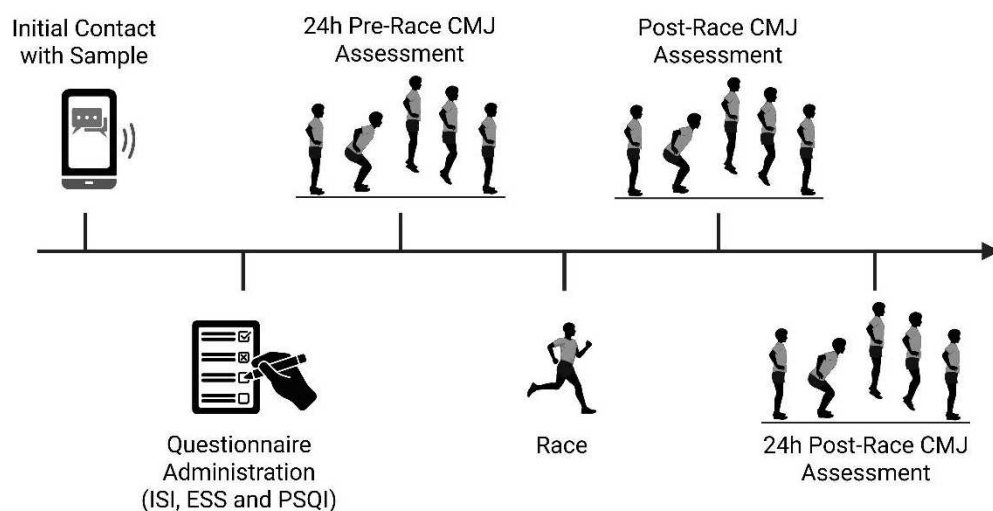


Figure 1: Timeline of procedures carried out throughout the study. h = hours; ISI = Insomnia Severity Index; ESS = Epworth Sleepiness Scale; PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index; CMJ = Countermovement Jump. Source: Author's own. Image created with BioRender.

Statistical Analysis

The normality of the data was tested using the Shapiro-Wilk test. The comparison between the EN and UEN groups was performed using the student's t-test for independent samples. To assess variation at different time points and between groups, a repeated-measures ANOVA was conducted, followed by Tukey's post-hoc test. Pearson correlation was used for parametric variables, while Spearman correlation was used for non-parametric variables. The magnitude of the correlations was classified as low (0.10 to 0.29), moderate (0.30 to 0.49), or high (0.50 to 1.0), according to Cohen's (1988) criteria. The data are presented as mean \pm standard deviation (SD). The significance level adopted was 5% ($p < 0.05$). All statistical analyses were performed using GraphPad Prism software, version 8.0.2.

RESULTS

Participants

Table 1 presents the anthropometric characteristics and race time of the participating athletes, considering the total sample and the EN and UEN groups. No differences were observed between the groups for anthropometric variables.

As expected, the average race time was significantly shorter in the EN group (405.8 ± 96.79 min) compared to the UEN group (1016 ± 148.0 min, $p < 0.001$).

Table 1. Anthropometric characteristics and race time of participants by group.

Variables	Overall (n=26)	EN (n=13)	UEN (n=13)
Age (years)	39.3 \pm 8.07	37.4 \pm 9.83	41.2 \pm 5.60
Height (m)	1.72 \pm 0.08	1.73 \pm 0.06	1.71 \pm 0.09
Body Mass (kg)	67.47 \pm 8.02	69.25 \pm 4.86	65.69 \pm 10.18
BMI (kg/m ²)	22.77 \pm 1.43	23.27 \pm 0.83	22.28 \pm 1.74
Race time (min)	710.8 \pm 334.2	405.8 \pm 96.79	1016 \pm 148.0*

EN = endurance group; UEN = ultra-endurance group; m = meters; kg = kilograms; BMI = Body Mass Index; kg/m² = kilograms per square meter; min = minutes; * different from the EN group; $p < 0.05$.

The scores from the ESS, ISI, and PSQI questionnaires, as well as CMJ performance at all time points, did not show significant differences between the EN and UEN groups.

Table 2. Comparison of sleep scores and vertical jump performance between endurance and ultra-endurance athletes.

Variables	EN (n=13)	UEN (n=13)	p
ESS (score)	8.23 ± 2.71	9.23 ± 4.51	0.50
ISI (score)	5.23 ± 3.77	6.92 ± 5.85	0.39
PSQI (score)	4.61 ± 1.71	5.46 ± 2.02	0.26
SV - Pre (W/kg)	38.30 ± 4.34	37.99 ± 4.20	0.85
SV - Pos (W/kg)	34.15 ± 4.75	29.92 ± 7.82	0.11
SV – 24 h (W/kg)	32.54 ± 4.02	30.79 ± 6.48	0.42

EN = endurance group; UEN = ultra-endurance group; ESS = Epworth Sleepiness Scale; ISI = Insomnia Severity Index; PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index; CMJ = Countermovement Jump; W/kg = Power per unit of weight, expressed in watts per kilogram of body mass; h = hours; p = significance level set at 0.05.

Figure 2 presents the variation in body weight and jump performance at the evaluated time points. In the EN and UEN groups, a decrease in body weight was observed immediately after the race (70.7 vs 69.3 kg, $p < 0.05$ for EN, and 67.6 vs 65.9 kg, $p < 0.05$ for UEN) compared to the pre-race time point (Figure 2A and 2B), with a return to values close to baseline after 24 hours (69.9 kg for EN and 67.2 kg for UEN). For both groups, the CMJ showed a significant reduction both post-race and 24 hours after the race compared to the pre-race time point (38.3 vs 34.2 vs 32.5 W/kg, $p < 0.05$ for EN, and 38.0 vs 29.9 vs 30.8 W/kg, $p < 0.05$ for UEN) (Figure 2C and 2D).

