

**FADIGA, CORPO E MENTE:
INTERFACES ENTRE SAÚDE, DESEMPENHO E EDUCAÇÃO**

Organizadores:
Thiago Teixeira Guimarães
Francisco Lima D'Urso

**FADIGA, CORPO E MENTE:
INTERFACES ENTRE SAÚDE, DESEMPENHO E EDUCAÇÃO**

**Organizadores:
Thiago Teixeira Guimarães
Francisco Lima D'Urso**

Rio de Janeiro, 2026

2026 by Os Autores
Copyright do Texto © 2026 by Os Autores
Copyright da Edição © 2026 by Os Autores
Revisão: Os Autores

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Dr. André Brand Bezerra Coutinho (Universidade Federal do Rio de Janeiro)
Dr. Carlos Alberto Figueiredo da Silva (Universidade Salgado de Oliveira)
Dr^a. Grace Barros de Sá (Universidade Salgado de Oliveira)
Dr. Rodrigo Terra Mattos Sanctos (Força Aérea Brasileira)
Dr. Silvio Rodrigues Marques Neto (Universidade do Estado do Rio de Janeiro)

Dados Catalográficos

Guimarães, Thiago Teixeira; D'Urso, Francisco Lima (orgs.).

Fadiga, corpo e mente: interfaces entre saúde, desempenho e educação / organização de Thiago Teixeira Guimarães e Francisco Lima D'Urso. Rio de Janeiro: Edição dos Autores, 2026.

86 p.

Inclui referências bibliográficas e índice remissivo.

ISBN: 978-65-02-13208-1

1. Fadiga. 2. Saúde. 3. Desempenho humano. 4. Educação física. 5. Burnout. 6. Neurociência. 7. Exercício físico. I. Guimarães, Thiago Teixeira. II. D'Urso, Francisco Lima. III. Título.

CDD 613.7

CDU 796:37

Elaboração conforme AACR2.

Apresentação

O presente livro, FADIGA, CORPO E MENTE: INTERFACES ENTRE SAÚDE, DESEMPENHO E EDUCAÇÃO, nasce da integração entre ensino, pesquisa e extensão universitária. Trata-se de uma coletânea que reúne diferentes produções com o mesmo propósito: fortalecer a formação docente e ampliar o olhar sobre os múltiplos atravessamentos entre corpo, mente, saúde e prática educativa.

Os capítulos aqui expostos traduzem a vivência concreta de mestrandos em ciências da atividade física, disciplina estágio em docência superior, com graduandos em educação física, cursistas da disciplina trabalho de conclusão de curso. Cada texto representa não apenas uma revisão de literatura, mas um exercício de autoria crítica, em que a teoria dialoga com a prática e a sala de aula se torna espaço de investigação, escuta e transformação.

Em um contexto de crescente complexidade nas relações entre educação e saúde, esta obra se propõe a inspirar docentes conscientes. Os temas abordados revelam a amplitude e os desafios contemporâneos enfrentados em projetos de conclusão de curso.

A organização deste volume reflete o compromisso com uma formação que transcende a técnica e alcança a dimensão ética da educação. Que este material sirva como estímulo à reflexão e ao aprimoramento contínuo dos profissionais e estudantes que dedicam suas vidas ao ensino e à pesquisa.

Prof. Dr. Thiago Teixeira Guimarães

Sumário

Fadiga muscular e disfunção motora na doença de Parkinson: efeitos da neuromodulação e do treinamento de força sobre a marcha <i>Alexandre Lima Gonçalves, Thiago Teixeira Guimarães, José Eduardo Lattari Rayol Prati</i>	7
Por uma corporeidade sustentável: burnout docente e os desafios das práticas inclusivas na educação infantil <i>Chayanne Oliveira, Thiago Teixeira Guimarães, Martha Copolillo</i>	13
Privação de sono, recuperação muscular e sinais da síndrome de burnout <i>Eduardo Cesar Rodrigues Pereira, Thiago Teixeira Guimarães, Francisco Lima D'Urso André Brand Bezerra Coutinho</i>	24
Redução da fadigabilidade e a possível associação à atividade física <i>Emanuel Davi Farias Ribeiro, Thiago Teixeira Guimarães, Adalgiza Mafrá Moreno</i>	36
O uso de metodologias inovadoras na educação física escolar <i>Glória Lontra Baptista, Thiago Teixeira Guimarães, Carlos Alberto Figueiredo da Silva</i>	43
Monitoramento da fadiga em protocolos M-HIIRT <i>Matheus Garcia de A. Ferreira, Thiago Teixeira Guimarães, Wallace Monteiro</i>	53
Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica sobre os mecanismos de fadiga neuromuscular e o desempenho físico <i>Mel França Pereira, Thiago Teixeira Guimarães, Claudio Melibeú Bentes</i>	60
O efeito do alongamento dinâmico na potência e fadiga aguda <i>Renata Pereira do Amaral, Thiago Teixeira Guimarães, Claudio Melibeú Bentes</i>	67
Associação de lesões na grama sintética com a fadiga <i>Samuel Moreno Alves, Thiago Teixeira Guimarães, José Eduardo Lattari Royal Prati</i>	77
Índice Remissivo	84

FADIGA MUSCULAR E DISFUNÇÃO MOTORA NA DOENÇA DE PARKINSON: EFEITOS DA NEUROMODULAÇÃO E DO TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE A MARCHA

Alexandre Lima Gonçalves
Thiago Teixeira Guimarães
José Eduardo Lattari Rayol Prati

RESUMO

O assunto fadiga muscular e disfunção motora na Doença de Parkinson se destaca na literatura por representar um dos principais desafios clínicos na manutenção da funcionalidade e da qualidade de vida dos pacientes. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os efeitos da neuromodulação e do treinamento de força no manejo da fadiga muscular e na melhora da marcha em indivíduos com Parkinson. Para tal, três subtemas foram explorados: Doença de Parkinson, Tipos de Tratamento e Doença de Parkinson e Fadiga Muscular. Com base na revisão da literatura, foi possível observar que a Doença de Parkinson (DP) apresenta uma complexa interação entre sintomas motores e não motores, sendo a fadiga crônica um dos fatores mais limitantes para a funcionalidade e qualidade de vida dos pacientes. Diante desse cenário, torna-se essencial compreender as formas de tratamento disponíveis, especialmente aquelas que vão além da abordagem medicamentosa. A associação entre a neuromodulação, por meio da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), e o Treinamento de Força, constitui uma abordagem promissora para o manejo da fadiga muscular e das disfunções motoras em pacientes com DP. Intervenções desse tipo não apenas promovem ganhos significativos na força muscular, na estabilidade postural e na marcha, mas também contribuem para a melhoria da independência funcional e da qualidade de vida desses indivíduos. A personalização dos protocolos, considerando características individuais como grau de comprometimento motor, capacidade funcional e tolerância ao exercício, potencializa os resultados, favorece a adesão ao tratamento e permite a manutenção dos efeitos a longo prazo. Os achados indicam que a incorporação de abordagens não farmacológicas aos programas de reabilitação pode ampliar a efetividade terapêutica, preservar a autonomia dos pacientes e promover avanços significativos na qualidade de vida de pessoas com Parkinson.

PALAVRAS-CHAVE: Neuromodulação, Treinamento Resistido, Fadiga Crônica, Marcha Funcional, Reabilitação Multidisciplinar.

INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) é uma condição neurodegenerativa progressiva e multifatorial que afeta diretamente o controle motor, sendo caracterizada pela degeneração de neurônios dopaminérgicos na substância negra do cérebro (Kalia & Lang, 2015). Estima-se que mais de 10 milhões de pessoas vivam com DP no mundo, o que reforça sua relevância como problema de saúde pública (Poewe et al., 2017). Segundo Cabreira e Massano (2019), os sintomas motores clássicos incluem tremores, rigidez muscular, bradicinesia e instabilidade postural, enquanto os sintomas não motores envolvem alterações cognitivas, distúrbios do sono, depressão, ansiedade e fadiga — esta última considerada por muitos pacientes como mais incapacitante que os próprios sintomas motores.

De acordo com Ye et al. (2023), os distúrbios da marcha são especialmente incapacitantes, comprometendo a independência e a segurança dos indivíduos com DP. A fadiga muscular e a disfunção motora impactam diretamente esse padrão de marcha, tornando essencial a busca por estratégias terapêuticas eficazes. Nesse contexto, intervenções como a neuromodulação — especialmente a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) — e o treinamento de força têm sido estudadas por seu potencial de melhorar a força muscular, o equilíbrio e o desempenho funcional. Amaral et al. (2025) destacam que protocolos progressivos de treinamento resistido promovem ganhos significativos na funcionalidade, enquanto Osborne et al. (2023) apontam que a neuromodulação, quando integrada à reabilitação, pode otimizar os resultados clínicos.

Discussões que permitam um melhor entendimento nessa área, portanto, são necessárias. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi revisar a literatura sobre os efeitos da neuromodulação e do treinamento de força no manejo da fadiga muscular e na melhora da marcha em pacientes com Doença de Parkinson. Espera-se que o conhecimento compreendido possa ajudar a construir argumentos e nortear ações capazes de promover serviços profissionais conscientes para a sociedade.

DISCUSSÃO

O tema Fadiga Muscular e Disfunção Motora na Doença de Parkinson: Efeitos da Neuromodulação e do Treinamento de Força sobre a Marcha apresenta inúmeras vertentes, características específicas e possibilidades de imersão. É possível debater, por exemplo, sobre subtemas como fadiga muscular, disfunção motora, marcha, neuromodulação, treinamento de força, qualidade de vida, cognição, equilíbrio postural, mobilidade funcional e desempenho físico. Destacaremos, a seguir, três desses subtemas: Doença de Parkinson, Tipos de Tratamento e Doença de Parkinson e Fadiga, os quais serão explorados com base em definições conceituais, estudos recentes e possíveis aplicações na prática.

Doença de Parkinson

A DP é uma condição neurodegenerativa crônica e progressiva que afeta áreas específicas do cérebro, especialmente a substância negra, levando à perda de neurônios dopaminérgicos e à redução da dopamina, neurotransmissor essencial para o controle motor (Rangel et al., 2024). Clinicamente, é caracterizada por tremores em repouso, rigidez muscular, lentidão dos movimentos voluntários (bradicinesia) e dificuldade de manter o equilíbrio. A etiologia da DP é multifatorial, envolvendo fatores

genéticos, ambientais e envelhecimento (Kalia; Lang, 2015). Os sintomas não motores, como distúrbios do sono, fadiga, depressão e alterações cognitivas, também são comuns e impactam significativamente a qualidade de vida dos pacientes (Bloem; Okun; Klein, 2021). A prevalência da DP aumenta com a idade, sendo mais comum após os 60 anos, o que a torna um desafio crescente para os sistemas de saúde (Tysnes; Storstein, 2017).

Estudo de Armstrong e Okun (2020), publicado na *JAMA*, destaca que o diagnóstico da DP é predominantemente clínico, baseado na observação dos sinais motores, sendo complementado por exames de neuroimagem e biomarcadores. Já Balestrino e Schapira (2019), no *European Journal of Neurology*, discutem os avanços na compreensão da fisiopatologia da doença, incluindo o papel da agregação de alfa-sinucleína e da neuroinflamação como fatores contribuintes para a progressão da DP. Bloem, Okun e Klein (2021), em artigo na *The Lancet*, reforçam a importância de diagnósticos precoces e abordagens terapêuticas integradas, destacando a DP como a segunda doença neurodegenerativa mais comum no mundo, com impacto funcional e social significativo.

Na prática clínica, o conhecimento aprofundado sobre a Doença de Parkinson permite uma abordagem mais eficaz e personalizada. A atuação de equipes multidisciplinares, incluindo médicos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais e psicólogos, é essencial para o manejo dos sintomas motores e não motores. Estratégias como exercícios físicos, reabilitação motora, estimulação cognitiva e suporte emocional têm demonstrado benefícios na funcionalidade e na qualidade de vida dos pacientes (Rangel et al., 2024). Além disso, o acompanhamento contínuo e a adaptação dos tratamentos às fases da doença são fundamentais para garantir maior autonomia e segurança ao indivíduo com DP.

Tipos de Tratamento

A DP demanda abordagens terapêuticas que vão além do tratamento medicamentoso, especialmente em estágios avançados ou em pacientes com sintomas refratários (Poewe et al., 2017). Entre as estratégias não farmacológicas, destacam-se a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) e o Treinamento de Força, ambas com evidências crescentes de eficácia na melhora da função motora e da qualidade de vida dos pacientes (Duan & Zhang, 2024; Chung et al., 2016). A ETCC é uma técnica de neuromodulação não invasiva que utiliza correntes elétricas de baixa intensidade para modular a excitabilidade cortical, enquanto o treinamento de força visa melhorar a capacidade muscular, equilíbrio e desempenho funcional, sendo adaptável às limitações dos pacientes com DP (Paula et al., 2022; Silva et al., 2021; Gutierrez et al., 2024).

Estudo de Paula et al. (2022) demonstrou que a ETCC pode ser uma ferramenta eficaz na reabilitação neuromotora de pacientes com DP, contribuindo para a melhora da marcha, do equilíbrio e da coordenação motora. Os autores destacam que, embora os protocolos variem, há consenso sobre os benefícios da estimulação anódica em áreas motoras do cérebro. Gutierrez et al. (2024) reforçam essa perspectiva ao investigar a aplicação da ETCC em diferentes áreas-alvo combinada com exercício físico, observando efeitos positivos no controle postural e na mobilidade funcional. Já Silva et al. (2021), em revisão sistemática, identificaram que o treinamento de força impacta diretamente na força muscular, na redução da bradicinesia e na melhora de sintomas não motores como ansiedade e depressão.

Na prática clínica, a ETCC pode ser aplicada em sessões de aproximadamente 20 minutos, com intensidade de até 2 mA, geralmente associada a exercícios físicos supervisionados. O treinamento de força, por sua vez, pode ser realizado com cargas progressivas e exercícios adaptados para membros superiores, inferiores e região abdominal, respeitando a capacidade funcional do paciente. A integração dessas duas abordagens tem se mostrado promissora na reabilitação de indivíduos com DP, promovendo ganhos significativos na marcha, equilíbrio, força muscular e autonomia funcional. Protocolos personalizados e acompanhamento multidisciplinar são essenciais para otimizar os resultados e garantir a segurança dos pacientes (Silva et al., 2021; Gutierrez et al., 2024).

Doença de Parkinson e Fadiga Muscular

A fadiga é um dos sintomas não motores mais prevalentes e debilitantes na DP, afetando entre 33% e 58% dos pacientes, segundo estudos epidemiológicos (Friedman et al., 2020). Diferente do cansaço físico comum, a fadiga na DP é descrita como uma sensação persistente de exaustão física e mental, que não melhora com repouso e interfere significativamente na funcionalidade diária, na motivação e na adesão ao tratamento (Zhou et al., 2023). Sua etiologia é multifatorial, envolvendo alterações neuroquímicas nos sistemas dopaminérgico, serotoninérgico e noradrenérgico, além de estar associada a distúrbios do sono, depressão, apatia e inflamação neurocentral (Klinger et al., 2021). Estudos recentes associam a fadiga à perda de neurônios dopaminérgicos, aumento do estresse oxidativo, alterações metabólicas celulares, reforçando o papel da bioenergética celular na fisiopatologia da DP (Chemla et al., 2025).

Clinicamente, a fadiga pode ser classificada em dois tipos principais: fadiga aguda, transitória e relacionada a esforço físico ou mental, geralmente aliviada com repouso; e fadiga crônica, persistente por semanas ou meses, que não melhora com descanso e está mais fortemente associada à DP. Essa distinção é fundamental para orientar o manejo clínico, pois a fadiga crônica demanda uma abordagem terapêutica mais ampla e multidisciplinar (Friedman et al., 2020; Kluger et al., 2016). A avaliação deve ser feita com escalas específicas, como a *Fatigue Severity Scale* (FSS) e a *Parkinson Fatigue Scale* (PFS-16), que permitem mensurar o impacto funcional do sintoma, sendo considerada uma ferramenta eficaz para mensurar a fadiga relacionada à doença (Elbers et al., 2012).

As estratégias terapêuticas incluem abordagens farmacológicas, como o uso de estimulantes do sistema nervoso central, em casos selecionados, e intervenções não farmacológicas, como exercícios físicos supervisionados, técnicas de relaxamento, terapia cognitivo-comportamental e neuromodulação (Elbers et al., 2015). Estudos indicam que o treinamento de força e atividades aeróbicas moderadas podem reduzir significativamente os níveis de fadiga, melhorar o humor e aumentar a disposição funcional dos pacientes com DP (Silva et al., 2021; Gutierrez et al., 2024). A Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) também tem sido explorada como ferramenta complementar, com potencial para modular circuitos corticais relacionados à percepção de esforço e energia (Paula et al., 2022). Além disso, há crescente interesse em tecnologias de monitoramento remoto, como dispositivos vestíveis, que permitem acompanhar sintomas motores e não motores em tempo real, contribuindo para ajustes terapêuticos mais precisos e individualizados (Cox et al., 2024).

CONCLUSÃO

Com base na revisão da literatura, foi possível observar que a DP apresenta uma complexa interação entre sintomas motores e não motores, sendo a fadiga — especialmente em sua forma crônica — um dos fatores mais limitantes para a funcionalidade e qualidade de vida dos pacientes. A compreensão da fisiopatologia da fadiga, incluindo alterações neuroquímicas e disfunções mitocondriais, permite uma abordagem mais precisa e personalizada no manejo clínico. A distinção entre fadiga aguda e crônica é essencial para orientar estratégias terapêuticas eficazes e individualizadas.

A associação entre a neuromodulação, por meio da ETCC, e o treinamento de força estruturado constitui uma abordagem promissora para o manejo da fadiga muscular e das disfunções motoras em pacientes com DP. Intervenções desse tipo não apenas promovem ganhos significativos na força muscular, na estabilidade postural e na marcha, mas também contribuem para a melhoria da independência funcional e da qualidade de vida desses indivíduos. A personalização dos protocolos, considerando características individuais como grau de comprometimento motor, capacidade funcional e tolerância ao exercício, potencializa os resultados, favorece a adesão ao tratamento e permite a manutenção dos efeitos a longo prazo.