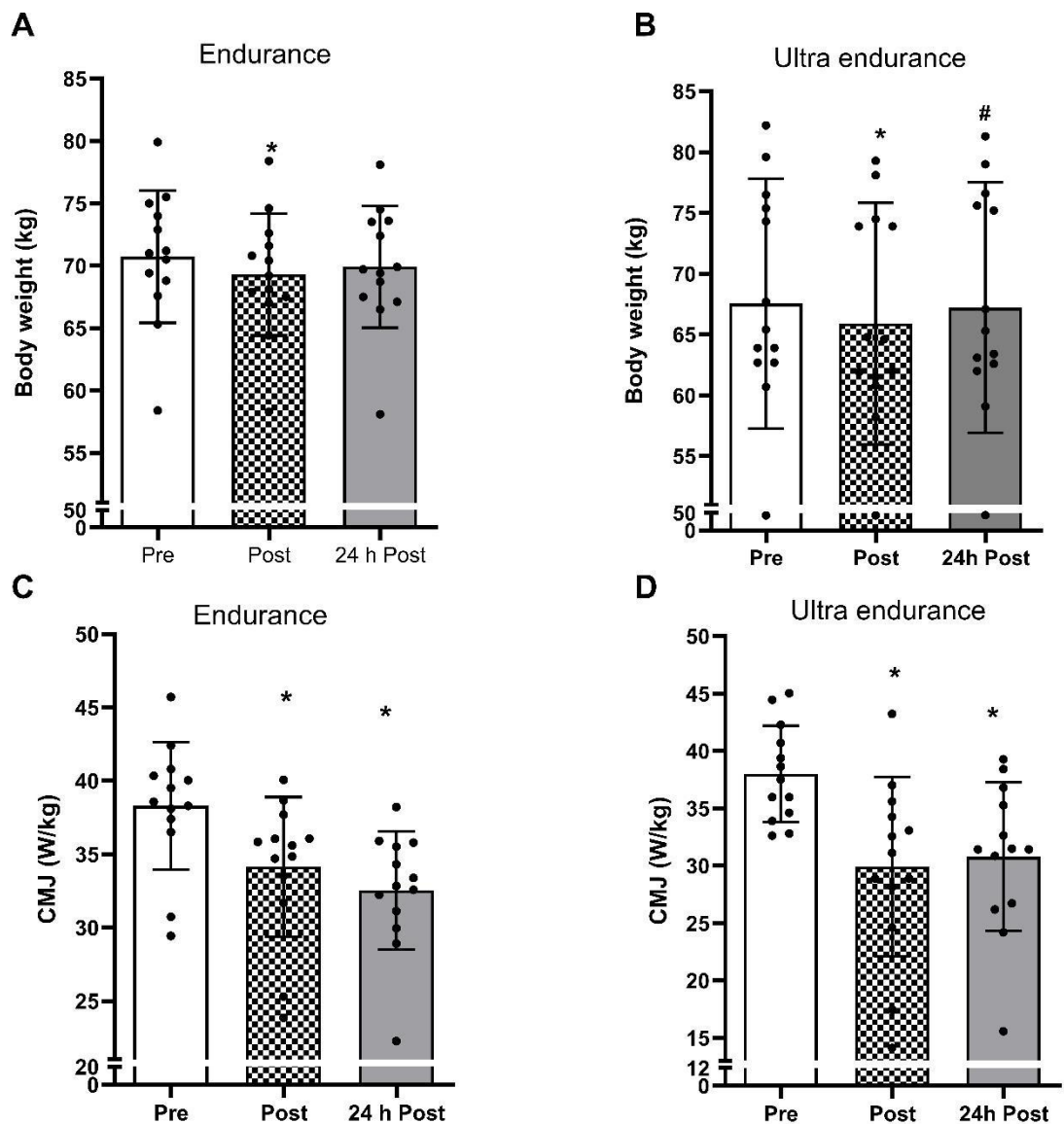


Figure 2. Variations in body weight (panels A and B) and counter movement jump (CMJ) performance (panels C and D) at pre-race, post-race, and 24 hours post-race time points. Panels A and C correspond to the endurance group; B and D, to the ultra-endurance group. Data expressed as mean \pm SD of 13 athletes per group. * $p < 0.05$ vs. Pre; # $p < 0.05$ vs. Post. Repeated measures ANOVA followed by Tukey's post hoc test; W/kg = watts per kilogram.

Figure 3 presents the significant Pearson correlations for the athletes in the endurance category, considering the sleep scores (ESS, ISI, and PSQI), total race time, and CMJ performance. The ESS score showed negative and significant correlations with pre-race jump ($r = -0.56$; $p = 0.049$) and post-race jump ($r = -0.59$; $p = 0.035$). The PSQI, a measure of subjective sleep quality, showed a negative association with post-race jump ($r = -0.75$; $p = 0.003$) and 24 hours post-race jump ($r = -0.62$; $p = 0.025$). A significant negative correlation was also observed between race

time and pre-race jump ($r = -0.70$; $p = 0.008$), post-race jump ($r = -0.60$; $p = 0.030$), and 24 hours post-race jump ($r = -0.60$; $p = 0.031$). The ISI did not show significant correlations with jump performance at any time point ($p > 0.10$), indicating a weak relationship between perceived insomnia and neuromuscular performance in this sample.