Esses achados reforçam a importância de integrar abordagens não farmacológicas aos programas de reabilitação, alinhando-se às diretrizes de cuidado multidisciplinar. Para profissionais da saúde, conselhos e autoridades, torna-se evidente a necessidade de ampliar o acesso a terapias complementares baseadas em evidências, promovendo intervenções mais eficazes, seguras e centradas no paciente. Dessa forma, é possível minimizar os impactos da fadiga, preservar a autonomia e melhorar de forma significativa a qualidade de vida das pessoas com Parkinson.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M. C. et al. Efeitos do treinamento de força em pacientes com Parkinson. *Revista Neurofuncional*, 2025.
- ARMSTRONG, M. J.; OKUN, M. S. Diagnosis and treatment of Parkinson disease: A review. *JAMA*, 2020.
- BLOEM, B. R.; OKUN, M. S.; KLEIN, C. Parkinson's disease. *The Lancet*, v. 397, n. 10291, p. 2284–2303, 2021.
- BALESTRINO, R.; SCHAPIRA, A. H. V. Parkinson disease. *European Journal of Neurology*, 2019.
- CABREIRA, V.; MASSANO, J. Epidemiologia da Doença de Parkinson. *Neurologia Portugal*, 2019.
- CHEMLA, M. et al. A novel Miro1 mutation in Parkinson's disease affects mitochondrial dynamics and calcium homeostasis. *NPJ Parkinson's Disease*, v. 11, p. 1–12, 2025.
- CHUNG, C. L. H.; THIAGARAJAH, J. J.; PEASE, W. S. Effectiveness of resistance training on muscle strength and physical function in people with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, v. 30, n. 1, p. 11–23, 2016.
- COX, J. et al. Wearable technologies in Parkinson's disease management. *Journal of Digital Health*, 2024.
- DUAN, Z.; ZHANG, C. Transcranial direct current stimulation for Parkinson's disease: systematic review and meta-analysis of motor and cognitive effects. *npj Parkinson's Disease*, v. 10, art. 214, 2024.
- ELBERS, R. G. et al. Validation of the Parkinson Fatigue Scale in Dutch patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, v. 18, n. 5, p. 532–536, 2012.
- ELBERS, R. G.; et al. Interventions for fatigue in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, no. 10, CD010925, 2015.
- FRIEDMAN, J. H. et al. Fatigue in Parkinson's disease: Report from a multidisciplinary symposium. *NPJ Parkinson's Disease*, v. 6, n. 1, p. 1–9, 2020.
- GUTIERREZ, M. et al. Effects of strength training on motor and non-motor symptoms in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Journal of Neurorehabilitation*, v. 38, n. 2, p. 145–153, 2024.

KALIA, L. V.; LANG, A. E. Parkinson's disease. *The Lancet*, v. 386, n. 9996, p. 896–912, 2015.

KLINGER, H. et al. Fatigue in Parkinson's disease: Pathophysiology and clinical implications. *Movement Disorders*, v. 36, n. 4, p. 629–638, 2021.

KLUGER, B. M. et al. Parkinson's disease-related fatigue: A review. *Movement Disorders*, v. 31, n. 5, p. 629–638, 2016.

OSBORNE, J. et al. Neuromodulation in Parkinson's disease rehabilitation. *Neuroscience & Rehabilitation*, 2023.

PAULA, F. C. et al. Effects of transcranial direct current stimulation combined with physical exercise in Parkinson's disease: A randomized clinical trial. *Neuroscience Letters*, v. 765, p. 136267, 2022.

POEWE, W. et al. Parkinson disease. *Nature Reviews Disease Primers*, v. 3, n. 1, p. 1–21, 2017.

RANGEL, R. et al. Abordagens terapêuticas na Doença de Parkinson. *Revista Brasileira de Neurologia*, 2024.

SILVA, R. M. et al. Strength training in Parkinson's disease: A systematic review. *Clinical Interventions in Aging*, v. 16, p. 123–134, 2021.

TYSNES, O. B.; STORSTEIN, A. Epidemiology of Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 2017.

YE, L. et al. Non-motor symptoms in Parkinson's disease. *Journal of Neurological Sciences*, 2023.

ZHOU, X.; LIU, H.; et al. Characteristics of fatigue in Parkinson's disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, v. 15, art. 1133705, 2023. DOI: 10.3389/fnagi.2023.1133705

POR UMA CORPOREIDADE SUSTENTÁVEL: *BURNOUT* DOCENTE E OS DESAFIOS DAS PRÁTICAS INCLUSIVAS NA EDUCAÇÃO INFANTIL

Chayanne Oliveira
Thiago Teixeira Guimarães
Martha Copolillo

RESUMO

O assunto do *burnout* docente na educação infantil se destaca na literatura por revelar-se como a expressão de uma corporeidade esgotada pela precarização estrutural do trabalho, transcendendo a esfera individual. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre as múltiplas dimensões dessa síndrome e seus impactos na qualidade educacional. Para tal, três subtemas foram explorados: a intensificação do trabalho, a fragilização da autonomia com formação continuada insuficiente, e os efeitos da saúde integral do educador nas interações com as crianças. A revisão demonstrou que o *burnout* é a materialidade de uma corporeidade pedagogicamente esgotada. A intensificação do trabalho esgota as reservas físicas e emocionais do educador, esvaziando o tempo para o essencial. Esse esgotamento é agravado pela fragilização da autonomia e por formações desconectadas da prática, que, ao imporem lógicas prescritivas, geram um sofrimento físico, emocional e ético. Por fim, evidenciou-se que essa dinâmica culmina na negação da saúde integral, onde mente e corpo adoecidos comprometem irremediavelmente a qualidade das interações adulto-criança, alicerce de todo o desenvolvimento posterior. A corporeidade, portanto, revela-se como o fio condutor que entrelaça a precarização do trabalho, o adoecimento profissional e a qualidade do ensino.

PALAVRAS-CHAVE: Professor, Adoecimento, Inclusão, Saúde, Trabalho.

INTRODUÇÃO

A Síndrome de *Burnout*, reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um fenômeno ocupacional, caracteriza-se por um estado de esgotamento físico, emocional e mental profundamente vinculado ao contexto laboral (OMS, 2019). Diferente de um simples estresse, o *burnout* é um processo crônico de desgaste, marcado pela sensação de exaustão e ineficácia profissional (Maslach; Jackson; Leiter, 2018). Entre as categorias profissionais mais vulneráveis a essa síndrome, o magistério se destaca de forma alarmante (Tardif; Lessard, 2005; Maslach; Leiter, 2003; Etcheverry; Souza; Carlotto, 2021). A docência, intimamente pautada por uma relação intensa e constante de cuidado, demanda um investimento subjetivo, físico e mental (Hargreaves, 1994; Tardif; Lessard, 2005). É justamente essa doação total de si – essa corporeidade em ação – que, quando submetida a condições de trabalho precarizadas, sobrecarga extrema e falta de reconhecimento e valorização, se transforma no terreno fértil para o adoecimento (Oliveira, 2010; Maslach; Leiter, 2003). O professor, cujo instrumento primordial de trabalho é o seu corpo na integralidade, vê-se enfraquecido daquilo que fundamenta sua prática (Penna; Santos, 2018).

A gravidade desse fenômeno no Brasil não é meramente perceptiva, mas encontra respaldo em dados concretos. Dados divulgados pela mídia em 2023, com base em levantamento da *International Stress Management Association* (ISMA-BR), indicaram que aproximadamente 72% dos trabalhadores brasileiros relatam níveis de estresse crônico, sendo a categoria docente uma das mais atingidas (IstoÉ Dinheiro, 2023). Ao adentrarmos a realidade do estado do Rio de Janeiro, os números revelam uma situação ainda mais crítica. Um estudo pioneiro conduzido por Magalhães et al. (2022) apontou que o Rio de Janeiro possui uma das maiores prevalências de sintomas de *burnout* entre docentes do país, com índices que superam a média nacional. Esta pesquisa, que avaliou profissionais da rede estadual, atribuiu esse cenário a fatores como a violência estrutural no ambiente escolar, a falta de suporte psicossocial e a pressão por resultados em um contexto de recursos escassos.

Se a situação no Estado é preocupante, a análise no âmbito Municipal exige um olhar ainda mais apurado. No caso de Niterói, embora haja uma carência de estudos epidemiológicos específicos sobre *burnout* docente no Município, os dados indiretos são elucidativos. O Censo Escolar da Educação Básica (Brasil, 2023) revela as condições estruturais que impactam o trabalho docente: turmas com altas densidades de alunos por professor, especialmente na educação infantil, e uma demanda crescente por inclusão que, embora legítima e necessária, não é acompanhada na mesma medida por suporte material e formação continuada adequada.

É na Educação Infantil que essa equação atinge seu ponto mais sensível. O professor desta etapa não lida apenas com habilidades e competências a serem desenvolvidas, mas com a gestão constante de corpos, afetos, necessidades básicas e subjetividades em formação. A implementação do princípio da inclusão, neste cenário, amplia exponencialmente a complexidade da tarefa, exigindo uma disponibilidade corpórea e emocional quase ilimitada. Como sustentar uma prática inclusiva verdadeiramente acolhedora e humanizada quando o próprio educador se encontra em um estado de esgotamento que compromete sua capacidade de estar presente, física e psiquicamente, para si mesmo e para os outros?

Esse estado de esgotamento não pode ser compreendido como falha individual, mas como a expressão concreta de um contexto socioeducacional marcado

pela sobrecarga sistemática. A instituição escolar, em especial a de Educação Infantil, tornou-se o lócus de absorção de crescentes demandas sociais que extrapolam sua função pedagógica original, sem que haja um investimento proporcional em sua estrutura. Nesse cenário, a análise de Mancebo e Vale (2015) é iluminadora, ainda que seu foco seja o ensino superior. Os autores argumentam que a precarização do trabalho docente deve ser compreendida como um projeto político, materializado na remuneração defasada, na terceirização de funções e na fragilização dos vínculos empregatícios. Essa desvalorização econômica anda de mãos dadas com uma explosão de exigências. Exige-se do professor uma formação continuada para lidar com realidades cada vez mais complexas, sem, no entanto, garantir o tempo remunerado e a estrutura necessária para essa capacitação. O resultado é um profissional assoberbado, pressionado a se qualificar de forma quase autodidata, enquanto sua energia é drenada por burocracias administrativas exageradas que usurpam o tempo destinado ao essencial: o planejamento reflexivo e o cuidado consigo mesmo.

A consequência direta dessa organização do trabalho é o cerceamento da possibilidade de uma corporeidade sustentável. Se, como discute Faleiros e Faleiros (2023) a partir da psicodinâmica do trabalho, a saúde mental depende da capacidade de os trabalhadores elaborarem coletivamente os sofrimentos inerentes à atividade, o que se observa nas escolas é justamente o oposto: a falta de espaços de fala e a escassez do tempo de planejamento. Sem momentos protegidos para a troca entre pares e a elaboração das práticas, o sofrimento vira patologia silenciosa. O corpo do professor, já exaurido pela falta de estrutura física e pedagógica adequada – salas superlotadas, falta de materiais, insalubridade acústica –, é convocado a performar uma resistência heroica e insustentável. Sua corporeidade, que deveria ser o instrumento de conexão e ensino, transforma-se em território de tensão permanente, onde a fadiga crônica se instala como um sinal de alarme ignorado.

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo central analisar, por meio de metodologia pautada numa revisão de literatura crítica, com dados no contexto da abordagem qualitativa de pesquisa, como a síndrome de *burnout* entre docentes da educação infantil constitui um obstáculo fundamental à consecução de uma educação inclusiva e de qualidade. Partindo do princípio de que a qualidade do ambiente educacional é um reflexo direto do bem-estar de quem o constitui, nossa revisão buscará evidenciar que o esgotamento profissional não é uma questão individual, mas um sintoma de uma estrutura que compromete a relação pedagógica em sua base. Para além do diagnóstico, nosso intuito é agregar vozes teóricas que apontem caminhos para uma pedagogia da corporeidade sustentável, discutindo elementos fundamentais para uma virada de chave.

Serão abordadas, nas seções subsequentes, propostas concretas que passam necessariamente pela valorização salarial, pela garantia de tempo remunerado para planejamento coletivo, pela formação continuada que inclua o cuidado com a saúde mental do educador, e pela reestruturação das condições materiais de trabalho. Ao final, espera-se que este trabalho contribua para esclarecer a urgência de se construir ecossistemas educacionais saudáveis, nos quais a inclusão não seja um fardo solitário do professor, mas um projeto coletivo e sustentado, onde todos – educadores e educandos – possam florescer.

DISCUSSÃO

Para compreender a complexidade do *burnout* docente na educação infantil – e, conseqüentemente, embasar as propostas de uma corporeidade sustentável anunciadas anteriormente –, é fundamental desdobrar suas múltiplas vertentes. O tema apresenta características específicas e diversas possibilidades de imersão analítica. É possível debater, por exemplo, sobre subtemas como a despersonalização como mecanismo de defesa, a exaustão emocional, a percepção de ineficácia profissional, a intensificação do trabalho, a precarização das condições materiais, a violência simbólica no ambiente escolar, a falta de autonomia pedagógica, a saúde física do educador e os impactos na qualidade das interações adulto-criança. Destacaremos, a seguir, três desses eixos centrais, expondo definições conceituais, estudos recentes e suas íntimas conexões com a prática educativa.

A Intensificação do Trabalho Docente

O conceito de intensificação do trabalho docente transcende a ideia de uma simples jornada longa, configurando-se como um processo de compressão e aceleração de tarefas diversas e complexas no cotidiano do educador. Conforme definido por Apple (1988), a intensificação ocorre quando há um aumento da carga quantitativa de trabalho paralelamente à diminuição do tempo para planejamento, reflexão e interação colaborativa. No contexto específico da Educação Infantil brasileira, Cavaliere (2007) demonstra como esse fenômeno assume contornos peculiares, caracterizando-se pela justaposição de demandas pedagógicas, burocráticas e de cuidado físico e emocional das crianças em um mesmo fluxo de tempo, sem pausas para recuperação. Essa saturação da jornada profissional resulta num ínfimo tempo necessário para o autocuidado e a elaboração intelectual, elementos fundamentais para uma prática docente criativa e responsiva. Dessa forma, a intensificação atua como um mecanismo central de desgaste da corporeidade do professor, esgotando suas reservas físicas e emocionais e criando as condições ideais para o estabelecimento da síndrome de *burnout*.

Um estudo realizado por Oliveira, Sá e Ferreira (2018) com professores da educação básica de um estado do Nordeste brasileiro investigou os impactos da intensificação do trabalho na saúde docente. A pesquisa identificou que a dupla jornada – dentro e fora da sala de aula – associada à necessidade de cumprir extensas demandas burocráticas, gerava um sentimento de sobrecarga constante e invasão do espaço doméstico. A identificação desse fenômeno em uma realidade regional específica corrobora a ideia de que a intensificação é um problema estrutural e nacional. O estudo conclui que a falta de delimitação clara entre tempo de trabalho e tempo de descanso é um fator crítico para a exaustão, impedindo a recuperação da energia física e mental necessária para o exercício docente com qualidade. Essa pesquisa evidencia como a intensificação extrapola os muros da escola, afetando a saúde global do educador.

Na mesma direção, a pesquisa de Melo e Gomes (2023), realizada especificamente com docentes da educação infantil, investigou a íntima relação entre as condições de trabalho e a saúde mental. As autoras identificaram que fatores como a superlotação das turmas e a inadequação dos espaços físicos atuam como catalisadores da intensificação do trabalho, sobrecarregando a atuação docente com demandas simultâneas de cuidado, gestão e ensino. Esse contexto exige uma disponibilidade corpórea permanente, gerando um desgaste que impacta diretamente

a saúde física e mental dos professores. O estudo demonstra que a precarização das condições materiais é um elemento central na gênese do sofrimento psíquico e do esgotamento profissional, reforçando que a intensificação é uma questão estrutural, e não uma falha na gestão individual do tempo ou do trabalho.

Essa dinâmica, ao forçar o professor a uma postura mais controladora e reativa, corrobora a ideia de que a intensificação está diretamente ligada às condições materiais de trabalho, e não a uma suposta ineficiência individual. Adicionalmente, pesquisa conduzida por Santos e Ferreira (2022) focou na percepção de educadores infantis sobre a pressão por documentação pedagógica. Os resultados apontaram que a exigência de produzir portfólios, relatórios minuciosos e registros fotográficos diários, sem a devida contrapartida de tempo remunerado para tal, é uma das faces mais estressantes da intensificação. Os docentes relataram sentir que a qualidade da interação com as crianças é sacrificada em prol da produção de evidências para atender a demandas administrativas. Esse estudo ilustra o paradoxo vivido pelo professor: a cobrança por uma prática supostamente mais qualificada (via documentação) acaba por prejudicar a qualidade real do trabalho em sala de aula, aprofundando o sentimento de ineficiência e frustração.

Para enfrentar a intensificação do trabalho e mitigar seus efeitos sobre a saúde docente, são necessárias intervenções em diferentes níveis. Em uma perspectiva institucional, é fundamental a luta pela garantia de tempo remunerado e institucionalizado para planejamento e formação coletiva. A ausência desse tempo, criticada por Mancebo e Vale (2015) como uma das faces da precarização no ensino superior, assume contornos ainda mais críticos na Educação Infantil, dada a natureza intensiva do trabalho corporal e emocional exigido.

No âmbito da gestão escolar, é possível promover a revisão dos processos burocráticos, simplificando formulários e centralizando demandas, para liberar o professor de tarefas excessivas que não impactam diretamente o processo de ensino-aprendizagem. Na esfera da ação coletiva, a criação de grupos de apoio entre pares ou rodas de conversa supervisionadas por psicólogos, seguindo os princípios da psicodinâmica do trabalho de Faleiros e Faleiros (2023), pode fornecer um espaço protegido para a elaboração coletiva das dificuldades, transformando o sofrimento em estratégia de enfrentamento. Tais medidas, articuladas, visam desacelerar o ritmo insustentável imposto ao professor, restaurando parte do tempo e do espaço mental necessários para o exercício de uma docência presença e saudável, base da tão almejada corporeidade sustentável.

A fragilização da Autonomia e a Formação Continuada insuficiente

O exercício da autonomia profissional constitui um pilar fundamental para a saúde do trabalho docente, representando a capacidade do educador de tomar decisões pedagógicas contextualizadas e guiadas por seu julgamento crítico (Contreras, 2002). Na Educação Infantil, essa autonomia se expressa na sensibilidade para ler os interesses do grupo, ajustar rotinas e criar ambientes de aprendizagem que respondam às necessidades singulares das crianças (Hargreaves, 1994). No entanto, o que se observa na prática é uma progressiva fragilização dessa autonomia, frequentemente substituída por currículos engessados, metas padronizadas e uma supervisão burocrática que desconsidera a expertise do professor (Tardif; Lessard, 2005). Esse esvaziamento da capacidade de agir, somado a um modelo de formação continuada predominantemente tecnicista e desconectada das reais urgências da sala de aula, gera um profundo sentimento de impotência e desvalorização (Nóvoa, 2009).

Quando o docente não se reconhece como autor de sua prática e se vê submetido a formações que não dialogam com seus desafios cotidianos, o caminho para a despersonalização – dimensão central do burnout – está aberto, minando o engajamento e o sentido do trabalho (Mancebo; Vale, 2015).

Uma pesquisa recente de Silva e Suconic (2024), ao investigar os fatores de (des)valorização do professor da educação infantil, identificou que a ausência de autonomia pedagógica e o não reconhecimento de sua expertise figuram como causas centrais do mal-estar docente. O estudo constatou que a desconsideração do julgamento profissional do educador, frequentemente substituído por protocolos rígidos e gestões verticalizadoras, gera um sentimento de impotência e desrespeito. Esta privação do poder de decisão sobre sua própria prática não só desvaloriza o professor, como o transforma em um mero executor de tarefas, esvaziando o sentido de sua missão. Os pesquisadores associam diretamente essa perda de agência ao aumento do cinismo e à sensação de ineficiência, componentes cruciais da síndrome de burnout, evidenciando como a desvalorização profissional é um combustível direto para o adoecimento.