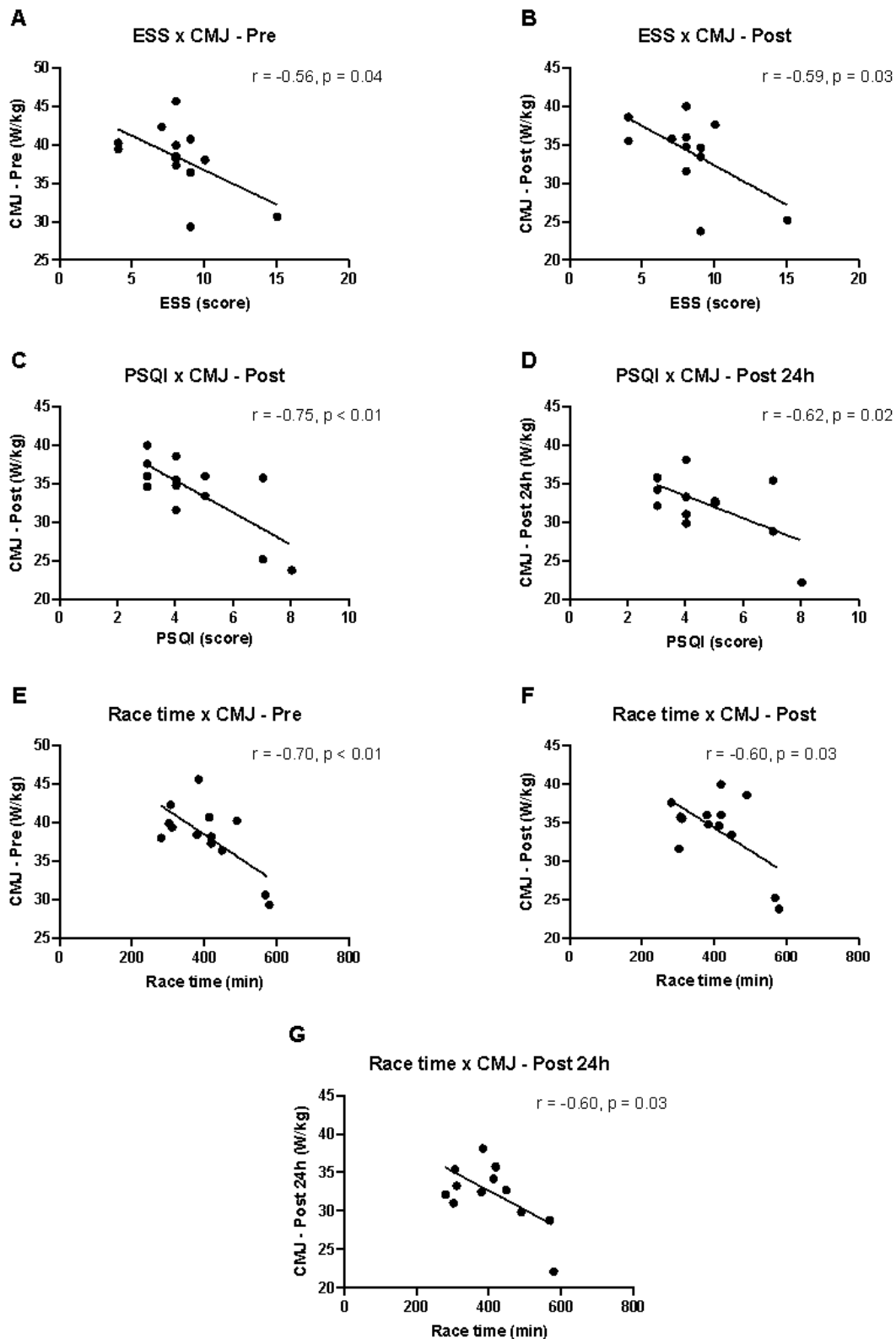


Figure 3. Significant Pearson correlations between sleep variables, race time, and vertical jump performance in endurance athletes. Only statistically significant correlations ($p < 0.05$) are presented. ESS = Epworth Sleepiness Scale; ISI = Insomnia Severity Index; PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index; CMJ = Countermovement Jump; Pre = pre-race; Post = immediately post-race; Post 24 h = 24 hours post-race; min = minutes; W/kg = watts per kilogram; r = Pearson's correlation coefficient; p = p-value.

Figure 4 presents the only statistically significant Pearson correlation identified in the ultra-endurance group, considering the sleep questionnaire scores (ESS, ISI, and PSQI), total race time, and CMJ performance at the three time points (pre-race, post-race, and 24 hours post-race). A moderate positive correlation was found between the global PSQI score and CMJ performance at 24 hours post-race ($r = 0.55$, $p = 0.053$), suggesting a potential relationship between better perceived sleep quality and neuromuscular recovery. However, this finding is limited by the timing of the sleep assessment. In this group, none of the other sleep variables or the total race time showed significant correlations with vertical jump performance at any of the assessed time points ($p > 0.05$).

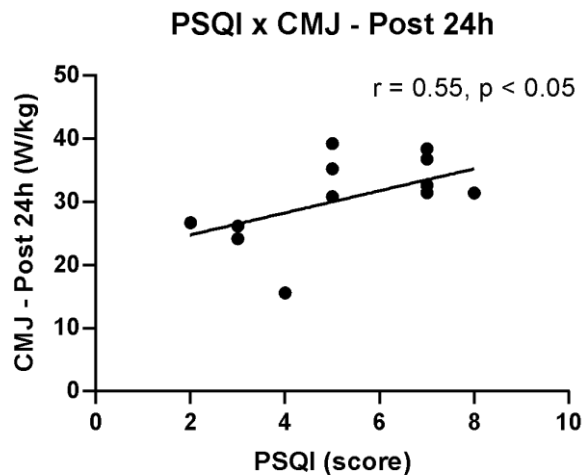


Figure 4. Significant Pearson correlation between the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) score and countermovement jump (CMJ) performance 24 hours post-race in ultra-endurance athletes. W/kg = watts per kilogram; r = Pearson's correlation coefficient; p = p -value.

DISCUSSION

This study analyzed neuromuscular performance before, immediately after, and 24 hours post-competition, and investigated its relationship with sleep parameters. No differences were found between the EN and UEN groups for the anthropometric variables of height (m), body mass (kg), and BMI (kg/m^2), which may reflect a similar morphological profile between endurance and ultra-endurance runners. This observation is consistent with previous studies suggesting that athletes in both modalities tend to exhibit comparable body characteristics, particularly in mountain and trail races (Knechtle and Nikolaidis, 2018; Nikolaidis *et al.*, 2023)

A study also evaluated the sleep and nutritional profile of athletes in these modalities, and their analysis also revealed no significant differences between these runners in terms of age, BMI, and body composition (Dos Santos *et al.*, 2022). These characteristics do not seem to be the main discriminating factor between athletes, with aspects such as race strategy and training level being more important (Pradas *et al.*, 2021).

The scores from the applied questionnaires (ESS, ISI, and PSQI) were also similar between the two groups. Changes in sleep patterns affect areas of the central nervous system, with a negative impact on working memory, decision-making, and sustained attention (Craven *et al.*, 2022), – functions essential for athletes subjected to conditions such as trail and mountain running. The similarity may indicate that athletes, regardless of distance, share homogeneous sleep habits and patterns. Similar results were found in another study, where the average PSQI and sleepiness scores were similar between endurance vs ultra-endurance groups (Dos Santos *et al.*, 2022). These findings may also reflect similar training and pre-competition routines between short-distance and long-distance runners (Nikolaidis *et al.*, 2023).

Regarding the countermovement jump performance, no statistical difference was observed between the EN and UEN groups at any of the evaluated time points. Despite the longer race time in the UEN group, the neuromuscular performance impairment was similar. Furthermore, there was a reduction in performance immediately post-race and persistently 24-hour post-race in both groups. These findings are consistent with previous studies (Pradas *et al.*, 2021; Temesi *et al.*, 2021), which also used the CMJ to assess the post-race neuromuscular impact and found differences only between the different time points analyzed, indicating fatigue immediately post-race and 24 hours post-race.

The scientific literature has already described how exhausting events, such as those analyzed in this study, cause peripheral muscle fatigue, including inflammation and microtrauma in muscle tissues, as well as central fatigue, which involves neuromuscular impairment (Knechtle and Nikolaidis, 2018; Pradas *et al.*, 2021). One study showed that CMJ performance decreased after a 75 km ultramarathon, suggesting neuromuscular fatigue induced by prolonged exertion (Balducci *et al.*, 2017). The persistence of this reduction 24 hours later reinforces the idea of incomplete recovery, as observed in similar studies. Another study investigated the effects of a

166 km ultramarathon, and neuromuscular recovery was incomplete even after 48 hours, with a significant decrease in voluntary maximum performance of the knee extensors and plantar flexors post-race (Millet *et al.*, 2011). Considering this, the practical relevance of monitoring performance through the vertical jump is highlighted, as it is a simple and effective method for assessing neuromuscular readiness and guiding regeneration strategies and load management (Tiller and Millet, 2024).

The analysis of body weight revealed a reduction immediately after the race, with partial recovery observed at 24 hours. This change can be physiologically interpreted as acute weight loss associated with dehydration, primarily due to intense sweating. As demonstrated in other studies, after ultratrail races, runners typically experience dehydration and reduced body weight (Knechtle and Nikolaidis, 2018; Pradas *et al.*, 2021), and recovery close to baseline levels after 24 hours suggests adequate hydration and nutritional replenishment.

Regarding the correlations between total race time, vertical jump performance, and sleep parameter scores, interesting results were found. A significant negative correlation was observed between race time and vertical jump performance at all three time points (pre-race, immediately post-race, and 24 hours post-race) for endurance athletes. In other words, faster athletes jumped higher at all time points. These athletes are likely to have better cardiorespiratory fitness, greater neuromuscular efficiency, and/or a higher level of training (Dumke *et al.*, 2010; Lanferdini *et al.*, 2020). This relationship reinforces the idea that performance in the race is related to the ability to preserve muscle function under extreme stress (Millet *et al.*, 2011). It may also suggest that muscle power is an important factor in predicting endurance race performance; in a study with well-trained runners, it was suggested that higher muscle stiffness and lower power are associated with poorer running economy [29].

Still in the EN group, some associations were observed between subjective sleep parameters assessed two weeks prior and subsequent neuromuscular performance. Excessive daytime sleepiness showed negative correlations with CMJ performance pre and post-race, suggesting that greater daytime sleepiness may be linked to lower neuromuscular readiness. From a physiological standpoint, this could reflect reduced alertness and impaired motor recruitment efficiency (Craven *et al.*, 2022; Goel *et al.*, 2009). Complementarily, poorer subjective sleep quality was associated with reduced CMJ performance post-race and 24-hour post-race. On the

other hand, the Insomnia Severity Index did not show significant correlations with jump performance at any time point, indicating a limited relationship between perceived insomnia symptoms and this specific performance marker.

Unlike the EN group, the UEN group did not show any significant correlations between the sleep variables, countermovement jump, and total race time. The absence of correlations may be related to the greater physiological heterogeneity of the group, as reported in the literature, where the experiences and training history of ultra-endurance athletes vary widely (Scheer and Krabak, 2021). Furthermore, athletes with this profile show adaptations to sleep deprivation and prolonged fatigue, which may mitigate the acute impacts of poor sleep on neuromuscular performance (Hurdiel *et al.*, 2018). One study highlighted the possible chronic adaptation to extreme exertion in this population (Temesi *et al.*, 2021). The absence of a correlation between vertical jump performance and total race time also supports this scenario, suggesting that the absolute race time may not be a direct predictor of neuromuscular fatigue when the athlete is already conditioned to prolonged efforts.