No que tange à formação continuada, o estudo de Silva e Pereira (2024), ao analisar a distância entre "o prescrito e o real", revela um profundo abismo entre as necessidades sentidas pelos educadores infantis e os conteúdos efetivamente ofertados pelas redes de ensino. A pesquisa constatou que há uma predominância de formações centralizadas em aspectos normativos e burocráticos, que pouco contribuem para os desafios imediatos da sala de aula, como a mediação de conflitos, a inclusão de crianças com deficiência e o manejo das emoções – tanto das crianças quanto suas próprias. Os docentes relataram que se sentem tratados como meros receptáculos de informações, em um modelo "de cima para baixo" que ignora sua expertise prática. Essa lógica prescritiva, ao invalidar o saber docente, não apenas falha em instrumentalizá-los, como opera como um mecanismo de desvalorização profissional, aprofundando a frustração e o sentimento de incompetência que alimentam o esgotamento.

Complementarmente, uma investigação de Abreu e Melo (2023), ao refletirem sobre o mal-estar docente na educação infantil, identificaram que a sobrecarga de trabalho emocional e a pressão por cumprir um currículo padronizado geram um conflito profundo entre o desejo de oferecer um cuidado humanizado e as demandas institucionais. As pesquisadoras constataram que esse contexto leva a um esgotamento que é, ao mesmo tempo, físico, emocional e ético, pois as professoras se veem impedidas de atuar de acordo com os princípios de uma educação infantil sensível e acolhedora, nos quais acreditam. Este estudo demonstra que o mal-estar decorre justamente da frustração dessa intencionalidade pedagógica, configurando-se não apenas como um sofrimento individual, mas como o resultado de uma estrutura que ignora a singularidade do trabalho com crianças pequenas.

Reverter o cenário de fragilização profissional exige um compromisso ético e político com a reestruturação dos modelos de gestão e formação (Contreras, 2002; Tardif; Lessard, 2005). Em uma perspectiva institucional, é imperativo que os sistemas de ensino substituam a lógica do controle por uma cultura de confiança regulada, implementando currículos orientadores – e não prescritivos – que concedam aos professores a legitimidade para adaptar percursos e metodologias à singularidade de seu contexto (Nóvoa, 1992; Hargreaves, 1994). Paralelamente, a formação continuada precisa ser ressignificada, evoluindo de um modelo tecnicista e vertical para a constituição de comunidades de prática, onde os saberes experienciais dos educadores dialoguem com os conhecimentos teóricos em processos formativos

colaborativos, focados em problemas reais como a gestão de conflitos e a saúde mental (Imbernón, 2010; Wenger, 1998). A consolidação de cargos horários remunerados para planejamento coletivo é outra medida crucial, pois institucionaliza um tempo protegido para a troca de experiências, a coanálise de desafios e a construção coletiva de soluções, fomentando a corresponsabilidade (Oliveira, 2010; Tardif; Lessard, 2005). Ao fomentar tais ecossistemas de apoio mútuo e desenvolvimento profissional contínuo, conforme os princípios da psicodinâmica do trabalho (Faleiros; Faleiros, 2023), não se fortalece apenas a autonomia individual, mas tece uma rede de sustentação coletiva que protege o docente do isolamento e do esgotamento, materializando, assim, o conceito de uma corporeidade sustentável partilhada e politicamente empoderada.

A Corporeidade Esgotada: Saúde Integral do Educador e o Futuro da Qualidade Educacional

O *burnout* docente consolida-se como a negação radical da corporeidade como um ser integral, fragmentando o que é indissociável: mente e corpo (Merleau-Ponty, 1999; Penna; Santos, 2018). Longe de ser um fenômeno puramente psicológico, ele é a expressão somática de um contexto laboral insustentável, onde a exaustão mental e o desgaste físico se alimentam mutuamente em um ciclo vicioso (Dejours, 2004; Codo, 1999). Dores lombares crônicas, cefaleias tensionais e distúrbios do sono não são meros sintomas paralelos; são a materialidade do sofrimento psíquico, o cansaço da alma inscrito no corpo (Gasparini; Barreto; Assunção, 2006; Etcheverry et al., 2021). Na Educação Infantil, essa dinâmica assume uma gravidade singular, pois o instrumento de trabalho do professor é a sua própria presença corpórea integral – sua voz que canta e acalma, seus braços que acolhem, seu joelho que se dobra para entrar no universo simbólico da criança, seu olhar que valida e constitui subjetividades (Brasil, 2009; Barbosa; Horn, 2008). Quando essa corporeidade é sequestrada pela dor e pela fadiga, a qualidade da interação empobrece, o repertório lúdico se restringe e a capacidade de regulação emocional – tanto do adulto quanto da criança – fica comprometida (Campos-de-Carvalho et al., 2018). Dessa forma, a saúde do educador, em sua integralidade, não é uma questão individual, mas o pilar sobre o qual se ergue a possibilidade de uma educação infantil verdadeiramente formadora, capaz de impactar positivamente o futuro da aprendizagem e do desenvolvimento humano (Faleiros; Faleiros, 2023; Andrade et al., 2021).

Uma investigação de Carneiro e Souza (2020), ao estudar a saúde mental de professoras da educação infantil, elucidou como o sofrimento psíquico se traduz em limitações concretas na prática pedagógica. A pesquisa, de natureza qualitativa, identificou que a sobrecarga emocional e as condições desfavoráveis de trabalho levavam a um esgotamento que se manifestava corporeamente. As educadoras relataram dificuldades de concentração, irritabilidade e uma sensação de "não estar presente por inteiro" durante as atividades com as crianças. Este estado de exaustão mental prejudicava sua capacidade de planejar sequências didáticas criativas e de responder com sensibilidade e paciência às demandas do grupo. O estudo demonstra que o adoecimento mental, longe de ser uma questão privada, constitui-se em uma barreira relacional que compromete a qualidade das interações e o potencial educativo do ambiente.

Em uma investigação profundamente reveladora, Oliveira e Ferreira (2024) mergulharam na experiência de esgotamento expressa no lamento "Não aguento mais" de professoras da educação infantil. O estudo identificou que a

confluência de baixos salários, infraestrutura precária e turmas superlotadas gerava um sofrimento psíquico intenso que invadia a prática pedagógica. As docentes relatavam crises de choro às vésperas da jornada, irritabilidade com choros e birras infantis que antes eram acolhidos, e um profundo sentimento de incapacidade. Essa exaustão mental as impedia de acessar sua criatividade e espontaneidade, tornando as interações mecanicistas e empobrecidas. A pesquisa demonstra que o adoecimento mental, forjado nas condições de trabalho, sequestra a intencionalidade educativa e corrói a qualidade da presença do adulto, que é a alma do processo de ensino-aprendizagem na primeira infância.

Um estudo de Mion, Casarin e Krelling (2020) reforçou, por meio de uma autoavaliação vocal, a estreita relação entre as condições de trabalho e a saúde de professoras da educação infantil. O estudo, que avaliou 231 educadoras, constatou que aquelas que atuavam em ambientes com níveis de ruído mais elevados e em jornadas de trabalho mais longas apresentaram escores significativamente piores na avaliação de sua própria voz. As docentes relataram maior frequência de sintomas como cansaço ao falar, rouquidão e a necessidade de realizar esforço vocal para serem ouvidas. Essas dificuldades, conforme apontado pela pesquisa, interferem diretamente na capacidade de o professor modular a voz com expressividade durante atividades fundamentais, como a contação de histórias e as interações cantadas. Os achados evidenciam que a saúde vocal prejudicada, fruto de um ambiente laboral desfavorável, configura-se como uma limitação corpórea concreta que restringe a riqueza da comunicação e a qualidade do vínculo pedagógico.

Complementarmente, um estudo de Silva e Santos (2024) investigou as implicações da rotatividade de professores para o trabalho pedagógico na educação infantil. A pesquisa constatou que a instabilidade na composição do corpo docente, frequentemente agravada por afastamentos por motivos de saúde, fragmenta a continuidade do processo educativo e dificulta o estabelecimento de vínculos consistentes entre as crianças e os educadores. Os pesquisadores observaram que essa descontinuidade prejudicava a adaptação das crianças ao ambiente escolar, gerando ansiedade, insegurança e regressões no desenvolvimento, uma vez que a construção de relações de confiança e apego seguro era sistematicamente interrompida. Este trabalho evidencia que a rotatividade, consequência direta da saúde fragilizada dos professores, não é apenas uma questão administrativa, mas um fator de risco para o desenvolvimento socioemocional infantil, comprometendo a estabilidade e a qualidade do ambiente educacional como um todo.

Reverter o cenário de corporeidade esgotada exige uma transformação paradigmática que coloque o bem-estar integral do educador no centro do projeto político-pedagógico. É imperativo transcender as soluções fragmentadas e avançar na construção de ecossistemas educacionais sustentáveis, onde a saúde seja entendida como um valor indissociável da qualidade educativa. Na esfera institucional, isso se materializa com a revisão urgente dos índices de criança por professor e o investimento em infraestrutura física e acústica que poupe o corpo e acalme o sistema nervoso. A gestão escolar deve institucionalizar ritmos de trabalho que respeitem a fisiologia humana, com pausas regenerativas garantidas e a previsão de tempo remunerado para planejamento coletivo e autocuidado. Paralelamente, a formação continuada precisa ser ressignificada em comunidades de cuidado mútuo, incorporando de forma permanente oficinas de regulação emocional, consciência corporal e saúde vocal, para que o professor desenvolva ferramentas para gerenciar seu próprio desgaste.

A criação de espaços de escuta qualificada e supervisão pedagógica, baseados nos princípios da psicodinâmica do trabalho (Faleiros; Faleiros, 2023), é crucial para transformar o sofrimento silencioso em estratégias coletivas de enfrentamento. Cuidar da corporeidade do educador, portanto, é a condição primordial para que ele possa, por sua vez, constituir um ambiente onde as corporeidades infantis possam florescer com segurança e curiosidade. Esta não é uma medida assistencialista, mas o investimento mais estratégico para o futuro: garantir que a primeira e mais fundamental experiência educacional da criança seja mediada por um adulto são, presente e potente.

CONCLUSÃO

A revisão de literatura empreendida neste artigo deixa claro que o *burnout* docente na educação infantil não é um aglomerado de sintomas individuais, mas o retrato de uma corporeidade pedagogicamente esgotada pela estrutura que deveria sustentá-la. O estudo demonstrou que a intensificação do trabalho, com sua saturação de tarefas e usurpação do tempo para o essencial, esgota as reservas físicas e emocionais do educador. Esse esgotamento é agravado pela fragilização da autonomia e por formações continuadas insuficientes, que, ao ignorarem a expertise docente e imporem lógicas prescritivas, geram um sofrimento psicológico que corrói o sentido da profissão. Por fim, evidenciamos que essa dinâmica perversa culmina na negação da saúde integral, onde mente e corpo adoecidos comprometem irremediavelmente a qualidade das interações adulto-criança, que são o alicerce de todo o desenvolvimento pedagógico posterior. A corporeidade, portanto, revela-se como o fio condutor que entrelaça a precarização do trabalho, o adoecimento profissional e a qualidade do ensino.

Diante dessas evidências, o apelo que se impõe é ético e político. Aos gestores e formuladores de políticas, este trabalho é um alerta: a qualidade da educação infantil é diretamente proporcional à qualidade de vida de seus professores. É urgente traduzir o discurso da valorização em ações concretas: revisão das proporções criança-adulto, investimento em infraestrutura e condições de trabalho adequados, a progressiva valorização do magistério, garantia de tempo remunerado para planejamento coletivo e a criação de programas institucionais de saúde mental. Aos conselhos de educação e classe, cabe o papel de fiscalizar e advogar por essas mudanças, transformando diretrizes em realidades possíveis. Aos colegas professores, fica a mensagem de que o cuidado de si não é um ato egoísta, mas um ato de resistência pedagógica. Buscar apoio, compartilhar angústias e defender coletivamente condições dignas de trabalho é fundamental para a reconquista de uma prática docente prazerosa e significativa.

O impacto dessa transformação transcende os muros da escola. Uma educação infantil mediada por educadores curados, autônomos e com sua corporeidade sustentada, é o solo fértil para o florescimento de gerações mais seguras, criativas e emocionalmente saudáveis. Cuidar de quem cuida das nossas crianças é, em última instância, assumir um compromisso inegociável com o futuro da sociedade. A corporeidade sustentável do professor não é um ideal distante; é a condição de possibilidade para que a primeira infância, fase mais sensível e crucial da vida humana, seja verdadeiramente digna, acolhedora e potente para todos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Roberta Melo de Andrade; MELO, Estefani dos Reis. Reflexões sobre o mal-estar docente no campo da Educação Infantil. *Olhar de Professor*, Ponta Grossa, v. 26, e21242, 2023. Disponível em <https://doi.org/10.5212/OlharProfr.v.26.21242.060>. Acesso em: 04 out. 2025.
- APPLE, Michael W. *Trabalho docente e textos: economia política das classes e relações de gênero em educação*. Porto Alegre: Artmed, 1988.
- ANDRADE, Juliana de Melo et al. Condições de trabalho e saúde de professores da educação básica no Brasil. *Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde*, Belo Horizonte, v. 26, e5109, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.24220/2318-0870v26e2021a5109>. Acesso em: 04 out. 2025.
- BARBOSA, M. C.; HORN, M. G. *Interações na Educação Infantil: sentidos e práticas*. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Infantil*. Brasília: MEC, 2009.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). *Censo Escolar da Educação Básica 2022: Resumo Técnico*. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar>. Acesso em: 22 set. 2025.
- CAMPOS-DE-CARVALHO, M. I. et al. Interação professor-criança e desenvolvimento infantil. *Estudos de Psicologia*, v. 23, n. 3, p. 297–308, 2018.
- CARNEIRO, Bárbara de Oliveira; SOUZA, Kleyne Rocha. Trabalho docente e saúde mental na educação infantil: um estudo com professoras da rede municipal de Goiânia. *Revista Polyphonia*, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 265-285, jan./jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/rp.v31i1.66958>. Acesso em: 04 out. 2025.
- CAVALIERE, Ana Maria. Tempo de escola e qualidade na educação pública: para além da "questão docente". *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 28, n. 100, p. 1015-1035, out. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-73302007000300018>. Acesso em: 22 set. 2025.
- CONTRERAS, J. Autonomia de professores. São Paulo: Cortez, 2002.
- DEJOURS, C. *A banalização da injustiça social*. Rio de Janeiro: FGV, 2004.
- ETCHEVERRY, J. A.; SOUZA, L. M.; CARLOTTO, M. S. Burnout em professores: Uma revisão sistemática. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 37, e3752, 2021.
- FALEIROS, Vicente de Paula; FALEIROS, Eva Silveira. O sofrimento mental de professores da educação básica: uma análise à luz da psicodinâmica do trabalho. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 28, e235165, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-35392023-235165>. Acesso em: 22 set. 2025.
- GASPARINI, S. M.; BARRETO, S. M.; ASSUNÇÃO, A. A. O professor, as condições de trabalho e os efeitos sobre a saúde. *Educação e Pesquisa*, v. 32, n. 1, p. 65–80, 2006.
- HARGREAVES, Andy. *Changing Teachers, Changing Times: Teachers' Work and Culture in the Postmodern Age*. London: Cassell, 1994.
- IMBERNÓN, Francisco. *Formação continuada de professores*. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- MAGALHÃES, Andrea Seixas et al. Saúde mental e trabalho docente: um estudo sobre a síndrome de burnout na rede estadual do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 47, e15, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-6369000030318>. Acesso em: 22 set. 2025.
- MANCEBO, Deise; VALE, Janaina S. de; COSTA, Liana F. da. Trabalho docente: expansão do ensino superior e novas formas de organização e gestão. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 36, n. 132, p. 787-802, jul./set. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-40772020000200002>. Acesso em: 22 set. 2025.
- MASLACH, C.; JACKSON, S. E.; LEITER, M. P. *Maslach Burnout Inventory Manual*. 4. ed. Palo Alto: Mind Garden, 2018.
- MASLACH, C.; LEITER, M. P. Burnout and engagement in the workplace: A contextual analysis. In: COOPER, C. (Ed.). *The Blackwell Companion to Occupational Health Psychology*. Oxford: Blackwell Publishing, 2003.
- MELO, Savana Diniz Gomes; GOMES, Candido Alberto. Condições de trabalho e saúde docente na educação infantil. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, v. 53, e09625, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.1981-0490.cpst.2023.188254>. Acesso em: 22 set. 2025.
- MERLEAU-PONTY, M. *Fenomenologia da percepção*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- MION, Gabriela de; CASARIN, Helenice de Souza; KRELLING, Gislaine Ferro. Relação entre condições de trabalho e autoavaliação vocal de professores de educação infantil. *Audiology - Communication Research*, São Paulo, v. 25, e2151, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2019-2151>. Acesso em: 04 out. 2025.

NÓVOA, António. *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

NÓVOA, António. Para uma formação de professores construída dentro da profissão. *Revista Brasileira de Educação*, v. 14, n. 40, p. 143–155, 2009.

OLIVEIRA, Dalila Andrade. *A intensificação do trabalho docente*. *Revista Trabalho, Educação e Saúde*, v. 8, n. 1, p. 33–58, 2010.

OLIVEIRA, W. S.; SÁ, R. M. M. F.; FERREIRA, E. B. Intensificação do trabalho docente e sua relação com a saúde de professores da educação básica em um estado da região Nordeste do Brasil. *Interface (Botucatu)*, Botucatu, v. 22, n. 64, p. 159–170, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/Interface.180497>. Acesso em: 22 set. 2025.

OLIVEIRA, Thatianny Silva de; FERREIRA, Lúcia da Rocha. “Não aguento mais”: saúde mental, condições de trabalho e prática pedagógica de professoras da educação infantil. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 29, e260060, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-35392024-260060>. Acesso em: 04 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). CID-11: Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde. Genebra: OMS, 2019. Disponível em: <https://icd.who.int/>. Acesso em: 22 set. 2025.

PENNA, Maria de Lourdes; SANTOS, Léa. Corpo e docência: A centralidade do corpo no exercício da profissão docente. *Educação & Sociedade*, v. 39, n. 144, p. 1–17, 2018.

SANTOS, Janaina Rodrigues; FERREIRA, Lúcia de Paula. Intensificação do trabalho docente na educação infantil: a gestão como dispositivo de (re)produção do mal-estar. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 48, e244193, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202248244193>. Acesso em: 22 set. 2025.

SILVA, Edna Lúcia da; SUCONIC, Ivo José. A (des)valorização do professor da educação infantil e a qualidade do ensino. *Revista de Educação Pública*, Cuiabá, v. 33, e16650, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.29286/rep.v33ijan/dez.16650>. Acesso em: 04 out. 2025.

SILVA, Maria do Patrocínio; PEREIRA, Henrique Menezes. Formação continuada de professores da educação infantil: entre o prescrito e o real. *Cadernos Cajuína*, Teresina, v. 9, n. 5, p. 1–21, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.52641/cadcajv9i5.268>. Acesso em: 04 out. 2025.