This study has some limitations that should be considered when interpreting the results. The sample size was small and convenience-based, limited by the logistics of data collection in a real-world environment, which prevented the follow-up of a larger number of athletes and reduced the statistical power to detect other differences. Moreover, sleep was assessed only once, two weeks before the competition, using self-reported subjective instruments. Although these questionnaires are validated, they are susceptible to individual perception and interpretation biases and may not accurately reflect the athletes' sleep status closer to the race day. It is worth noting, however, that the use of subjective instruments in this study was intentional, as objective methods such as actigraphy and blood analysis were applied in another investigation within the same umbrella project (ULTRASONO). Finally, the cross-sectional nature of the analysis limits the generalizability of the findings to other populations of endurance and ultra-endurance athletes, necessitating caution in interpreting the results, which are considered exploratory. We recommend that future studies replicate and expand these findings using objective sleep monitoring, such as actigraphy, which will allow for a more accurate analysis of sleep quality and architecture, while also complementing the evidence already obtained in other investigations within the ULTRASONO project.

It is important to highlight the strengths of this study, given the novelty of the approach in a real competitive environment. Collecting data in real situations makes the research closer to reality, considering various natural situations in actual competition contexts, rather than in the laboratory (Kishi *et al.*, 2024; Simim *et al.*, 2020). Additionally, evaluating these outcomes under real race conditions is particularly relevant, considering the crucial role of sleep in maintaining physical and cognitive performance (Goel *et al.*, 2009).

CONCLUSION

This study examined the association between sleep variables and neuromuscular performance in trail and mountain runners. Performance was more affected by sleep in the endurance group, while the absence of correlations in the ultra-endurance group may reflect adaptations to prolonged exertion. These findings have practical implications for training and recovery strategies in endurance sports.

REFERENCES

- BALDUCCI, P.; CLÉMENÇON, M.; TRAMA, R.; BLACHE, Y.; HAUTIER, C. A. Performance factors in a mountain ultramarathon. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 38, n. 11, p. 819–826, 2017.
- BERTOLAZI, A. N.; FAGONDES, S. C.; HOFF, L. S.; PEDRO, V. D.; BARRETO, S. S. M.; JOHNS, M. W. Portuguese-language version of the Epworth sleepiness scale: validation for use in Brazil. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 877–883, set. 2009.
- BERTOLAZI, A. N.; FAGONDES, S. C.; HOFF, L. S.; DARTORA, E. G.; DA SILVA MIOZZO, I. C.; DE BARBA, M. E.; MENNA BARRETO, S. S. Validation of the Brazilian Portuguese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index. *Sleep Medicine*, v. 12, n. 1, p. 70–75, jan. 2011.
- BESSION, T.; PARENT, A.; BROWNSTEIN, C. G. Sex differences in neuromuscular fatigue and changes in cost of running after mountain trail races of various distances. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 53, n. 11, p. 2374–2387, 2021.
- BLAGROVE, R. C.; HOWATSON, G.; HAYES, P. R. Effects of strength training on the physiological determinants of middle- and long-distance running performance: a systematic review. *Sports Medicine*, v. 48, n. 5, p. 1117–1149, 2018.
- BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v. 50, n. 2, p. 273–282, 1983.

- BRAGER, A. J.; DEMIRAL, S.; CHOYNOWSKI, J.; KIM, J.; CAMPBELL, B.; CAPALDI, V. F.; SIMONELLI, G.; HAMMER, S. Earlier shift in race pacing can predict future performance during a single-effort ultramarathon under sleep deprivation. *Sleep Science*, v. 13, n. 1, p. 25–31, jan./mar. 2020.
- CASTRO, L. S. Adaptação e validação do Índice de Gravidade de Insônia (IGI): caracterização populacional, valores normativos e aspectos associados. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2011.
- CRAVEN, J.; MCCARTNEY, D.; DESBROW, B.; SABAPATHY, S.; BELLINGER, P.; ROBERTS, L.; ROBERTS, L.; IRWIN, C. Effects of acute sleep loss on physical performance: a systematic and meta-analytical review. *Sports Medicine*, v. 52, n. 11, p. 2669–2690, nov. 2022.
- DATTILO, M.; ANTUNES, H. K.; MEDEIROS, A.; MÔNICO-NETO, M.; SOUZA, H. S.; TUFIK, S.; DE MELLO, M. T. Sleep and muscle recovery: endocrinological and molecular basis for a new and promising hypothesis. *Medical Hypotheses*, v. 77, n. 2, p. 220–222, fev. 2011.
- DATTILO, M.; ANTUNES, H. K.; GALBES, N. M.; MÔNICO-NETO, M.; DE SÁ SOUZA, H.; QUARESMA, M. V.; LEE, K. S.; UGRINOWITSCH, C.; TUFIK, S.; DE MELLO, M. T. Effects of sleep deprivation on acute skeletal muscle recovery after exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 52, n. 2, p. 507–514, fev. 2020.
- DOS SANTOS, N. E.; DANIEL, N. V. S.; FRANCO, B.; BASTOS, A. M.; BELLI, T.; ESTEVES, A. M. Sleep and nutritional profile of endurance and ultra-endurance running athletes. *Sleep Science*, v. 15, n. 4, p. 441–447, out./dez. 2022.
- DUMKE, C. L.; METZ, K. F.; BROWNLEEN, J. M.; KEARNEY, J. T.; SHEFFIELD-MYOUWAY, M. E.; LEMIEUX, M.; SAUNDERS, M. J. Relationship between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 5, p. 249–261, 2010.
- GOEL, N. DINGES, D. F.; BUYSSE, D. J. et al. Neurocognitive consequences of sleep deprivation. *Seminars in Neurology*, v. 29, n. 4, p. 320–339, 2009.
- GRAHAM, S. M.; MARTINDALE, R. J.; MCKINLEY, M.; CONNABOY, C.; ANDRONIKOS, G.; SUSMARSKI, A. The examination of mental toughness, sleep, mood and injury rates in an Arctic ultra-marathon. *European Journal of Sport Science*, v. 21, n. 1, p. 100–106, jan. 2021.
- HOFFMAN, M. D. Injuries and health considerations in ultramarathon runners. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, v. 27, n. 1, p. 203–216, 2016.
- HURDIEL, R.; RIEDY, S. M.; MILLET, G. P.; MAUVIEUX, B.; PEZÉ, T.; ELSWORTH-EDELSTEN, C.; MARTIN, D.; ZUNQUIN, G.; DUPONT, G. Cognitive performance and self-reported sleepiness are modulated by time-of-day during a mountain ultramarathon. *Research in Sports Medicine*, v. 26, n. 4, p. 482–489, out./dez. 2018.