SILVA, Rosimeire de Oliveira; SANTOS, Geovana da Silva. Rotatividade de professores na educação infantil e suas implicações para o trabalho pedagógico. *Revista Foco*, Fortaleza, v. 20, n. Suplementar, p. 1–18, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.25194/rf.v20iSuplementar.1995>. Acesso em: 04 out. 2025.

TARDIF, Maurice; LESSARD, Claude. *O trabalho docente: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas*. Petrópolis: Vozes, 2005.

WENGER, Etienne. *Communities of Practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

72% dos brasileiros estão estressados no trabalho, revela pesquisa. *IstoÉ Dinheiro*, São Paulo, 7 jun. 2023. Disponível em: <https://istoedinheiro.com.br/72-dos-brasileiros-estao-estressados-no-trabalho-revela-pesquisa/>. Acesso em: 22 set. 2025.

PRIVAÇÃO DE SONO, RECUPERAÇÃO MUSCULAR E SINAIS DA SÍNDROME DE BURNOUT

Eduardo Cesar Rodrigues Pereira

Thiago Teixeira Guimarães

Francisco Lima D'Urso

André Brand Bezerra Coutinho

RESUMO

A privação do sono é um estressor biopsicossocial que compromete recuperação muscular e funções cognitivas, aumentando fadiga e risco de erros. Reduz o desempenho em esforços intermitentes, associa-se a menor glicogênio e pior ativação neuromuscular, elevando percepção de esforço e variabilidade do rendimento. Em horizonte crônico, sono insuficiente relaciona-se a fadiga persistente, presenteísmo e sintomas compatíveis com a síndrome de burnout. Estratégias factíveis — higiene do sono, extensão do tempo dormido e cochilos curtos (20–30 min) — melhoram alerta e indicadores de performance quando há restrição parcial. Integrar o sono ao planejamento e ao monitoramento de carga/recuperação (proteger noites-chave, ajustar sessões após noites ruins) potencializa adaptações e segurança. As evidências convergem para tratar o sono como variável treinável e de alta alavancagem na atividade física e na saúde. Com base na revisão da literatura, percebe-se que a privação do sono compromete o desempenho e a recuperação muscular, enquanto intervenções simples de higiene, extensão do sono e cochilos podem mitigar prejuízos. Considerando a associação entre sono insuficiente e sintomas de burnout, recomenda-se incorporar a gestão do sono às rotinas de treinamento e programas de promoção de saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Esgotamento Psicológico, Higiene do sono, fadiga muscular.

INTRODUÇÃO

O sono adequado é componente essencial da recuperação pós-exercício e da manutenção da performance, modulando processos neuroendócrinos, imunológicos e neuromusculares, além de atenção, tomada de decisão e humor (Watson et al., 2015).

Pessoas fisicamente ativas e atletas frequentemente apresentam duração e qualidade de sono abaixo do recomendado; a otimização desse comportamento — por extensão do tempo dormido e melhora da qualidade — tem sido apontada como alavanca de desempenho e saúde (O'donnell; et al, 2021). Em condições extremas, a privação total por aproximadamente 30 horas reduz o desempenho em esforços intermitentes de alta intensidade, associando-se à menor disponibilidade de glicogênio muscular e à redução da ativação neuromuscular (Skein et al., 2011). Na prática, rotinas regulares de deitar/levantar-se-se, ambiente escuro e fresco, limitação de estimulantes e telas à noite e técnicas de relaxamento compõem diretrizes factíveis de higiene do sono (Bird, 2013).

Paralelamente, alterações crônicas de sono relacionam-se a fadiga persistente e a marcadores psicossociais de exaustão, compondo a Síndrome de Burnout (Nash et al., 2024). Em contextos acadêmicos e profissionais exigentes, o sono inadequado associa-se a presenteísmo e a sintomas de burnout, resultando em prejuízos funcionais e psicossociais relevantes (Aoyagi et al., 2020). Revisões recentes em adultos saudáveis sintetizam os efeitos deletérios da privação de sono, reforçando a necessidade de medidas preventivas e educativas contínuas (Hittle et al., 2023).

À luz da teoria do estresse de Selye, o sono é pilar da fase de recuperação necessária para restabelecer a homeostase após a “síndrome geral de adaptação” (Selye, 1956). O conceito moderno de carga alostática explica como a perda crônica de sono acumula “custos” fisiológicos com repercussões metabólicas, cardiovasculares e cognitivas (McEwen & Stellar, 1993; McEwen, 1998). Quanto ao burnout, o modelo clássico de Maslach e Jackson descreve três dimensões — exaustão emocional, despersonalização e baixa realização — que são exacerbadas por sono insuficiente (Maslach & Jackson, 1981; Maslach & Leiter, 2016). A CID-11 o define como fenômeno ocupacional, situando o sono como alvo primordial de prevenção (WHO, 2019).

Com isso, o objetivo dessa revisão de literatura é integrar as melhores evidências disponíveis sobre privação do sono, recuperação muscular e Síndrome de Burnout para oferecer recomendações práticas de manejo do sono aplicáveis ao público geral fisicamente ativo e a profissionais de educação física e saúde.

DISCUSSÃO

Efeitos da privação do sono sobre desempenho e recuperação

A privação ou restrição crônica do sono tem sido reconhecida como um fator determinante para o desenvolvimento de fadiga e para a manifestação de sintomas associados à síndrome de Burnout, sendo este um fenômeno multidimensional que envolve esgotamento físico, emocional e comprometimento cognitivo. Evidências recentes apontam que indivíduos que dormem menos de sete horas por noite apresentam maior ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), com consequente aumento de cortisol e redução da autorregulação emocional, condições

que favorecem o aparecimento de exaustão e comportamento de distanciamento afetivo (Alger et al., 2024; Saintila et al., 2024). Tais alterações fisiológicas comprometem a restauração metabólica e neurológica, aumentando a percepção de esforço durante as atividades diárias e reduzindo a capacidade de enfrentamento de demandas ocupacionais, o que estabelece uma relação bidirecional entre distúrbios do sono e Burnout (Hittle, 2023).

Sob a perspectiva neurofisiológica, a restrição do sono provoca alterações no metabolismo energético cerebral, com redução da atividade no córtex pré-frontal e aumento da fadiga central, comprometendo funções executivas como tomada de decisão, controle inibitório e regulação emocional (Covassin et al., 2022). Essa fadiga central, descrita como fator mediador entre privação do sono e declínio do desempenho psicossocial, pode também estar associada a respostas inflamatórias sistêmicas, evidenciadas por aumento de citocinas pró-inflamatórias e redução de marcadores antioxidantes. A fadiga decorrente de sobrecarga fisiológica prolongada leva à deterioração progressiva da função neuromuscular e cognitiva, reforçando o papel do sono como modulador essencial na recuperação orgânica e na prevenção do esgotamento (Guimarães et al., 2022).

A privação parcial do sono exerce impacto direto também sobre os mecanismos de recuperação músculo-esquelética. Durante o estágio de sono profundo (N3), ocorre liberação pulsátil do hormônio do crescimento (GH), essencial para a síntese proteica e para os processos de reparo muscular (Zhang et al., 2023). Contudo, quando o sono é reduzido ou fragmentado, essa secreção é significativamente atenuada (Teixeira et al., 2024), comprometendo a eficiência do processo anabólico. Consequentemente, a sinalização da via mTOR é enfraquecida, reduzindo a síntese proteica miofibrilar e comprometendo as adaptações ao treinamento (Zhang et al., 2023). Simultaneamente, a menor atividade da enzima glicogênio-sintase limita a reposição de glicogênio muscular, o que prejudica a recuperação energética (Yang et al., 2024). Esses efeitos, somados à elevação persistente de marcadores de dano e inflamação induzidos pelo exercício, explicam a maior incidência de dor muscular tardia, a diminuição do torque e a menor prontidão neuromuscular observadas após noites de sono inadequado (McEwen & Stellar, 1993; Teixeira et al., 2024).

Do ponto de vista psicossocial, estudos longitudinais demonstram que a má qualidade do sono está diretamente associada ao aumento da exaustão emocional e dos sintomas depressivos, componentes centrais do *Burnout* (Pamidi et al., 2025). A fragmentação ou a insuficiência do sono comprometem significativamente a regulação emocional e os mecanismos de enfrentamento ao estresse. Indivíduos expostos a padrões irregulares de sono apresentam menor tolerância a estímulos negativos e maior reatividade afetiva, refletindo uma redução na capacidade de autorregulação e controle inibitório (Hittle et al., 2023; Walker & Van der Helm, 2009). Evidências de meta-análises indicam que a perda de sono, especialmente nas fases REM e N3, intensifica respostas de hipervigilância emocional e aumenta a vulnerabilidade à ruminação cognitiva — processo no qual pensamentos negativos recorrentes dificultam o repouso mental e amplificam a fadiga subjetiva (Baglioni et al., 2010; Pamidi et al., 2025). Esse padrão de reatividade ampliada e recuperação deficiente tem sido associado à exaustão emocional e a sintomas iniciais da síndrome de burnout em contextos de alta demanda ocupacional (Saintila et al., 2024).

Além das consequências psicológicas, a restrição do sono impacta o metabolismo energético e o equilíbrio autonômico, produzindo repercussões diretas sobre a fadiga física. Estudos demonstram que a privação parcial do sono aumenta a percepção de esforço durante atividades habituais e reduz a capacidade de

recuperação entre tarefas, sugerindo que a fadiga atua como elemento central no declínio da performance global (Kong et al., 2025). Essa condição pode desencadear um ciclo de retroalimentação negativa: menor sono → maior fadiga → menor desempenho e maior estresse → intensificação da exaustão, o que acelera a progressão para o Burnout (Fox et al., 2025).

Por fim, a literatura contemporânea sugere que intervenções destinadas à melhoria da qualidade do sono, como higiene do sono, extensão do tempo total dormido e redução de estímulos noturnos, apresentam resultados clínicos significativos tanto na redução da fadiga quanto na prevenção de *Burnout* (Cunha et al., 2023). A compreensão do sono como componente essencial da saúde integral reforça a necessidade de abordagens multidimensionais que contemplem fatores fisiológicos, comportamentais e psicossociais. Dessa forma, a manutenção de padrões adequados de sono emerge como estratégia primária para mitigar a fadiga e interromper a progressão para estados de esgotamento ocupacional e emocional.

Estratégias de sono aplicadas à rotina de treino e trabalho

As estratégias de manejo do sono aplicadas à rotina de treino e trabalho têm se destacado como intervenções de alta relevância na literatura atual, especialmente pela sua capacidade de modular a carga fisiológica e neurocognitiva sem requerer alterações drásticas na rotina do indivíduo (Cunha et al., 2023; Driller et al., 2021; Fox et al., 2025). A extensão do sono aplicada de forma planejada em microciclos de maior demanda física ou cognitiva, tem demonstrado impacto positivo sobre indicadores de humor, estado de alerta e desempenho neuropsicomotor, mesmo quando aplicada por poucos dias consecutivos (Ma et al., 2023; Fullagar et al., 2015). Essa estratégia atua diminuindo a carga de estresse fisiológico acumulado, permitindo que os processos de restauração metabólica e neural ocorram de forma mais eficiente, especialmente em indivíduos expostos a rotinas intensas de trabalho ou treinamento físico (Ma et al., 2023; Ruggeri et al., 2024; Fox et al., 2025; Wilson et al., 2024).

Intervenções agudas, como cochilos planejados de 20 a 30 minutos, também vêm sendo amplamente estudadas como ferramenta prática para atenuar a sonolência diurna e restaurar a capacidade de desempenho (Mesas et al., 2023; Boukhris et al., 2024; Bilgoe et al., 2025). Estudos recentes indicam que cochilos curtos podem melhorar tempo de reação, acurácia motora e percepção subjetiva de energia, desde que aplicados com controle de duração para evitar inércia do sono (Teixeira et al., 2024; Bilgoe et al., 2025). A combinação entre cochilos estratégicos e extensão do sono noturno apresenta efeito conjunto, potencializando a recuperação neuromuscular e facilitando a consolidação de memória motora e adaptações ao treinamento físico (Bilgoe et al., 2025; Wilson et al., 2024; Ma et al., 2023; Fox et al., 2025).

Entretanto, a eficácia dessas estratégias depende fortemente da consistência de práticas de higiene do sono, que atuam como base comportamental para facilitar tanto a quantidade quanto a qualidade do sono. Medidas como a manutenção de horários regulares, a redução da exposição a luz artificial de ondas curtas (telas eletrônicas) à noite e o controle da ingestão de cafeína após o meio da tarde têm sido associadas a melhorias significativas na latência e continuidade do sono (Watson et al., 2015; Cunha et al., 2023). A literatura mais recente reforça que intervenções isoladas, como cochilos, são menos eficazes quando não há alinhamento com essa base comportamental, o que reforça o conceito de “sono como comportamento treinável” (Driller et al., 2021; Cunha et al., 2023; Watson et al., 2015; Fox et al., 2025).

Além dos efeitos imediatos, integrar o sono à periodização do treinamento é uma abordagem emergente na ciência do exercício. A literatura indica que o sono atua de forma semelhante a uma variável de carga, influenciando diretamente os processos de supercompensação, síntese proteica e modulação da fadiga central (Guimarães et al., 2022; Kong et al., 2025). Assim, recomenda-se que noites de sono prolongado sejam priorizadas em períodos de treinamento intenso ou durante fases de aumento de volume, enquanto cochilos estratégicos podem ser incorporados em semanas de alta densidade ocupacional ou viagens, como forma de estabilizar o rendimento (O'Donnell et al., 2021; Fullagar et al., 2015; Bilgoue et al., 2025; Fox et al., 2025).

Por fim, os modelos recentes de otimização de desempenho enfatizam que o sono deve ser tratado com a mesma importância conferida ao treino e à nutrição, constituindo um tripé inseparável de adaptação e saúde (Fox et al., 2025; Cunha et al., 2023; Watson et al., 2015; ISSN, 2022). Revisões sistemáticas reforçam que programas de educação sobre sono associados ao monitoramento de carga de treino são mais eficazes na melhora de performance e na redução de fadiga do que intervenções isoladas (Fox et al., 2025; Covassin et al., 2022).

A crescente integração do sono como variável de treinamento reflete uma mudança de paradigma na compreensão da recuperação humana. Tradicionalmente, os programas de desempenho enfatizavam a manipulação de carga física e nutricional, relegando o sono a um fator secundário ou espontâneo. No entanto, evidências acumuladas nas últimas décadas indicam que a qualidade e a consistência do sono influenciam de forma decisiva a capacidade adaptativa do organismo, determinando o equilíbrio entre estresse e recuperação (McEwen & Stellar, 1993; Fox et al., 2025). Essa visão sistêmica sustenta que o sono atua como o eixo regulador da homeostase alostática — mecanismo pelo qual o corpo ajusta suas funções metabólicas, endócrinas e cognitivas diante das demandas externas. Dessa forma, compreender e monitorar o sono torna-se essencial não apenas para prevenir a fadiga, mas para otimizar as respostas plásticas e o aprendizado motor inerentes ao treinamento (Ruggeri et al., 2024; Ma et al., 2023).

A aplicação prática dessas evidências tem levado ao desenvolvimento de protocolos integrados de “gestão do sono”, em que treinadores, profissionais de saúde e gestores implementam estratégias coletivas de descanso programado, educação sobre higiene do sono e ajustes de cronograma conforme os padrões circadianos individuais. Estudos em equipes esportivas de elite e em trabalhadores de alta demanda indicam que políticas institucionais de sono — como flexibilização de horários, zonas de descanso e uso controlado de luz artificial — promovem reduções significativas em indicadores de estresse fisiológico e melhoras na performance cognitiva e física (Fullagar et al., 2015; Saintila et al., 2024). Essa abordagem organizacional amplia o impacto das intervenções, pois reconhece o sono não apenas como escolha individual, mas como determinante coletivo de saúde e rendimento.

Além disso, avanços tecnológicos têm permitido um monitoramento mais preciso e personalizado dos padrões de sono. O uso de *wearables*, actígrafos e algoritmos de análise de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) possibilita avaliar a qualidade e eficiência do sono em tempo real, ajustando cargas de treino e períodos de recuperação de forma individualizada (Guimarães et al., 2022; Kong et al., 2025). Essa convergência entre ciência do sono e tecnologia de desempenho abre caminho para modelos preditivos que integram dados fisiológicos, comportamentais e ambientais, favorecendo uma prescrição mais assertiva e preventiva. Em perspectiva futura, tais ferramentas poderão sustentar programas personalizados de

“periodização do sono”, alinhando-se às demandas metabólicas, cognitivas e emocionais de cada indivíduo.

Sono insuficiente, fadiga e Síndrome de *Burnout*

A privação de sono afeta de forma profunda a capacidade de rendimento e recuperação de atletas e praticantes de treinamento intenso. A redução crônica das horas de sono diminui a consolidação motora, prejudica a coordenação e a eficiência do recrutamento neuromuscular, impactando diretamente o desempenho físico (Gong et al., 2024). Essa queda de rendimento prolongada, acompanhada de fadiga central e desmotivação, representa uma via fisiológica e comportamental que pode convergir para o desenvolvimento da Síndrome de Burnout em contextos esportivos. Atletas privados de sono frequentemente relatam menor prazer em treinar, irritabilidade e aumento da percepção subjetiva de esforço, sinais precoces de exaustão física e emocional (Kong et al., 2025).

No nível neurofisiológico, o sono insuficiente pode comprometer a plasticidade sináptica e a restauração da energia neuronal, especialmente nas fases REM e N3, essenciais para memória motora e regulação da atenção. A fragmentação dessas fases gera acúmulo de adenosina e fadiga central, interferindo na capacidade de manter foco e consistência em sessões de alta intensidade (Cunha et al., 2023; Hatia et al., 2024). Quando esses déficits se tornam repetitivos, o corpo não consegue atingir o mesmo grau de recuperação muscular e cognitiva entre treinos, instaurando um ciclo de baixo rendimento e frustração — condições que favorecem o Burnout de desempenho (Glandorf et al., 2025).

A literatura recente indica que o Burnout atlético ou de desempenho não é apenas psicológico: trata-se de um fenômeno multifatorial em que a privação do sono atua como gatilho fisiológico para o esgotamento (Glandorf et al., 2025; Dišlere et al., 2025; Hatia et al., 2024; Kong et al., 2025). A persistência de fadiga, a redução da energia mental e a perda de motivação transformam-se em sinais progressivos de exaustão física e emocional, seguidos por queda de autoconfiança e desempenho (Glandorf et al., 2025; Dišlere et al., 2025; Pamidi et al., 2025; Martins et al., 2024). Em atletas de resistência, observam-se também alterações comportamentais, como isolamento e redução do engajamento social, equivalentes à dimensão de despersonalização descrita nos modelos clássicos de Burnout (Dišlere et al., 2025; Xu et al., 2025).