- KAKOURIS, N.; YENER, N.; FONG, D. T. P. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *Journal of Sport and Health Science*, v. 10, n. 5, p. 513–522, 2021.
- KISHI, A.; MILLET, G. Y.; DESPLAN, M.; LEMARCHAND, B.; BOUSCAREN, N. Sleep and ultramarathon: exploring patterns, strategies, and repercussions of 1 154 mountain ultramarathons finishers. *Sports Medicine – Open*, v. 10, n. 1, p. 34, 2024.
- KNECHTLE, B.; NIKOLAIDIS, P. T. Physiology and pathophysiology in ultramarathon running. *Frontiers in Physiology*, v. 9, p. 634, 2018.
- LANFERDINI, F. J.; SILVA, E. S.; MACHADO, E.; FISCHER, G.; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Physiological predictors of maximal incremental running performance. *Frontiers in Physiology*, v. 11, p. 570257, ago. 2020.
- MARKOVIC, G.; DIZDAR, D.; JUKIC, I.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 18, n. 3, p. 551–555, ago. 2004.
- MARTIN, T.; ARNAL, P. J.; HOFFMAN, M. D.; MILLET, G. Y. Sleep habits and strategies of ultramarathon runners. *PLoS ONE*, v. 13, n. 5, p. e0194705, maio 2018.
- MILLET, G. Y.; SAUGY, J.; PLACE, N.; DEGACHE, F.; SCHENA, F.; MILLET, G. P. Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra-marathon. *PLoS ONE*, v. 6, n. 2, p. e17059, 2011.
- NIKOLAIDIS, P. T.; WEISS, K.; KNECHTLE, B.; TRAKADA, G. Sleep in marathon and ultramarathon runners: a brief narrative review. *Frontiers in Neurology*, v. 14, p. 1217788, 2023.
- PRADAS, F.; FALCÓN, D.; PEÑARRUBIA-LOZANO, C.; TORO-ROMÁN, V.; CARRASCO, L.; CASTELLAR, C. Effects of ultratrail running on neuromuscular function, muscle damage and hydration status: differences according to training level. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 10, p. 5119, 2021.
- PUEO, B.; GARCIA-VICENTE, F.; MENDES, R. S.; SÁNCHEZ-MUÑOZ, C.; MOSQUERA-GÓMEZ, G.; MAYOR-MARCOS, A.; RAMÍREZ-VÉLEZ, R.; PUEO-MARCOS, B. Accuracy of jump-mat systems for measuring jump height. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 12, n. 7, p. 959–963, 2017.
- RUBIO-ARIAS, J. A.; ÁVILA-GANDÍA, V.; LÓPEZ-ROMÁN, F. J.; SOTO-MÉNDEZ, F.; ALCARAZ, P. E.; RAMOS-CAMPO, D. J. Muscle damage and inflammation biomarkers after two ultra-endurance mountain races of different distances: 54 km vs 111 km. *Physiology and Behavior*, v. 205, p. 51–57, 2019.
- SCHEER, V.; BASSET, P.; GIOVANELLI, N.; VERNILLO, G.; MILLET, G. P.; COSTA, R. J. S. Defining off-road running: a position statement from the Ultra Sports Science Foundation. *International Journal of Sports Medicine*, v. 41, n. 5, p. 275–284, 2020.
- SCHEER, V.; KRABAK, B. J. Musculoskeletal injuries in ultra-endurance running: a scoping review. *Frontiers in Physiology*, v. 12, p. 664071, 2021.

SIMIM, M. A. M.; SOUZA, H. S.; CARDOSO FILHO, C. A.; GIANONI, R. L. D. S.; BEZERRA, R. R.; AFFONSO, H. O.; AMADIO, A. C.; D'ALMEIDA, V.; SERRÃO, J. C.; CLAUDINO, J. G. Sleep quality monitoring in individual sports athletes: parameters and definitions by systematic review. *Sleep Science*, v. 13, n. 4, p. 267–285, 2020.

TEMESI, J.; BESSON, T.; PARENT, A.; SINGH, B.; MARTIN, V.; BROWNSTEIN, C. G.; ESPEIT, L.; ROYER, N.; RIMAUD, D.; LAPOLE, T.; FÉASSON, L.; MILLET, G. Y. Effect of race distance on performance fatigability in male trail and ultra-trail runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 31, n. 9, p. 1809–1821, 2021.

TILLER, N. B.; MILLET, G. Y. Decoding ultramarathon: muscle damage as the main impediment to performance. *Sports Medicine*, v. 55, n. 3, p. 535–543, 2025.