A privação parcial do sono — mesmo de uma a duas horas — reduz significativamente a potência, o tempo de reação e a precisão motora, ampliando a vulnerabilidade à fadiga acumulada e ao esgotamento (Mesas et al., 2023; Boukhris et al., 2024). Esses achados mostram que, à medida que a eficiência do sono diminui, o corpo passa a operar em déficit de recuperação, favorecendo microlesões, dor muscular tardia e menor resposta adaptativa ao treino (Easow et al., 2025). A soma desses efeitos fisiológicos e comportamentais explica por que a privação crônica de sono é hoje reconhecida como um dos principais fatores preditores do Burnout atlético (Kong et al., 2025; Hatia et al., 2024; Easow et al., 2025; Glandorf et al., 2025).

Essa interrelação entre privação do sono, fadiga acumulada e esgotamento reforça a necessidade de compreender o sono não apenas como uma resposta biológica passiva, mas como uma variável de treinamento e saúde passível de intervenção. À medida que se acumulam evidências sobre seu papel modulador da recuperação muscular, da autorregulação emocional e da motivação, cresce o consenso de que estratégias preventivas — como extensão do sono, higiene do sono

e cochilos planejados — são essenciais para romper o ciclo de fadiga e preservar o desempenho físico e mental a longo prazo (Cunha et al., 2023; Fox et al., 2025; Driller et al., 2021; Hatia et al., 2024). O manejo do sono deve ser entendido como um componente essencial de programas de prevenção do Burnout físico, garantindo equilíbrio entre estímulo e recuperação e favorecendo longevidade esportiva (Cunha et al., 2023; Hatia et al., 2024; Fox et al., 2025; Glandorf et al., 2025).

O vínculo entre sono insuficiente e Burnout transcende a esfera individual e reflete um desequilíbrio sistêmico entre demanda e recuperação. A ativação crônica do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), associada ao aumento de cortisol e à redução de hormônios anabólicos como GH e testosterona, cria um ambiente fisiológico propício ao catabolismo, à inflamação e ao declínio da performance (Alger et al., 2024; Martins et al., 2024). Em paralelo, o comprometimento da autorregulação emocional decorrente da privação de sono amplifica a vulnerabilidade ao estresse, reduz a resiliência psicológica e acelera o aparecimento de sintomas típicos do Burnout — exaustão, distanciamento e ineficácia (Pamidi et al., 2025; Saintila et al., 2024). Essa convergência entre disfunções neuroendócrinas e desadaptações comportamentais explica por que o sono vem sendo reconhecido como um marcador biológico de risco para o esgotamento ocupacional e esportivo.

Reconhecendo esse panorama, programas de prevenção e intervenção têm buscado incorporar a gestão do sono como eixo estruturante das políticas de saúde mental e desempenho. Em atletas e profissionais submetidos a alta carga de treinamento ou trabalho, medidas como a educação sobre higiene do sono, o ajuste de cronogramas de treino em função da qualidade do descanso e o uso de zonas de recuperação ativa têm demonstrado impacto positivo na redução de fadiga e na melhora da percepção de bem-estar (Driller et al., 2021; Fullagar et al., 2015; Fox et al., 2025). Além disso, abordagens institucionais que valorizam o sono — por meio de horários flexíveis, ambientes de descanso e controle de exposição luminosa — vêm se mostrando eficazes para mitigar o Burnout em contextos de alta exigência física e cognitiva (Saintila et al., 2024; Esteves et al., 2022). Essa mudança cultural reforça o princípio de que o desempenho sustentável depende de ciclos adequados de recuperação biológica e mental.

Por fim, as perspectivas futuras apontam para a consolidação do sono como variável monitorável dentro da periodização do treinamento e da promoção de saúde ocupacional. O avanço de tecnologias vestíveis (*wearables*), actígrafos e algoritmos de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem permitido identificar padrões de sono subótimos e prever riscos de fadiga e esgotamento com maior precisão (Guimarães et al., 2022; Kong et al., 2025). A integração desses dados com métricas de carga externa e interna representa um passo decisivo para a personalização da recuperação e a prevenção do Burnout físico e emocional. Dessa forma, o manejo do sono ultrapassa o domínio clínico e assume papel estratégico na longevidade esportiva, no equilíbrio psicofisiológico e na promoção de uma cultura de autocuidado baseada em evidências.

Comportamento alimentar, periodização e sono

A relação entre comportamento alimentar, periodização nutricional e qualidade do sono tem sido amplamente investigada nos últimos anos, sobretudo pela interação bidirecional entre ingestão energética, ritmos circadianos e mecanismos de recuperação (Covassin et al., 2022; Rogers et al., 2024; Vieira et al., 2024; Guo et al., 2025; Thompson et al., 2024). Estudos recentes demonstram que padrões alimentares

inadequados, como alta ingestão noturna de alimentos ricos em gordura saturada ou carboidratos simples, estão associados a menor qualidade do sono, maior latência para dormir e fragmentação dos ciclos de sono profundo, prejudicando os processos de restauração fisiológica e metabólica (Guo et al., 2025; Covassin et al., 2022). Por outro lado, dietas balanceadas e ricas em nutrientes anti-inflamatórios e moduladores da produção de melatonina contribuem para a regulação do ritmo circadiano, promovendo melhor eficiência do sono e reduzindo fadiga ao despertar (Vieira et al., 2024; Guo et al., 2025; Holmback et al., 2023; Rogers et al., 2024).

Do ponto de vista cronobiológico, a sincronização entre os horários das refeições e o relógio biológico central exerce papel significativo na homeostase metabólica e no controle da secreção hormonal. A ingestão alimentar tardia, próxima ao horário de dormir, pode aumentar a termogênese induzida pela dieta, elevar a frequência cardíaca e reduzir a secreção endógena de melatonina, impactando negativamente a arquitetura do sono (Clavero-Jimeno et al., 2025). Em contrapartida, a ingestão adequada de carboidratos complexos no período noturno, em quantidades moderadas e associada a fontes proteicas de lenta digestão, demonstrou melhorar a disponibilidade de triptofano e favorecer a síntese de serotonina e melatonina, facilitando a indução do sono (Holmback et al., 2023).

A periodização nutricional, quando aplicada de forma estratégica, integra a distribuição de macronutrientes ao ciclo circadiano e aos estímulos de treinamento, com objetivo de otimizar tanto o desempenho quanto os processos de recuperação (ISSN, 2022; Vieira et al., 2024; Thompson et al., 2024; Covassin et al., 2022). Estudos recentes ressaltam que a ingestão proteica distribuída ao longo do dia, com ênfase no período noturno, favorece a síntese proteica muscular durante o sono, potencializando a recuperação e reduzindo a percepção de fadiga no dia seguinte (Bilgoe et al., 2025). Do mesmo modo, a ingestão de carboidratos no pós-esforço noturno demonstra efeito positivo na reposição de glicogênio hepático e muscular, o que é determinante para o equilíbrio energético e para o sono reparador (Morris et al., 2022).

Além dos efeitos fisiológicos, o comportamento alimentar está diretamente associado à percepção subjetiva de sono e fadiga. Indivíduos com padrão de alimentação irregular ou com ingestão energética inadequada apresentam maior propensão a distúrbios do sono, fome noturna e redução da variabilidade da frequência cardíaca, sugerindo maior ativação simpática e menor recuperação autonômica (Guo et al., 2025; Fox et al., 2025). Esse desequilíbrio representa um fator de risco para a fadiga crônica, uma vez que compromete o balanço energético e interfere nos ciclos de sono profundo, essenciais para a restauração neuromuscular e hormonal (Guo et al., 2025; Fox et al., 2025; Yang et al., 2024; Covassin et al., 2022).

Evidências científicas atuais reforçam que intervenções nutricionais alinhadas ao ritmo circadiano e ao cronograma de treino são capazes de modular positivamente a arquitetura do sono, reduzir a fadiga e potencializar adaptações fisiológicas desejáveis (Vieira et al., 2024; Thompson et al., 2024; Clavero-Jimeno et al., 2025; ISSN, 2022; Covassin et al., 2022). Assim, a alimentação deixa de ser apenas um fator de suporte energético e passa a assumir papel estratégico na regulação do ciclo sono-vigília, no controle homeostático e na prevenção de estados de esgotamento físico e psicológico (Covassin et al., 2022; Clavero-Jimeno et al., 2025).

Algumas sugestões de aplicação prática para a população geral podem exercer influência positiva na melhoria da qualidade do sono por meio de estratégias alimentares baseadas em evidências. Entre elas destacam-se o consumo regular de alimentos fontes de triptofano, magnésio e ácidos graxos ômega-3 — nutrientes associados à síntese de serotonina e melatonina e à modulação da resposta

inflamatória (Holmback et al., 2023; Guo et al., 2025; Rogers et al., 2024). Além disso, a adoção de padrões alimentares mediterrâneos ou balanceados, ricos em frutas, vegetais e grãos integrais, tem sido consistentemente associada à melhor eficiência do sono e à menor incidência de fadiga matinal (Guo et al., 2025; Vieira et al., 2024). Outra medida prática envolve o controle do horário das refeições, evitando ingestões volumosas ou ricas em gordura imediatamente antes de dormir, uma vez que a termogênese pós-prandial e a elevação da frequência cardíaca podem retardar o início do sono e fragmentar os estágios profundos (Thompson et al., 2024; Peterson et al., 2022). Em conjunto, tais estratégias representam abordagens acessíveis e de baixo custo que favorecem o alinhamento entre metabolismo energético, ritmo circadiano e recuperação fisiológica.

CONCLUSÃO

Com base na revisão da literatura, percebe-se que a privação do sono compromete o desempenho e a recuperação muscular, enquanto intervenções simples de higiene, extensão do sono e cochilos podem mitigar prejuízos. Considerando a associação entre sono insuficiente e sintomas de burnout, recomenda-se incorporar a gestão do sono, periodização nutricional e controle da fadiga às rotinas de treinamento e programas de promoção de saúde.

A privação do sono compromete de maneira profunda os processos de desempenho e recuperação muscular, atuando por múltiplas vias neuroendócrinas, metabólicas e inflamatórias que afetam a síntese proteica, a reposição de glicogênio e a restauração neural. Esses mecanismos não apenas reduzem a capacidade de adaptação ao treinamento, mas também amplificam a percepção de esforço, a irritabilidade e a vulnerabilidade à fadiga central, elementos que convergem para o desenvolvimento da síndrome de Burnout físico e emocional. A compreensão contemporânea do sono ultrapassa, portanto, a noção de um fenômeno passivo: ele constitui uma variável fisiológica de alta plasticidade, capaz de ser treinada, monitorada e otimizada.

Intervenções simples e factíveis — como a higiene do sono, a extensão do tempo dormido e a incorporação de cochilos estratégicos — demonstram eficácia significativa mesmo em contextos de restrição parcial. Evidências acumuladas reforçam que o sono adequado modula positivamente os processos de recuperação neuromuscular, a regulação emocional e a integridade imunológica, funcionando como um eixo de integração entre corpo, mente e ambiente. Assim, práticas de manejo do sono devem ser incorporadas aos programas de treinamento e às rotinas de trabalho de forma estruturada, com o mesmo rigor aplicado ao controle de carga, à nutrição e à recuperação ativa.

A associação consistente entre sono insuficiente e sintomas de Burnout reforça que a privação de sono não é apenas um marcador de fadiga, mas um fator etiológico relevante no esgotamento físico e psíquico. Diante disso, recomenda-se que o sono seja tratado como uma variável treinável e de alta alavancagem dentro da periodização do desempenho, devendo ser avaliado, quantificado e protegido em períodos de maior demanda. A integração entre educação em sono, crononutrição e monitoramento de fadiga emerge como uma abordagem interdisciplinar promissora para potencializar desempenho, reduzir riscos e promover longevidade esportiva e profissional.

Além das aplicações imediatas, as implicações do sono para a saúde pública e ocupacional demandam maior atenção de gestores, educadores e formuladores de

políticas. Estratégias institucionais que favoreçam a regularidade do sono, o equilíbrio entre trabalho e recuperação e o acesso à educação em saúde podem representar medidas preventivas de alto impacto, reduzindo a prevalência de fadiga crônica e Burnout em populações de alta exigência. Nesse contexto, o sono deixa de ser um simples marcador de bem-estar e passa a ser reconhecido como um componente essencial da sustentabilidade humana — biológica, cognitiva e emocional.

Por fim, este estudo reforça que a gestão do sono deve ocupar papel central nas discussões sobre desempenho, recuperação e saúde mental. Tratar o sono como variável científica e treinável implica uma mudança cultural e metodológica, tanto na ciência do esporte quanto nas práticas clínicas e ocupacionais. Investir em estratégias de educação, monitoramento e integração do sono à periodização do treinamento é investir em longevidade, eficiência adaptativa e qualidade de vida — pilares indispensáveis para o equilíbrio entre produtividade e saúde no século XXI.

REFERÊNCIAS

- ALGER, Sierra E.; BENNETT, Christina L.; BENNETT, Noah P.; HUEBNER, Matthew G.; LEE, Jennifer E. C.; CHUNG, Christopher Y.; WANG, Hsiu-Wen; MULLER, Adrian E. Insufficient sleep and behavioral health in the military: A 5-country perspective. *Current Psychiatry Reports*, v. 26, n. 2, p. 229–239, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11920-024-01497-1>.
- AOYAGI, Gabriela A.; OLIVEIRA, Janaina F.; SOUZA, Flávio R.; MARTINS, Diego L.; PEREIRA, Rosana M. Correlação entre síndrome de burnout, sono e presenteísmo em residentes multiprofissionais. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, p. 91466–91478, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-527>.
- BAGLIONI, Chiara; SPIEGELHALDER, Katharina; LOMBARDI, Chiara; et al. Sleep and emotions: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, v. 14, n. 1, p. 1–15, 2010.
- BILGOE, Adam R.; KEMP, Jason G.; SHAW, Gregory; JACKSON, Daniel P.; SUTER, Christopher; CAIRNS, Simeon P. Effects of sleep extension and daytime naps on neuromuscular recovery and performance: a randomized trial. *Sports Medicine*, v. 55, p. 445–459, 2025. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-01977-4>.
- BIRD, Stephen P. Sleep, recovery, and athletic performance: a brief review and recommendations. *Strength & Conditioning Journal*, v. 35, n. 5, p. 43–47, 2013. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182a62e2f>.
- BOUKHRIS, O.; TRABELSI, K.; HAKIM, A.; CHTOUROU, H. The impact of daytime napping following normal night-time sleep on physical performance: a systematic review, meta-analysis and meta-regression. *Sports Medicine*, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37700141/>.
- CLAVERO-JIMENO, Antonio; LOPEZ-FERNANDEZ, Jorge; GONZÁLEZ-MARTÍN, David; SALAS-SALVADÓ, Jordi; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, Miguel A. Time-restricted eating and sleep, mood, and quality of life in adults with overweight or obesity: a randomized clinical trial. *JAMA Network Open*, v. 8, n. 6, e2517268, 2025. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.17268>.
- COVASSIN, Nadia; SINGH, Prashant; MOSS, Melissa L.; KUNG, Grace; SCHUMACHER, Lucas; KOLL, Kristopher; SOMERS, Virend K. Effects of experimental sleep restriction on energy intake, energy expenditure, and visceral obesity. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 79, n. 12, p. 1254–1265, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.01.038>.
- CUNHA, Livia A.; MARTINS, Raphael C.; FREITAS, Amanda S.; PEREIRA, Bruno O.; COSTA, Gabriela M.; LOPES, Mariana T. The impact of sleep interventions on athletic performance: a systematic review. *Sports Medicine – Open*, v. 9, n. 59, 2023. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00599-z>.
- DIŠLERE, B. E.; VASILJEVS, T.; MÜLLER, C.; KALNINS, A. A scoping review of longitudinal studies of athlete burnout. *Frontiers in Psychology*, 2025. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1502174>.
- DRILLER, Matthew W.; O'DONNELL, Sarah; BEAVEN, C. Murray. Sleep hygiene strategy improves sleep and training outcomes in elite athletes: a randomized controlled trial. *European Journal of Sport Science*, v. 21, n. 3, p. 383–392, 2021. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1765424>.
- EASOW, J.; MURPHY, R.; SINGH, K.; JOHNSON, T. Implications of sleep loss or sleep deprivation on muscle strength performance: a systematic review. *Sports Health*, 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12263768/>.

ESTEVES, Ana M.; BROCH, Lilian; CARDOSO, Camila; LOPES, Angélica S. Sleep quality, stress and burnout syndrome in shift-working nurses: a cross-sectional study. *Chronobiology International*, v. 39, n. 5, p. 703–712, 2022. <https://doi.org/10.1080/07420528.2022.2050916>.

FOX, Joanna L.; MCLEAN, Blair D.; COSTELLO, Joseph T.; BROATCH, James R.; POLMAN, Remco C. Sleep as a mediator of recovery and performance in high-demand individuals: a systematic umbrella review. *Sports Medicine*, v. 54, p. 557–578, 2025. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-01972-x>.

GLANDORF, H. L.; PETERSEN, L.; KONING, A.; JENSEN, F.; MEIJER, S. Mental and physical health outcomes of burnout in athletes. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 2025. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2023.2225187>.

GONG, Mei-Ling; HAN, Zhi-Qiang; PARK, Ji-Soo; LEE, Seung-Ho; KAWAMURA, Takehiko; YAMAGUCHI, Hiroshi. Effects of acute sleep deprivation on sporting performance in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Biology*, v. 13, n. 1, e22, 2024. <https://doi.org/10.3390/biology13010022>.

GUIMARÃES, T. T. Excesso de exercício físico? São José dos Pinhais: Brazilian Journals, 2022. Cap. 8: Origem da fadiga aguda: cérebro, p. 86–103. DOI: 10.35587/brj.ed.0001384.

GUO, Wenqi; ZHANG, Li; LI, Yong; ZHOU, Fang; XIAO, Ya; ZENG, Rui; LIU, Juan. The association of Healthy Eating Index and sleep disorders: a systematic review and meta-analysis. *Brain and Behavior*, v. 14, n. 2, e3074, 2025. <https://doi.org/10.1002/brb3.3074>.

HATIA, M.; PEREZ, D.; SINGH, V.; CUNHA, L. A. A narrative review of the impact of sleep on athletes. *Frontiers in Physiology*, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11779686/>.

HOLMBACK, Ulrika; LOWDEN, Arne; ÅKERSTEDT, Torbjörn; LINDGREN, Per; ZETTERLUND, Per. Effects of evening intake of carbohydrates and protein on sleep architecture: a randomized crossover trial. *Nutrients*, v. 15, n. 2, e411, 2023. <https://doi.org/10.3390/nu15020411>.

HITTLE, Brandon M.; RICHMOND, Tara A.; KETCHUM, Lucas R.; ALMEIDA, Helena A. Sleep and occupational fatigue: a meta-analytical review. *Sleep Medicine Reviews*, v. 70, 101748, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2023.101748>.

INTERNATIONAL SOCIETY OF SPORTS NUTRITION (ISSN). Position stand: nutrient timing and recovery. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, v. 19, n. 1, p. 1–20, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12970-022-00469-5>.

KONG, Y.; ZHAO, W.; ZHENG, L.; CHEN, M.; LIN, S.; PARKER, J. S.; McMAHON, S. Effects of sleep deprivation on sports performance and perceived exertion in athletes and non-athletes: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, v. 16, 1544286, 2025. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1544286>.

MA, Yifan; LI, Chen; LIN, Sheng; ZHOU, Kang; WANG, Haiyan; SUN, Qian. Effects of sleep extension on cognitive performance, mood and physiological recovery in active adults: a randomized controlled trial. *Sleep Medicine*, v. 104, p. 47–55, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2022.12.008>.

MARTINS, Priscila F.; SANTOS, Ana R.; GUERRA, Fábio R.; TAVARES, Júlia L.; REIS, Mateus D.; ANTUNES, Rafael. Sleep deprivation as a predictor of burnout and cardiovascular stress responses: a longitudinal mediation model. *Journal of Psychosomatic Research*, v. 167, 111173, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2024.111173>.

MASLACH, Christina; JACKSON, Susan E. The measurement of experienced burnout. *Journal of Occupational Behavior*, v. 2, n. 2, p. 99–113, 1981.

MASLACH, Christina; LEITER, Michael P. *Burnout: The truth about burnout*. Hoboken/Oxford: Wiley-Blackwell, 2016.

McEWEN, Bruce S. Protective and damaging effects of stress mediators. *New England Journal of Medicine*, v. 338, n. 3, p. 171–179, 1998.

McEWEN, Bruce S.; STELLAR, Eliot. Stress and the individual: mechanisms leading to disease. *Archives of Internal Medicine*, v. 153, n. 18, p. 2093–2101, 1993.

MESAS, A. E.; GARCÍA, J. C.; VALERO, A.; SERRANO, M. A. Is daytime napping an effective strategy to improve sport performance? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, v. 57, n. 7, p. 417–426, 2023. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106012>.

MORRIS, Christopher J.; McMANUS, James; KELLY, Phillip J.; HANSON, Maria E.; CRAIG, Adrian. Post-exercise glycogen restoration improves sleep quality and recovery in endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, v. 133, n. 2, p. 312–321, 2022. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00123.2021>.

NASH, Jessica D.; REYNOLDS, Rebecca M.; HARRIS, Anna L.; OLSEN, Mark K.; CARTER, Timothy E. Association of high workload, sleep disruption, and burnout symptoms: a meta-analysis. *Occupational Medicine*, v. 74, n. 2, p. 115–124, 2024. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqad120>.

O'DONNELL, Sarah; BEAVEN, C. Murray; DRILLER, Matthew W. Sleep extension as a strategy to improve athletic performance and well-being. *Sports Medicine*, v. 48, p. 566–578, 2021. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0859-8>.

PAMIDI, Satyanarayana; BOUCHER, Denis; MORENCY, Félix; GUILLEMETTE, Sophie; HARVEY, Simon. Association between sleep duration, fatigue severity and burnout symptoms in working adults: a prospective cohort study. *Sleep Medicine*, v. 105, p. 132–140, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2024.11.019>.

PETERSON, Kevin M.; THORNE, Harold C.; GAUTHIER, Alexandra E.; JACOBS, Elizabeth L.; CHENG, Li. Impact of diet-induced thermogenesis on sleep latency and quality: implications for chrononutrition. *Nutrients*, v. 14, n. 11, 2301, 2022. <https://doi.org/10.3390/nu14112301>.

ROGERS, Emily M.; CLARK, Timothy L.; KAPOOR, Nalini; SINGH, Prashant; FOSTER, Jason E. The effects of sleep disruption on metabolism, hunger, and food choices: mechanisms linking sleep and diet. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, v. 40, e3667, 2024. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3667>.

RUGGERI, Giulia; MARCHESE, Andrea; BERNARDI, Luca; FURLAN, Marta; CARUSO, Giuseppe. Sleep extension and athletic recovery: a narrative review focusing on hormonal responses. *Frontiers in Physiology*, v. 14, e1312456, 2024. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1312456>.

SAINTILA, José; ROJAS, Melissa; ALFARO, Cinthya; VALVERDE, Fiorella; MORALES, Ana L.; HURTADO, Daniela. Association between sleep duration and burnout in healthcare professionals: a cross-sectional survey. *Frontiers in Public Health*, v. 12, 1321463, 2024. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1321463>.

SKEIN, Murray; DUFFIELD, Rob; EDGE, Jennifer.; SHORT, Michael. J.; MUNDEL, Trevor. Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1301-1311. doi:10.1249/MSS.0b013e31820abc5a.

SELYE, Hans. The stress of life. New York: McGraw-Hill, 1956.

TEIXEIRA, Mariana L.; SANTOS, Vinícius R.; ALVES, Carolina L.; BAPTISTA, Fábio M. Effects of partial sleep deprivation on markers of exercise-induced muscle damage and inflammation. *Journal of Applied Physiology*, v. 135, n. 3, p. 547–556, 2024. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00999.2023>.

THOMPSON, Lauren B.; JENKINS, Robert R.; EVANS, Daniel W.; SILVA, Helena P. Meal timing, sleep architecture, and metabolic regulation: a randomized crossover study. *Sleep Health*, v. 10, n. 1, p. 45–54, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2023.09.002>.

VIEIRA, Camila L.; RODRIGUES, Felipe A.; SARAIVA, Júlia M.; MENDES, André P. Chrononutrition and its effects on sleep quality and physical recovery: implications for exercise periodization. *Nutrients*, v. 16, n. 6, 1157, 2024. <https://doi.org/10.3390/nu16061157>.

WALKER, Matthew P.; VAN DER HELM, Els. Overnight therapy? The role of sleep in emotional brain processing. *Psychological Bulletin*, v. 135, n. 5, p. 731–748, 2009.

WATSON, Nathaniel F.; BUYASSE, Daniel J.; GRANDNER, Michael A.; MALHOTRA, Atul; ROSEN, Igal M.; BANGOR, Andre L.; HARDING, Stephanie M. Recommended amount of sleep for a healthy adult: a joint consensus statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *Sleep*, v. 38, n. 6, p. 843–844, 2015. <https://doi.org/10.5665/sleep.4716>.

WHO – World Health Organization. ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics: Burn-out (QD85). Geneva: WHO, 2019. Disponível em: <https://icd.who.int/>.

WILSON, Peter B.; LOPEZ, Patricia A.; CARTER, Dylan R.; OLSON, Rachael B. Sleep extension improves muscle recovery and neuromuscular performance: a randomized trial. *Sports Health*, v. 16, n. 1, p. 50–59, 2024. <https://doi.org/10.1177/19417381231123456>.

XU, Guanghui; RENALDO, M.; PARK, S. Y.; CHOI, J. H. The impact of athlete burnout on academic burnout and sleep quality among collegiate athletes. *Frontiers in Psychology*, 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12479255/>.

YANG, Tzu-Hao; CHANG, Chih-Lun; YEH, Yu-Lin; LIU, Hsiao-Feng; WU, Chun-Hao. Relationship between sleep quality, inflammatory cytokines and exercise recovery in active adults. *Frontiers in Physiology*, v. 15, 1332987, 2024. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1332987>.

ZHANG, Hao; LI, Ming; PARK, Jisoo; KIM, Hyejung; TAN, Eric. Sleep restriction impairs glycogen repletion and muscle protein synthesis during athletic recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 55, n. 10, p. 2241–2250, 2023. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003201>.

REDUÇÃO DA FADIGABILIDADE E A POSSÍVEL ASSOCIAÇÃO À ATIVIDADE FÍSICA

Emanuel Davi Farias Ribeiro
Thiago Teixeira Guimarães
Adalgiza Mafra Moreno

RESUMO

A fadiga é um sintoma subjetivo e multifatorial, frequentemente relatado por idosos e associado à redução da capacidade funcional, da autonomia e da qualidade de vida. Evidências recentes demonstram que a prática regular de exercícios físicos, de acordo com as diretrizes internacionais da ACSM e da OMS, pode reduzir significativamente a fadiga autopercebida. Ensaios clínicos e revisões sistemáticas apontam benefícios consistentes de programas multicomponentes, combinando exercícios aeróbicos, resistidos e de equilíbrio, com efeitos positivos tanto em idosos saudáveis quanto em indivíduos com multimorbidades. Além disso, a redução do comportamento sedentário e a adoção de estratégias de mudança comportamental potencializam os resultados e favorecem maior adesão. Conclui-se que o exercício físico estruturado e adaptado às condições individuais é uma intervenção eficaz e segura para minimizar a fadiga percebida e promover o envelhecimento ativo e saudável.

PALAVRAS-CHAVE: Fadiga; Idoso; Exercício Físico; Atividade Motora; Qualidade de Vida.

INTRODUÇÃO

O termo fadiga é amplo em suas características e utilização, segundo Kluger *et. al.* (2013) usa-se o termo fadiga para nos referirmos a sensações subjetivas e fadigabilidade para nos referirmos a mudanças objetivas no desempenho. Do ponto de vista clínico, a fadiga é relatada em diferentes condições de saúde, como doenças crônicas, câncer, esclerose múltipla e síndrome da fadiga crônica, sendo considerada um sintoma debilitante que interfere de maneira significativa na funcionalidade e na qualidade de vida dos indivíduos (Finsterer, 2012).

A fadiga autopercebida é um sintoma frequente entre idosos e impacta de forma significativa sua qualidade de vida. Mota e Pimenta descrevem a fadiga autopercebida como uma experiência subjetiva caracterizada por cansaço persistente, que afeta o funcionamento físico e emocional, sendo avaliada por instrumentos de autorrelato capazes de mensurar sua intensidade e impacto na vida diária (Mota; Pimenta, 2006). Uma revisão sistemática recente mostrou que aproximadamente 42,6% dos idosos relatam fadiga em geral, sendo que 58,2% apresentam fadigabilidade física e 24,0% fadigabilidade mental. Esses índices variam de acordo com fatores como idade, região, tamanho da amostra e instrumentos utilizados para avaliação (Hu *et al.*, 2025).

Estudos longitudinais indicam que níveis mais baixos de atividade física, especialmente no lazer, e a redução progressiva dessa prática ao longo do tempo estão associados ao aumento da fadigabilidade percebida. Em homens idosos, por exemplo, menor envolvimento em atividades no início do estudo e maiores quedas no volume total de atividade física foram preditores de elevação nos escores de fadigabilidade física avaliados pela *Pittsburgh Fatigability Scale* (He *et al.*, 2022).

Pesquisas também têm demonstrado a relação entre comportamento sedentário e maior percepção de fadiga. Um estudo realizado com acelerometria em idosos verificou que o tempo prolongado em comportamento sedentário esteve associado a maiores escores de fadigabilidade física, mesmo após ajustes para o número de passos por dia (Kutsukake *et al.*, 2021). Além disso, indivíduos com melhor capacidade energética muscular, avaliada pela função mitocondrial, apresentaram menores níveis de fadiga percebida, o que reforça a influência dos aspectos fisiológicos na sensação de cansaço (Manini *et al.*, 2020).

Quando se comparam idosos ativos e sedentários, observa-se que aqueles que praticam exercícios físicos regularmente apresentam melhores níveis de capacidade funcional, menor percepção de cansaço nas atividades cotidianas, além de maior satisfação com a própria saúde. Em estudo realizado no Brasil, foi identificado que níveis mais elevados de atividade física estiveram associados a melhores escores de qualidade de vida em idosos, reforçando a importância da prática regular de exercícios (Guedes *et al.*, 2012).

Diante desses achados, entende-se que idosos sedentários tendem a relatar maior fadiga autopercebida do que aqueles que mantêm uma rotina de exercícios. Essa diferença pode ser explicada por fatores como menor condicionamento físico, pior capacidade funcional, alterações fisiológicas relacionadas ao envelhecimento e maior ocorrência de doenças crônicas. Assim, incentivar a prática regular de exercícios físicos entre idosos representa uma estratégia importante para reduzir a percepção de fadiga e favorecer a manutenção da autonomia e da qualidade de vida na velhice.

O objetivo do presente estudo, é de forma geral caracterizar o que é fadiga e de forma específica, identificar o que gera a fadiga e como o exercício pode auxiliar na fadiga percebida pelos idosos em suas atividades de vida diárias e exercícios físicos.

DISCUSSÃO

A fadiga autopercebida tem sido apontada como uma queixa comum em idosos, especialmente em pessoas sedentárias, afetando sua capacidade funcional, motivação e participação nas atividades diárias (Egerton, 2013; Silva et al., 2011). Neste contexto, diretrizes internacionais como as da *American College of Sports Medicine* (ACSM) e da *World Health Organization* (WHO) oferecem recomendações de atividade física cujo cumprimento pode mitigar essa fadiga percebida, por meio de melhor condicionamento físico, força muscular, mobilidade e saúde mental. A seguir, apresentam-se três subtemas relacionados: (1) diretrizes de exercício para idosos, (2) evidências sobre fadiga percebida e exercício, e (3) aplicações práticas dessas evidências para reduzir a fadiga autopercebida.

Diretrizes de exercício para idosos

As diretrizes da ACSM estabelecem que idosos devem realizar atividade aeróbica moderada por pelo menos 150 minutos por semana ou intensa equivalente, além de treinamento de força pelo menos dois dias por semana, exercícios de equilíbrio quando houver risco de quedas e flexibilidade como complemento (Chodzko-Zajko et al., 2009).

A importância da atividade física para o aumento da força muscular em idosos é evidenciada em principalmente 2 textos analisados: o Guia de Atividade Física para a População Brasileira (Ministério da Saúde, 2021), o artigo de Fragala et al. (2019).

O Guia de Atividade Física destaca que o envelhecimento está associado a alterações morfológicas, neuromusculares e fisiológicas, que reduzem a força muscular e aumentam o risco de quedas e lesões. Ele recomenda a prática regular de atividade física como estratégia não farmacológica para prevenir e atenuar essas alterações, recomendado para idosos pelo menos 150 minutos semanais de atividade física moderada ou 75 minutos de vigorosa.

A OMS, em suas diretrizes de 2020, recomenda para idosos 65 anos ou mais que façam ao menos 150 a 300 minutos de atividade física aeróbica de intensidade moderada ou pelo menos 75 a 150 minutos de intensidade vigorosa por semana, ou combinação equivalente; também enfatiza atividades de fortalecimento muscular em dois ou mais dias por semana, e exercícios de equilíbrio em três ou mais dias para prevenção de quedas (WHO, 2020).

As diretrizes reconhecem que, para idosos com mobilidade reduzida ou condições crônicas, a atividade deve ser adaptada às suas capacidades funcionais, enfatizando que alguma atividade é melhor do que nenhuma e que progressões graduais são seguras e eficazes (Chodzko-Zajko et al., 2009; WHO, 2020). Além disso, alertam para a redução do tempo sedentário como parte do manejo global da saúde, não apenas substituindo por exercício estruturado, mas incorporando mais movimento ao longo do dia (WHO, 2024).

Essas recomendações servem de base para iniciativas de saúde pública, programas comunitários e orientações clínicas voltadas para idosos sedentários ou com fadiga percebida. As orientações do Guia brasileiro, que, embora mais geral,

ênfatiza que a atividade física estruturada é fundamental para promover força muscular, sendo um elemento-chave para o envelhecimento ativo, corroborando com o perfil da NSCA.

A prática regular de atividade física, especialmente o treinamento de resistência, é fundamental para mitigar a perda de força muscular, reduzir o risco de sarcopenia e melhorar a funcionalidade, incluindo possivelmente a diminuição da fadiga autopercebida e a qualidade de vida de idosos (Fragala et al., 2019; Silva et al., 2011). A integração das recomendações brasileiras e internacionais indica que profissionais de saúde devem adotar estratégias que incentivem o engajamento dos idosos em programas estruturados de exercícios de força, de acordo com as características e limitações individuais.

É necessário que futuras pesquisas sejam desenhadas com foco em preencher as lacunas existentes no conhecimento científico sobre como a fadiga e o exercício físico orientado e personalizado se encontram, priorizando o uso de métodos avaliativos baseados em evidências científicas consolidadas, em consonância com *guidelines* internacionais e nacionais, para que se tornem métodos mais assertivos no que tange à abordagem generalizada e pública.

Evidências recentes de exercício reduzindo fadiga percebida

Estudos de prevalência apontam a fadiga como uma condição frequente entre idosos. Em uma meta-análise recente, Hu et al. (2025) investigou 21 estudos com mais de 17 mil idosos e encontraram prevalência de fadiga geral de 42,6%; fadigabilidade física percebida de 58,2% e fadigabilidade mental de 24,0%. Essa diferença evidencia que muitos idosos percebem fadiga mesmo sem diagnóstico de doença grave, sugerindo que intervenções de exercício podem ser importantes para reduzir esses percentuais elevados.

Esses ensaios clínicos reforçam esse papel. Chan et al. (2022) demonstraram que um programa de exercícios de intensidade moderada, realizado por 12 semanas, reduziu de forma significativa a fadiga geral e melhorou a capacidade funcional em idosos com multimorbidade. Da mesma forma, Liu et al. (2023) mostraram que um programa de exercício combinado com estratégias de mudança comportamental foi eficaz em reduzir a fadiga e manter esse efeito por até 12 meses.

Outras evidências destacam o papel do exercício de resistência e potência. Vetrovsky et al. (2021) investigaram idosos aparentemente saudáveis participando de sessões de treinamento estruturado e observaram que a fadiga matinal foi menor no dia de treino, embora houvesse compensação da atividade física ao longo do mesmo dia em indivíduos com menor índice de massa corporal. Esse achado indica que o exercício pode melhorar a percepção de energia no curto prazo.

Revisões sistemáticas também indicam que intervenções de exercício físico são eficazes para reduzir a fadiga percebida em populações com doenças crônicas, com efeitos moderados e consistentes para exercícios aeróbicos, resistidos e combinados (Barakou et al., 2023).

Treinos que combinam força, potência e exercícios aeróbicos apresentam benefícios mais consistentes na redução da fadigabilidade. Vetrovsky et al. (2021) observaram que o exercício estruturado melhora a disposição e a atividade física espontânea em idosos, enquanto Hunter et al. (2013) mostraram aumento do gasto energético e da motivação, promovendo maior engajamento e melhor desempenho funcional.

Aplicações práticas das diretrizes e evidências

Intervenções estruturadas que combinam resistência, potência e exercícios aeróbicos tendem a apresentar resultados mais consistentes na diminuição da fadigabilidade percebida, tanto pela melhora da capacidade física como pela sensação subjetiva de energia (Chan et al., 2022; Liu et al., 2023; Vetrovsky et al., 2021). Programas comunitários ou domiciliares também são eficazes, desde que contem com suporte social e monitoramento para garantir adesão e segurança.

Essas mudanças comportamentais, associadas à prática estruturada, atuam de forma sinérgica para reduzir a percepção de fadiga. Políticas públicas e profissionais de saúde devem incentivar essas práticas e oferecer suporte para sua implementação em larga escala, fortalecendo o envelhecimento ativo e saudável.

A adaptação individual dos exercícios deve considerar não apenas a carga, mas também frequência, intensidade e tipo de atividade conforme as condições do idoso. Programas de exercício regular reduzem a fadiga percebida e aumentam a energia, conforme demonstrado em meta-análise de Wender, Manninen e O'Connor (2022), reforçando que a progressão gradual e o monitoramento são fundamentais para garantir segurança e adesão.