VINCENT, H. K.; BROWNSTEIN, M.; VINCENT, K. R. Injury prevention, safe training techniques, rehabilitation, and return to sport in trail runners. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, v. 4, n. 1, p. e151–e162, 2022.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação buscou ampliar a compreensão sobre a relação entre sono e desempenho neuromuscular em corredores de trilhas e montanhas, a partir da análise de dois estudos realizados em ambiente competitivo real. No primeiro estudo, observou-se que atletas de *endurance* e *ultra-endurance* apresentam padrões subjetivos de sono diferentes, o que pode ter impacto direto na saúde e aumentar o risco de distúrbios relacionados ao sono. Já o segundo estudo mostrou que variáveis de sono se relacionaram ao desempenho neuromuscular dos membros inferiores em momentos distintos da competição, reforçando o papel do sono tanto na manutenção da performance quanto na recuperação após o esforço.

Do ponto de vista da saúde, os achados indicam a importância de incluir o monitoramento e o cuidado com o sono na rotina de atletas de *endurance*, dentro de uma abordagem multidisciplinar. Em relação à performance, a qualidade do sono pode influenciar a capacidade neuromuscular em situações críticas da prova, sugerindo que estratégias de otimização do sono podem ajudar a preservar o rendimento e favorecer uma recuperação mais eficiente em períodos de carga elevada de treino e competição prolongada.

É importante reconhecer, no entanto, algumas limitações do estudo. A avaliação do sono foi feita apenas por instrumentos subjetivos e não houve a inclusão de

marcadores fisiológicos objetivos de fadiga, ficando o desempenho neuromuscular como principal indicador. Ainda assim, essa escolha se justificou pelo caráter exploratório da pesquisa, pela viabilidade de aplicação em condições reais de prova e pela busca de uma maior validade ecológica, aproximando a investigação da realidade vivida pelos atletas. Além disso, como parte do projeto guarda-chuva ULTRASONO, outros estudos paralelos já vêm utilizando métodos objetivos, como actigrafia e análises fisiológicas, o que garante complementaridade às evidências aqui discutidas.

Para futuras pesquisas, recomenda-se ampliar o número de participantes, combinar questionários subjetivos com medidas objetivas de monitoramento do sono e incluir marcadores fisiológicos de fadiga. Tais estratégias podem ajudar a construir um panorama mais sólido sobre os mecanismos que ligam sono, fadiga e desempenho em esportes de *endurance* e *ultra-endurance*.

De forma geral, os dois estudos apresentados se complementam ao oferecer uma visão mais integrada da influência do sono na saúde e na performance de corredores de trilhas e montanhas. Em conjunto, contribuem para o avanço do conhecimento científico na área ao mostrar a relevância de tratar o sono como um fator-chave não só para o rendimento, mas também para a saúde desses atletas. Além disso, trazem implicações práticas que podem orientar treinadores, atletas e equipes multidisciplinares no planejamento de estratégias de treinamento, recuperação e prevenção de lesões em provas de *endurance*.

ANEXO A – Carta de Aprovação do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: ULTRAMARATONAS DE TRILHAS E MONTANHAS E OS ASPECTOS PSICOBIOLOGICOS, FUNÇÃO MUSCULAR E ATIVIDADE DO SISTEMA IMUNOLÓGICO

Pesquisador: Helton de Sa Souza

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 48570921.4.0000.5153

Instituição Proponente: Universidade Federal de Viçosa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.585.028

Apresentação do Projeto:

Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma (CAAE: 48570921.4.0000.5153, com Emenda submetida em 24/04/2025 e avaliada em maio/2025 - PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_2535803_E1).

Trata-se de pedido de emenda sob a seguinte justificativa: XXXXXXXXXXXX

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com os pesquisadores,

Objetivo primário:

Rastrear o perfil de sono e humor de ultramaratonistas de trilhas e montanhas bem como compará-las aos maratonistas e pessoas não atletas. Também é objetivo do presente projeto identificar as possíveis alterações que as competições de UTR podem gerar sobre os aspectos psicobiológicos, o sistema imunológico e a função muscular dos competidores.

Objetivo Secundário:

- ¿ Avaliar os parâmetros qualitativos e quantitativos do sono antes e após uma competição de UTR;
- ¿ Comparar os parâmetros qualitativos e quantitativos do sono entre UTR, Maratonistas e

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3612-2316 **E-mail:** cep@ufv.br

Continuação do Parecer: 7.585.028

peessoas não atletas de corridas.

- ζ Interpretar a dinâmica atividade-reposo registrada por actimetria antes e após uma competição de UTR.
- ζ Comparar dinâmica atividade-reposo registrada por actimetria entre UTR, Maratonistas e pessoas não atletas de corridas.
- ζ Identificar o perfil e o estado de humor antes e após uma competição de UTR;
- ζ Comparar o perfil e o estado de humor entre UTR, Maratonistas e pessoas não atletas de corridas.
- ζ Identificar parâmetros de afeto à UTR antes e após a competição;
- ζ Comparar parâmetros de afeto entre UTR, Maratonistas e pessoas não atletas de corridas.
- ζ Avaliar o balanço entre pró e anti-inflamatório antes e após uma competição de UTR;
- ζ Demonstrar a atividade dos monócitos antes e após uma competição de UTR.
- ζ Identificar os sintomas de infecções/inflamação do trato respiratório superior antes e após uma competição de UTR.
- ζ Mensurar o desempenho no salto vertical em contramovimento de atletas de UTR antes e após uma competição.
- ζ Comparar o desempenho no salto vertical em contramovimento entre UTR, Maratonistas e pessoas não atletas de corridas.
- ζ Avaliar o desempenho no salto vertical a partir da posição estática de atletas de UTR antes e após uma competição.
- ζ Comparar o desempenho no salto vertical a partir da posição estática entre UTR, Maratonistas e pessoas não atletas de corridas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e os benefícios estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados nas Resoluções 466/12 e 510/16 do CNS