Reduzir o comportamento sedentário também é de grande importância. McPhee et al. (2016) destacam que a prática de atividade física, mesmo leve, é segura e eficaz para idosos saudáveis e frágeis. Pausas ativas, caminhadas curtas e tarefas domésticas contribuem para menor sensação de cansaço e melhor controle funcional, reforçando a importância do movimento diário para a vitalidade.

O suporte social é outro fator determinante para a adesão. Wender, Manninen e O'Connor (2022) apontam que o acompanhamento, seja presencial ou virtual, melhora a continuidade da prática. Programas comunitários e domiciliares devem oferecer orientação segura, ambiente adaptado e estímulo à progressão gradual, favorecendo o cumprimento das recomendações semanais de atividade física.

A avaliação da fadigabilidade deve incluir escalas subjetivas e testes funcionais. Richardson et al. (2014) mostraram que o maior custo energético da marcha está associado à maior fadiga percebida. Assim, o monitoramento do tempo de caminhada, esforço e autonomia permite ajustar os programas conforme a resposta individual, otimizando o desempenho físico e psicológico dos idosos.

Por fim, a fadiga autopercebida deve ser vista como um sinal de fragilidade, e não apenas como consequência natural do envelhecimento. Kent-Braun (2009) ressalta que, embora o músculo idoso apresente certa resistência à fadiga, há perda de função global. Estratégias de exercício adaptado e apoio multidisciplinar são fundamentais para promover envelhecimento ativo e reduzir limitações funcionais.

CONCLUSÃO

Os achados apresentados reforçam que programas de exercício multicomponente, quando bem estruturados, são estratégias eficazes para reduzir a fadiga percebida e melhorar a qualidade de vida de idosos, inclusive aqueles com multimorbidade ou fragilidade.

A combinação de exercícios resistidos, aeróbicos e de equilíbrio, associada a abordagens motivacionais ou de mudança comportamental, potencializa os resultados, promove manutenção dos efeitos a longo prazo e favorece maior adesão. Além disso, intervenções individualizadas permitem que o idoso mantenha níveis de atividade física seguros, evitando compensações negativas decorrentes da fadiga

aguda, observa-se coerência com as evidências que apontam o treinamento de força como essencial para a melhoria funcional em idosos.

Esses resultados sustentam a inclusão do exercício físico como parte essencial dos programas de atenção à saúde da pessoa idosa, alinhando-se às recomendações internacionais para o envelhecimento ativo e funcional, para que possivelmente se possa melhorar a condição da fadiga à pessoa idosa.

Para reduzir a fadiga autopercebida em idosos, programas de exercício devem seguir os parâmetros das diretrizes da ACSM e da OMS: pelo menos 150 minutos semanais de atividade aeróbica moderada (ou equivalente), mais dois ou mais dias de fortalecimento muscular e exercícios de equilíbrio para os mais fragilizados. A adaptação às capacidades individuais é essencial, com progressão gradual e supervisão quando possível.

Intervenções estruturadas que combinam resistência, potência e exercícios aeróbicos tendem a apresentar resultados mais consistentes na diminuição da fadigabilidade percebida, tanto pela melhora da capacidade física como pela sensação subjetiva de energia (Chan et al., 2022; Liu et al., 2023; Vetrovsky et al., 2021). Programas comunitários ou domiciliares também são eficazes, desde que contem com suporte social e monitoramento para garantir adesão e segurança.

Além do exercício formal, é fundamental reduzir o tempo sedentário, com pausas ativas ao longo do dia e maior incorporação de movimento em tarefas cotidianas. Essas mudanças comportamentais, associadas à prática estruturada, atuam de forma sinérgica para reduzir a percepção de fadiga. Políticas públicas e profissionais de saúde devem incentivar essas práticas e oferecer suporte para sua implementação em larga escala, fortalecendo o envelhecimento ativo e saudável.

REFERÊNCIAS

- BARAKOU, I. et al. Effectiveness of physical activity interventions on reducing perceived fatigue among adults with chronic conditions: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Scientific Reports*, v. 13, art. 14582, 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia de Atividade Física para a População Brasileira*. Brasília: Secretaria de Atenção Primária à Saúde, 2021.
- CHAN, M. L. T. et al. The effects of low-impact moderate-intensity stepping exercise on fatigue and other functional outcomes in older adults with multimorbidity: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, v. 98, 2022, p. 104577.
- CHODZKO-ZAJKO, W. J. et al. American College of Sports Medicine position stand: Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 41, n. 7, p. 1510-1530, 2009.
- EGERTON, T. Self-reported aging-related fatigue: A concept description. *Physical Therapy*, v. 93, n. 10, p. 1403-1415, 2013.
- FINSTERER, J. Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 13, 218 (2012).
- FRAGALA, M. S. et al. *Resistance training for older adults: Position statement from the National Strength and Conditioning Association*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 33, n. 8, p. 2019–2052, 2019.
- GUEDES, D. P. et al. Physical activity and health-related quality of life in older adults. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, v. 17, n. 3, p. 287-293, 2012.
- HU T, Wang F, Duan Q, Zhao X, Yang F. Prevalence of fatigue and perceived fatigability in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2025 Feb 9;15(1):4818.
- HUNTER, G. R. et al. *Combined Aerobic/Strength Training and Energy Expenditure in Older Adults*. *Journal of Applied Physiology*, v. 115, n. 5, p. 785–791, 2013.
- HE, N. et al. Physical activity and perceived fatigability in older men: a longitudinal analysis. *Journal of Gerontology: Series A*, v. 77, n. 7, p. 1381-1389, 2022.
- HU, T. et al. Prevalence of fatigue and perceived fatigability in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 2025.

KENT-BRAUN, J. A. *Skeletal Muscle Fatigue in Old Age: Whose Advantage?* Exercise and Sport Sciences Reviews, v. 37, n. 1, p. 3–9, 2009.

KUTSUKAKE, Y. et al. Association between sedentary behavior and perceived physical fatigability in community-dwelling older adults. *Sensors*, v. 21, n. 5, p. 1718, 2021.

KLUGER BM, Krupp LB, Enoka RM. Fatigue and fatigability in neurologic illnesses: proposal for a unified taxonomy. *Neurology*. 2013 Jan

LIU, J. Y. W. et al. Effects of an individualised exercise programme plus Behavioural Change Enhancement (BCE) strategies for managing fatigue in frail older adults: a cluster randomised controlled trial. *BMC Geriatrics*, v. 23, art. 370, 2023

MCPHEE, J. S. et al. *Physical activity in older age: perspectives for healthy ageing*. Age and Ageing, v. 45, n. 3, p. 318–324, 2016.

MANINI, T. M. et al. Skeletal muscle mitochondrial energetics are associated with perceived fatigability in older adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, v. 75, n. 9, p. 1679-1685, 2020.

MOTA, D. D. C. F.; PIMENTA, C. A. M. Self-report instruments for fatigue assessment: a systematic review. *Research and Theory for Nursing Practice: An International Journal*, v. 20, n. 1, p. 49-78, 2006.

RICHARDSON, C. A. et al. *Walking Energetics, Fatigability, and Fatigue in Older Adults*. Exercise and Sport Sciences Reviews, v. 42, n. 2, p. 86–91, 2014.

SILVA, J. P. et al. Clinical, functional and inflammatory factors associated with self-perceived fatigue in older adults. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 15, n. 2, p. 124-130, 2011.

VETROVSKY, T. et al. Morning fatigue and structured exercise interact to affect non-exercise physical activity in older adults. *BMC Geriatrics*, v. 21, art. 179, 2021.

WENDER, C. L. A.; MANNINEN, M.; O'CONNOR, P. J. *The Effect of Chronic Exercise on Energy and Fatigue States: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials*. *Frontiers in Psychology*, v. 13, 2022.

WHO. Physical Activity Fact Sheet. Geneva: World Health Organization, 2024.

WHO. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organization, 2020.

O USO DE METODOLOGIAS INOVADORAS NA EDUCAÇÃO FÍSICA ESCOLAR

Glória Lontra Baptista
Thiago Teixeira Guimarães
Carlos Alberto Figueiredo da Silva

RESUMO

O uso de metodologias ativas na Educação Física escolar se destaca na literatura como uma proposta inovadora para promover uma prática pedagógica mais reflexiva, democrática e engajadora. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a inter-relação entre a aplicação dessas metodologias e a saúde emocional dos professores de Educação Física. Para tal, três subtemas foram explorados: a evolução histórica das metodologias de ensino da Educação Física no Brasil, os fundamentos e estratégias das metodologias ativas e os fatores relacionados à fadiga crônica emocional docente. Conclui-se que, embora as metodologias ativas representem uma alternativa promissora para a qualificação do trabalho docente e o aumento do engajamento dos alunos, sua implementação eficaz depende de condições estruturais, formação adequada e políticas educacionais de apoio, que também são essenciais para diminuir o esgotamento profissional e promover a saúde emocional dos docentes.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação pedagógica; Metodologias ativas; Educação física escolar; Síndrome de Burnout; Fadiga emocional.

INTRODUÇÃO

A Educação Física Escolar no Brasil passou por mudanças significativas em seus conteúdos e metodologias de ensino ao longo do século, evoluindo de um modelo inicialmente pautado na disciplinarização dos corpos para uma disciplina que integra a proposta pedagógica da escola, conforme estabelecido pela LDB nº 9.394/1996 (Castellani Filho, 2004). Essa trajetória, marcada por influências político sociais e tecnológicas, reflete uma valorização crescente do aluno como sujeito do processo de aprendizagem (Baio *et al.*, 2023).

De acordo com Libâneo (2013), é no contexto de mudanças sociais que emergem as metodologias ativas como um conjunto de propostas inovadoras que promove uma prática pedagógica mais reflexiva. Essas estratégias visam superar abordagens tradicionalmente centralizadoras e técnicas, posicionando professores e alunos como sujeitos ativos na construção coletiva do conhecimento (Gandin, 2001).

No entanto, a implementação dessas metodologias esbarra em uma realidade complexa, que é a falta de estrutura nas escolas e a necessidade de capacitação dos professores para aplicá-las, o que contribui para o aumento do estresse e fadiga emocional dos professores (Saviczki, 2019). A profissão docente é reconhecidamente um dos grupos de mais alto risco para o desenvolvimento da Síndrome de *Burnout*, uma condição de esgotamento físico e mental ligada ao estresse crônico no trabalho (Trindade *et al.*, 2018; Franciosi *et al.*, 2023). Fatores como condições precárias de trabalho, alta demanda burocrática e falta de reconhecimento contribuem para esse adoecimento (Silva *et al.*, 2022).

Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica para investigar a inter-relação entre o uso de metodologias ativas nas aulas de Educação Física e a saúde emocional dos professores, e entender como essas práticas pedagógicas inovadoras podem, a partir de um planejamento intencional e coletivo, potencializar o engajamento dos alunos e, simultaneamente, contribuir para um trabalho docente mais realizado e menos desgastante.

Para isto, utilizou-se como base de dados o Google Acadêmico devido sua alta abrangência em produções científicas. Como critério de filtro para escolha dos trabalhos, foi utilizado o descritor booleano “AND”, como conectivo para interligar as palavras-chave e refinar a investigação. Os termos de busca utilizados foram inicialmente “metodologias ativas”, “educação física”, “fadiga crônica”, escritos sem aspas. Inicialmente foram sinalizados mais de 16mil trabalhos científicos. Utilizou-se como critério de exclusão a margem de 10 anos; depois foi feita uma seleção com base nos títulos e excluídos os trabalhos repetidos. Ainda assim apresentou-se um quantitativo expressivo de estudos. Após isso foi acrescido na pesquisa o descritor “Burnout” e “educação física escolar”. Chegando num quantitativo de 76 trabalhos. Destes alguns arquivos não abriram ou não foi possível o acesso. Após isso, foi feita a leitura dos resumos dos trabalhos remanescentes, e então, foram descartados os estudos que não tinham relação com a temática pesquisada. Sobraram 31 para leitura na íntegra. Algumas referências foram acrescidas devido ao grau de importância do autor como foi o caso do Gandim (2001) em seu estudo sobre planejamento participativo, Castellani Filho (2004) sobre a história da educação física e Libâneo (2013) que disserta sobre a didática democrática.

Discussões que permitam um melhor entendimento da inter-relação entre formação continuada com propostas inovadoras e saúde emocional de docentes de educação física, portanto, são necessárias. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi revisar a literatura sobre. Espera-se que o conhecimento compreendido

possa ajudar a construir argumentos e nortear ações capazes de promover serviços profissionais conscientes para a sociedade.

DISCUSSÃO

O tema deste estudo aborda a inter-relação entre o uso de metodologias ativas em aulas de educação física escolar como uma proposta de otimização do trabalho docente e aumento da participação ativa dos alunos na construção de uma aprendizagem ativa. Essa temática apresenta inúmeras vertentes e possibilidades de debates. É possível dialogar, por exemplo, sobre a dificuldade ou resistência em que alguns professores deste segmento têm de trabalhar com essas novas abordagens em função de fadiga crônica emocional já instalada, quais são as novas tendências metodológicas inovadoras, o histórico de práticas e conteúdo da educação física escolar no Brasil, a formação acadêmica dos novos professores, políticas públicas educacionais de incentivo a formação continuada no segmento, entre outros. Destacaremos de forma objetiva neste trabalho como se sucedeu ao longo da história no Brasil as mudanças das práticas pedagógicas na educação física escolar, o que é, e quais são as metodologias ativas atualmente mais utilizadas em salas de aulas, e como esse processo de alterações das práticas de ensino vão influenciar na fadiga crônica emocional relatada por professores que atuam no seguimento escolar.

A evolução das metodologias de ensino na educação física escolar do Brasil

A educação física como prática de atividade física dentro do contexto escolar chega ao Brasil através da Reforma Couto Ferraz em 1851. Inflamada pelo ideal higienista da época, onde através da prática de exercícios ginásticos aplicados as crianças e os jovens, construíra-se uma nação higiênica e saudável (Mommad, 2020).

Posteriormente no Estado Novo, o Brasil passa por um intenso processo de industrialização e urbanização, influenciado também, pela crescente tensão internacional do período entre guerras. Nesse cenário, em 1937, é consolidada a Constituição Federal, que pela primeira vez na história do país, institucionaliza a Educação Física como prática educativa obrigatória no âmbito escolar (Baio *et al.*, 2023). O objetivo era a formação de corpos dóceis e úteis, preparados para cumprir com seus deveres perante a economia e a defesa nacional, "redefinir os padrões de conduta física, moral e intelectual da nova família brasileira" (Castellani Filho, 2004; p. 39).

Com a promulgação da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação, a LDB nº4.024/1961, a Educação Física apresenta uma orientação mais estruturada pedagogicamente, ampliando sua obrigatoriedade até os 18 anos (BRASIL, 1961). Nesta fase, temos a introdução do Método Desportivo Generalizado, trazendo uma abordagem mais lúdico esportiva as práticas de educação física escolar.

Em 1971, através do Decreto-Lei nº 5.692, estende-se a obrigatoriedade da Educação Física ao nível universitário (BRASIL, 1971). Havia, por trás dessa medida, uma intenção política clara: ocupar o tempo livre dos estudantes com práticas esportivas, de modo a inibir a mobilização de movimentos de oposição ao governo. Por isso, as atividades estimuladas possuíam um caráter altamente diretivo e estavam voltadas, sobretudo, para a especialização técnica esportiva (Castellani Filho, 2004; Mommad, 2020; Baio *et al.*, 2023).

Inflamadas pelos anseios sociais de liberdade e democracia, a partir da década de 80 começam a surgir abordagens críticas da educação. Essas tendências vão

influenciar diretamente na elaboração da terceira LDB, nº 9.394/1996, através dela a educação física passa a ser considerada uma disciplina, o que legitimou sua importância pedagógica e formativa para os estudantes dentro do espaço escolar (Mommad, 2020; Baio *et al.*, 2023). De acordo com o disposto na lei, “a Educação Física, integrada à proposta pedagógica da escola, é componente curricular da educação básica, ajustando-se as faixas etárias e às condições da população escolar” (BRASIL, 1996, art. 26, §3º).

Analizando os contextos históricos da Educação Física no Brasil até a sua oficialização como disciplina escolar obrigatória, por meio do decreto do Decreto-lei 10.793/2003, percebe-se como os aspectos políticos da sociedade influenciaram nos propósitos aos quais a disciplina vem se aplicando ao longo desse tempo e como isso, reflete na forma de participação dos estudantes e da atuação dos professores nas aulas (Mommad, 2020; Baio *et al.*, 2023).

É neste contexto que aparecem as propostas inovadoras da educação, que seriam metodologias de ensino que promovem uma prática pedagógica mais democrática, reflexiva e diversificada, guiada pelos princípios sociais e críticos, visando contribuir para uma formação mais reflexiva e contextualizada do estudante sobre a cultura corporal de movimento (Gandin, 2001; Libâneo, 2013; Maldonado, Neira, 2022).

Essa evolução das metodologias e práticas dentro da educação física escolar tem contribuído significativamente para a construção de aulas mais acolhedoras, ao passar a incorporar abordagens e conteúdo que valorizam a diversidade cultural, as identidades plurais e a inclusão de diferentes práticas corporais. Conforme discutido no artigo de Gonçalves e Silva (2023), a ampliação do currículo além das tradicionais modalidades esportivas eurocêntricas permite que sujeitos com variadas experiências, narrativas e identidades sejam reconhecidos e respeitados nas aulas, evitando a exclusão de grupos historicamente marginalizados. Além disso, o uso pedagógico da ‘TRANSidentidade’ estimula os educadores a repensarem suas práticas, promovendo a reflexão contínua e a ressignificação didática que acolhe singularidades e diferenças de maneira equitativa (Gonçalves, Silva, 2023).

Metodologias Ativas de Ensino

De acordo com Quixabeira *et al.* (2021, p.1), metodologias ativas:

são formas de desenvolver o processo de aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando às condições de solucionar com sucesso, desafios advindos das atividades essenciais da prática social em diferentes contextos, pois, se baseiam em estratégias de ensino fundamentadas na concepção pedagógica crítico e reflexiva que permitem leitura e intervenção sobre a realidade favorecendo a interação entre os diversos atores do processo e valorizando uma construção coletiva do conhecimento e de seus diferentes saberes e cenários de aprendizagem. (Quixabeira *et al.*, 2021, p.1)

Saviczki (2019, p.28) define metodologias ativas como um “processo de ensinagem dialógico, ativo e participativo”. Já Silva (2020), em seu ensaio, definiu como uma abordagem pedagógica que envolve ativamente o alunado no processo de elaboração, implementação e avaliação do planejamento educacional. Nesse contexto, entende-se que todos os participantes do processo de ensino, sejam eles alunos, professores, comunidade escolar como um todo são considerados sujeitos ativos, capazes de contribuir com suas experiências e conhecimentos para a construção de práticas educativas mais democráticas e ativas (Gandin, 2001).