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os pesquisadores propõe rastrear o perfil de sono e humor de ultramaratonistas de trilhas e montanhas bem como compará-las aos maratonistas e pessoas não atletas. Também é objetivo do presente projeto identificar as possíveis alterações que as competições de UTR podem gerar sobre os aspectos psicobiológicos, o sistema imunológico e a função muscular dos competidores. Para isso pretendem desenvolver uma pesquisa de natureza observacional, transversal e unicentrica a partir de uma amostra de conveniência. A equipe que participará da coleta de dados passará previamente por um treinamento de padronização de medidas

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



Continuação do Parecer: 7.585.028

antropométricas e de aplicação dos questionários. A equipe de trabalho de campo será constituída de pesquisadores do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa (UFV), do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e do Departamento de Psicobiologia da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) incluindo professores, alunos de graduação e profissionais Educação Física e Nutrição e alunos da pós-graduação. Para coleta dos dados, serão utilizados protocolos/instrumentos padronizados e validados pela literatura. Para tanto foi realizado o cálculo do tamanho da amostra a priori através do software G*Power (versão 3.1.7, Düsseldorf, Alemanha) considerando o valor de α de 0,05, poder estatístico de 0,80 e tamanho de efeito de 30% para análises de variância de medidas repetidas (MANOVA) considerando os perfis cronobiológicos, as variáveis de sono e humor bem-estar subjetivo e as variáveis de qualidade de sono, atividade dos monócitos e função muscular e ANOVA de medidas repetidas. Sendo assim, foi identificada a necessidade de inclusão de 118 sujeitos, no entanto, serão recrutados 150 indivíduos, contando com possíveis perdas amostrais de 30%. Os atletas de UTR serão convidados a participar da pesquisa por meio de divulgação no site oficial e nas mídias sociais da UFV, da UFLA e da UNIFESP, pela divulgação que a organização das competições no ato da inscrição, além de outros meios de comunicação. O estudo será conduzido de acordo com os preceitos descritos na declaração de Helsinque da Associação Médica

Mundial, e respeitará todos os princípios descritos nas Diretrizes Éticas Internacionais para a Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, Genebra. Após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFV (CEP/UFV), todos os participantes serão esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos do projeto e aos que concordarem, será solicitado que assinem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Para tanto serão realizadas:

4.2. Anamnese

4.3. Avaliação antropométrica

4.4. Avaliação da Composição Corporal por Bioimpedância Elétrica

4.5. Avaliação da Capacidade Aeróbia α ERGOESPIROMETRIA

4.6. Avaliação dos Parâmetros Qualitativos e

Quantitativos de Sono O questionário de Pittsburgh avalia a qualidade de sono em relação ao último mês; A

Escala de Sonolência de Epworth avalia subjetivamente os níveis de sonolência de um indivíduo; Para a

análise do perfil de cronotipo será utilizado o questionário de Horne e Ostberg; Para a actigrafia será utilizado

a acelerômetro por 10 dias

4.6.5. Avaliação do Consumo Alimentar

4.7. Avaliação do Perfil e Estados de

Humor, Afeto e Qualidade de Vida Escala de Humor de Brunel (BRUMS); Fontes e sintomas de estresse α

Daily Analysis of Life Demands in Athletes (DALDA); Escala de Prazer e Desprazer com o Exercício Físico;

Avaliação da Ansiedade Traço e Estado pelo IDATE; Escala de Experiências Subjetivas no

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



Continuação do Parecer: 7.585.028

Exercício ζ SEES; 4.8. Avaliação da Função Muscular ζ PLATAFORMA DE CONTATO 4.9. Monitoramento da carga de esforço 4.10. Avaliação da atividade do sistema imune 4.10.2. Balanço pró/antiinflamatório 4.10.3. Marcadores Metabólicos e Hormonais 4.10.4. Isolamento dos Monócitos 4.10.5. Função de Monócitos Incubados 4.10.6. Produção de Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂) 4.10.7. Fagocitose 4.10.8. Sintomas de Infecções/Inflamação do trato respiratório Superior ζ Wisconsin Upper Respiratory Symptom Survey (WURSS-21).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados nas Resoluções 466/12 e 510/16 do CNS

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Emenda aprovada nos termos expostos pelo pesquisador.

Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para o encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_2535803_E1.pdf	24/04/2025 17:23:36		Aceito
TCLE / Termos de	TCLE_UTR_modificado_emenda.pdf	24/04/2025	Ana Claudia	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



Continuação do Parecer: 7.585.028

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_UTR_modificado_emenda.pdf	17:18:59	Pelissari Kravchychyn	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_UTRASONO_dados_emenda.pdf	24/04/2025 17:17:10	Ana Claudia Pelissari Kravchychyn	Aceito
Outros	Emenda_Comite_de_etica_UFV_lamision.pdf	24/04/2025 17:15:34	Ana Claudia Pelissari Kravchychyn	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Carta_Resposta.pdf	14/07/2021 14:45:58	Helton de Sa Souza	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	23/06/2021 17:50:03	Helton de Sa Souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_UTR.pdf	03/06/2021 22:15:36	Helton de Sa Souza	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Dec_PES.pdf	03/06/2021 22:06:54	Helton de Sa Souza	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Dec_MB.pdf	03/06/2021 22:06:39	Helton de Sa Souza	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Dec_infra.pdf	03/06/2021 22:06:28	Helton de Sa Souza	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_ass.pdf	03/06/2021 21:53:36	Helton de Sa Souza	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 21 de Maio de 2025

Assinado por:
Guilherme de Azambuja Pussieldi
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br