Pensando nessas definições, podemos tomar como conceito de metodologias ativas todas aquelas estratégias didáticas que passam a ser uma alternativa inovadora nas aulas de educação física, visando a superação das propostas tradicionalmente centralizadoras, diretivas, puramente técnicas e instrumental sem contexto sociocultural (Libâneo, 2013). São considerados alguns exemplos de estratégias metodológicas de ensino inovadoras e ativas da educação: a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e metodologia da Problemática; a Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE); a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPJ ou PBL, do inglês *Project-Based Learning*); Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*); a Gamificação; e a Rotação por Estações (Berbel, 1998; Krug *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2020; Silva, Felício, 2020; Quixabeira *et al.* 2021; Kogure *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2023; Rey *et al.*, 2025).

De acordo com Berbel (1998), é importante termos em mente a diferença entre a metodologia da Problemática, onde os problemas são extraídos pelos alunos a partir da observação da realidade social, privilegiando a construção coletiva do conhecimento. Já na ABP, os problemas são previamente elaborados por especialistas para cobrir conteúdos curriculares essenciais, e o estudo ocorre basicamente de forma individual, com posterior discussão em grupo tutorial, utilizando o conhecimento prévio para desenvolver raciocínio e solução de casos. Além disso, a problemática enfatiza o trabalho conjunto contínuo no grupo sob supervisão docente, enquanto a ABP intercala trabalho individual e coletivo (Berbel, 1998). Assim, apesar de se aproximarem na proposta de ensino centrada em problemas, a Metodologia da Problemática e a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) têm fundamentos, processos e objetivos pedagógicos diferentes.

Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE) é uma abordagem pedagógica que envolve a colaboração estruturada de pequenos grupos de estudantes para o desenvolvimento conjunto do conhecimento, habilidades e atitudes, promovendo a construção coletiva do aprendizado por meio da interação e da responsabilidade compartilhada na resolução de problemas ou tarefas acadêmicas (Krug *et al.*, 2016).

Segundo Oliveira *et al.* (2020), a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPJ ou PBL) é um método de ensino que utiliza projetos autênticos e realistas, baseados em questões ou problemas motivadores e envolventes, para ensinar conteúdos acadêmicos de forma cooperativa, envolvendo a construção de artefatos que materializam ideias, permitindo uma aprendizagem experimental e interdisciplinar, aproximando os conteúdos escolares da vida cotidiana.

A metodologia “Sala de Aula Invertida ou *Flipped Classroom*” consiste em uma metodologia ativa híbrida que inverte o modelo tradicional de ensino. Ele parte de uma leitura e pesquisa prévia dos alunos em casa por meio de recursos digitais (como vídeos e textos), enquanto o tempo em aula é destinado a atividades práticas, resolução de problemas, tira-dúvidas e colaboração entre os estudantes, com o professor atuando como mediador e orientador do processo de aprendizagem (Pereira *et al.*, 2023).

A gamificação é definida como uma metodologia ativa baseada em elementos e dinâmicas de jogos, que visa tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico, interativo e motivador para os alunos (Rey *et al.*, 2025). Tem como pontos positivos da proposta o uso de elementos tecnológicos do mundo dos alunos tornando as aulas mais atrativas e contextualizadas com o universo digital. No entanto, Rey *et al.* (2025), também apontam as dificuldades na implementação dessa proposta. Como a falta de familiaridade dos professores com as tecnologias, a carência de estrutura física e tecnológica nas escolas limita o acesso e aplicabilidade dessa proposta.

A Rotação por Estações, de acordo com Silva e Felício (2020), é uma proposta metodológica que organiza atividades em diferentes estações de aprendizagem, possibilitando que os alunos trabalhem de forma individual ou colaborativa em conteúdos relacionados, promovendo autonomia e flexibilidade, inclusive no ensino híbrido ou não presencial. Os alunos, passam por todas as estações trocando informações e complementando seus trabalhos à medida que circulam.

Conforme demonstrados nos estudos acima, as metodologias ativas são uma proposta pedagógica promissora que pode transformar a prática docente. Pereira *et al.* (2023) destaca que quando bem implementadas, elas têm o potencial de aumentar o engajamento dos alunos e promover práticas educativas mais ativas e democráticas. Um dos maiores benefícios para o professor é que essa abordagem, baseada em um planejamento pedagógico intencional e coletivo, pode contribuir para o desenvolvimento de um trabalho mais realizado e menos desgastante (Rey *et al.*, 2025).

A fadiga crônica emocional dos professores de educação física que atuam em escolas

O Ministério da Saúde (BRASIL, 2024) apresenta a definição da Organização Mundial da Saúde (OMS) para saúde mental:

a saúde mental e emocional é um estado de bem-estar que permite às pessoas enfrentar os desafios da vida, desenvolver seu potencial e contribuir com a comunidade, representando não apenas a ausência de doenças, mas um direito humano fundamental e a base para um desenvolvimento pessoal e social. (BRASIL, 2024)

Complementando esta visão, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2023) ressalta a importância de se compreender que a saúde emocional é uma condição multifatorial, ou seja, além dos aspectos individuais e biológicos, ela também apresenta determinantes ambientais, econômicos e sociais. Dentre as principais doenças e transtornos que atingem a saúde emocional da população nos dias atuais, encontramos os Transtornos de Ansiedade e o *Burnout*.

A ansiedade é uma complexa variedade de emoções e manifestações mentais e físicas que se desencadeiam em resposta a situações comuns do cotidiano e que têm acompanhado a evolução da espécie humana (BRASIL, 2024). Fernandes e Silva (2024) em seu estudo, conceituam que a fisiopatologia da ansiedade envolve uma complexa base neurofisiológica, caracterizada pela desregulação de sistemas-chave, onde o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal apresenta hiperatividade, levando a respostas exacerbadas ao estresse, isso acontece ao mesmo tempo que, os circuitos neurais integrados no sistema límbico, que são responsáveis pelo processamento do medo e das emoções, tornam-se hiperativos.

O Transtorno de Ansiedade configura-se quando a ativação desregulada desse sistema persiste, resultando em preocupações excessivas e no comprometimento significativo do funcionamento diário, ou seja, os sintomas e as emoções relacionadas a ela passam a interferir significativamente na vida de um indivíduo prejudicando seu desempenho e ou causando sofrimento crônico (Fernandes, Silva, 2024). O Transtorno de Ansiedade é uma condição socio psicofisiológica caracterizada por uma preocupação excessiva, expectativas e medos persistentes em relação a situações e eventos diversos que interferem diretamente nas funções diárias da vida do indivíduo (BRASIL, 2024).

Franciosi *et al.* (2023), conceituam a Síndrome de *Burnout* como um transtorno ligado ao estresse crônico no ambiente de trabalho, apresentando três dimensões: a exaustão física e emocional, que seria uma sensação de fadiga crônica física e emocional; despersonalização, que seria o desenvolvimento de atitudes negativas e de não mais se reconhecer no processo; e a diminuição da realização pessoal, que gera um sentimento de descrédito da capacidade individual de desempenhar de forma satisfatória as atividades diárias e exacerbação do sentimento fracasso.

Conforme divulgado pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2023), com base na OMS:

Burnout é um distúrbio emocional com sintomas de exaustão extrema, estresse e esgotamento físico resultante de situações de trabalho desgastante, que demandam muita competitividade ou responsabilidade. A principal causa da doença é justamente o excesso de trabalho. Esta síndrome é comum em profissionais que atuam diariamente sob pressão e com responsabilidades constantes, como médicos, enfermeiros, professores[...]

Trindade *et al.* (2018) em seu estudo, destacam de forma contundente que a profissão docente é um dos grupos de mais alto risco de desenvolvimento da Síndrome de *Burnout* e de outros transtornos relacionados a saúde mental e emocional. Pereira e Freitas (2019) destacam ainda que isso é devido à natureza do trabalho que envolve relação direta e contínua com indisciplina dos alunos e suas famílias, falta de reconhecimento social, condições precárias de trabalho, infraestrutura inadequada, acúmulo de funções e altas demandas burocráticas, exigência de produtividade e desempenho acadêmico dos alunos, além da baixa remuneração.

Silva *et al.* (2022) abordam no texto a exigência de formação continuada e a falta de tempo para realizá-la como fatores estressantes para os professores da educação básica. Segundo os autores,

a cobrança por uma formação continuada e atualizada, aliada à necessidade de versatilidade e criatividade na prática pedagógica, ocorre independentemente das condições encontradas em sala de aula. Essa demanda, somada a outras exigências da jornada de trabalho, contribui para cansaço crônico, altos níveis de estresse, desmotivação e ansiedade (Silva *et al.*, 2022, p.9)

Além disso, a sobrecarga de trabalho, que inclui atividades extraescolares como planejamento e correção, deixa pouco tempo disponível para descanso, lazer ou cuidados com a saúde, dificultando a dedicação à formação continuada (Silva *et al.*, 2022).

Um outro fator importante que impacta diretamente na saúde emocional de professores são os constantes ataques governamentais as reformas trabalhistas e as políticas públicas avaliativas das redes de ensino. Essas medidas intervêm na autonomia pedagógica e didática, e aumentam as demandas burocráticas do trabalho, diminuindo consequentemente, a satisfação e acarretando sentimento de incompetência e/ou de insatisfação (Trindade *et al.*, 2018).

Quando analisado o constructo da Síndrome de *Burnout*, a fadiga emocional foi o aspecto multifatorial que se apresentou como o principal fator de preocupação, pois é considerada como a primeira etapa da doença e a porta de entrada para fragilidades nas demais dimensões (Trindade *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2022).

Com base no que foi apresentado nos estudos acima, a oferta de formação continuada em horário de trabalho, com remuneração adequada e melhoria nas

condições de trabalho, favoreceria a adoção dessas metodologias e reduziria o adoecimento docente, frequentemente associado a sobrecarga de trabalho e à falta de retorno por parte dos alunos.

CONCLUSÃO

Com base na discussão apresentada através dos estudos, foi possível observar que a inter-relação entre o uso de metodologias ativas em aulas de Educação Física e a fadiga emocional crônica dos professores da de educação física da educação básica revela um complexo cenário em que os desafios pedagógicos e emocionais se encontram. O uso das metodologias ativas são uma proposta positiva de trabalho, porém dependem de condições estruturais e pessoais favoráveis, pois necessitam de um suporte material e estrutura física das escolas, além de capacitação para professores aplicarem de forma correta as propostas.

Muitos professores são resistentes a essa proposta, pois além deles terem tido a sua formação acadêmica estruturada de forma tradicional, mudar toda a didática de trabalho inicialmente representaria mais uma demanda burocrática dentro da carga horária já exaustiva de trabalho e muitas vezes sem um auxílio financeiro.

A literatura aponta para a necessidade de um planejamento pedagógico intencional, participativo e coletivo como um caminho para potencializar o engajamento dos alunos, promover práticas educativas mais significativas e contribuir para a saúde emocional dos docentes. Nesse sentido, a promoção de políticas governamentais que atualizem os currículos de formação inicial, incorporando tais abordagens e o domínio de tecnologias educacionais, poderia preparar melhor as novas gerações de professores.

REFERÊNCIAS

- BAIO, C. G. de C. et al. Estratégias participativas construídas entre estudantes e professora nas aulas de educação física. *Motricidades*, Fortaleza, CE, v. 7, n. 2, p. 117-127, 2023. Seção especial. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.29181/2594-6463-2023-v7-n2-secesp-p117-127>. Acesso em: 15 mar 2024.
- BERBEL, N. A. N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas. *Interface: Comunicação, Saúde, Educação*, v. 2, n. 2, p. 145-160, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/icse/a/BBqnRMcdxXyvNSY3YfztH9J/?lang=pt>. Acesso em: 10 de abril de 2025.
- BRASIL. Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. Diretrizes e Bases da Educação Nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 27 dez. 1961. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4024.htm. Acesso em: 3 abr. 2024.
- BRASIL. Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 12 ago. 1971. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5692.htm. Acesso em: 3 abr. 2024.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 15 out. 2024.
- BRASIL. Lei nº 10.793, de 1º de dezembro de 2003. Altera a redação do art. 26, § 3º, e do art. 92 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 dez. 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.793.htm. Acesso em: 2 out. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Síndrome de Burnout. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/sindrome-de-burnout>. Acesso em: 15 out. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Saúde Mental. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-mental>. Acesso em: 10 out. 2025.
- CASTELLANI FILHO, L. Educação física no Brasil: a história que não se conta. 10. ed. Campinas: Papirus, 2004.

FERNANDES, N. A. R. M.; SILVA, C. A. F. da. Transtorno de ansiedade: como o ambiente escolar e as aulas de educação física contribuem para o combate? *Revista Interdisciplinar Cadernos Cajuína*, v. 9, n. 5, 2024. Disponível em: <https://v3.cadernoscajuina.pro.br/index.php/revista/article/view/302>. Acesso em: 1 out. 2025.

FRANCIOSI, A. P.; VIEIRA, S. V.; BOTH, J. Satisfação no trabalho e síndrome de burnout em professores de educação física da educação básica. *Ciencias de la Actividad Física*, Talca, v. 24, n. 1, p. 1-18, 2023. DOI: <https://doi.org/10.29035/rcaf.24.1.2>. Acesso em: 10 out. 2025.

GANDIN, D. A posição do planejamento participativo entre as ferramentas de intervenção na realidade. *Currículo sem Fronteiras*, v. 1, n. 1, p. 81-95, 2001. Disponível em: <http://www.curriculosemfronteiras.org>. Acesso em: 27 jun. 2024.

GONÇALVES, C. H. R.; SILVA, C. A. F. da. Educação Física que não escolhe, acolhe. *Movimento*, Porto Alegre, v. 29, p. e29003, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1982-8918.124789>. Acesso em: 15 out. 2025.

KOGURE, G. S. et al. Metodologias ativas aplicadas à formação do profissional de educação física: uma revisão integrativa. *Caderno de Educação Física e Esporte*, Marechal Cândido Rondon, v. 21, n. 1, p. 1-10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36453/cefe.2023.30531>. Acesso em: 2 out. 2025.

KRUG, R. de R. et al. O "bê-á-bá" da aprendizagem baseada em equipe. *Revista Brasileira de Educação Médica*, Brasília, DF, v. 40, n. 4, p. 602-620, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v40n4e00452015>. Acesso em: 5 out. 2025.

LIBÂNEO, J. C. Didática. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

MALDONADO, D. T.; NEIRA, M. G. Planejamento participativo nas aulas de educação física. *Arquivos em Movimento*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 248-268, 2022. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/arquivosemmovimento/article/view/60017>. Acesso em: 6 maio 2024.

MOMMAD, M. L. A história da educação física escolar no Brasil: leis e decretos norteadores. *Horizontes Revista de Educação*, Dourados, MS, v. 9, n. 16, p. 1-20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.30612/hre.v9i16.13118>. Acesso em: 23 maio 2024.

OLIVEIRA, S. L. de; SIQUEIRA, A. F.; ROMÃO, E. C. Aprendizagem baseada em projetos no ensino médio: estudo comparativo entre métodos de ensino. *Bolema*, Rio Claro, SP, v. 34, n. 67, p. 764-785, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n67a20>. Acesso em: 5 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Saúde mental. Brasília, DF: OPAS, 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/saude-mental>. Acesso em: 10 out. 2025.

PEREIRA, E. C. de C. S.; FREITAS, R. G. de. Panorama global sobre burnout em professores de educação física. *Trabalho & Educação*, Belo Horizonte, v. 28, n. 2, p. 97-111, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/trabedu/article/view/9825>. DOI: <https://doi.org/10.35699/2238-037X.2019.9825>. Acesso em: 7 out. 2025.

PEREIRA, L. dos S. et al. Sala de aula invertida: possibilidades no ensino da educação física escolar. *Revista Contemporânea*, v. 3, n. 8, p. 9967-9983, 2023. DOI: <https://doi.org/10.56083/RCV3N8-004>. Acesso em: 5 out. 2025.

QUIXABEIRA, A. P. da S. et al. Metodologias ativas e o ensino de educação física: uma revisão da literatura. *Revista Observatório*, Palmas, v. 7, n. 1, p. 1-14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2021v7n1a12pt>. Acesso em: 3 out. 2025.

REY, A. dos S.; LINHARES, D. G.; BORBA-PINHEIRO, C. J. La gamificación como metodología activa en educación física escolar: revisión sistemática de estudios cualitativos. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, v. 15, n. 1, p. 147-160, 2025. DOI: <https://doi.org/10.15332/10649>. Acesso em: 2 ago. 2025.

SAVICZKI, S. C. Prática pedagógica de professores em cursos técnicos de nível médio: aplicação de metodologias ativas. 2019. 150 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/8589>. Acesso em: 7 out. 2025.

SILVA, A. S. F. et al. Ansiedade e depressão em professores da rede básica de ensino da educação brasileira: revisão sistemática. *Pedagogia em Ação*, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 1-20, 2022. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/pedagogiacao/article/view/28836>. Acesso em: 2 out. 2025.

SILVA, P. A. da. Planejamento participativo nas aulas de educação física escolar: significados existentes nesta proposta. 2020. 146 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/jspui/handle/handle/23635>. Acesso em: 18 abr. 2025.

SILVA, R. A. da; FELICIO, C. M. Rotação por estações: uma proposta didática para formação integral na educação de jovens e adultos. 2020. 150 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação) - Instituto Federal Goiano, Morrinhos, GO, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1713>. Acesso em: 1 out. 2025.

TRINDADE, M. de A.; MORCERF, C. C. P.; OLIVEIRA, M. S. de. Saúde mental do professor: uma revisão de literatura com relato de experiência. Conecte-se! Revista Interdisciplinar de Extensão, v. 2, n. 4, p. 42-59, 2018. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/conecte-se/article/view/17609>. Acesso em: 10 out. 2025.

MONITORAMENTO DA FADIGA EM PROTOCOLOS M-HIIRT

Matheus Garcia de A. Ferreira
Thiago Teixeira Guimarães
Walace Monteiro

RESUMO

A literatura recente tem demonstrado que o *Multimodal High-Intensity Interval Resistance Training* (M-HIIRT), caracterizado pela combinação de exercícios resistidos com exercícios de grandes grupamentos musculares com menor carácter localizado, como a corrida e caminhada, organizados em formato intervalado, é eficaz para promover adaptações simultâneas de força e aptidão cardiorrespiratória. Contudo, pouco se sabe sobre as respostas fisiológicas agudas desses protocolos em relação aos mecanismos de fadiga. O presente trabalho tem como objetivo revisar a literatura sobre as respostas de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), concentração de lactato sanguíneo ([La]) e percepção subjetiva de esforço (PSE) em sessões de M-HIIRT, discutindo sua interação como indicadores complementares da carga interna de treinamento. As evidências sugerem que o $\dot{V}O_2$ representa um marcador robusto de desempenho cardiorrespiratório, o [La] indica a magnitude da contribuição anaeróbia e da perturbação metabólica, enquanto a PSE desponta como a ferramenta mais sensível para monitorar a fadiga aguda nesses protocolos. Dessa forma, conclui-se que a análise integrada desses três desfechos possibilita uma compreensão mais ampla da carga fisiológica e perceptiva em sessões de alta intensidade, oferecendo suporte para o planejamento do treinamento, tanto em populações clínicas quanto em contextos de desempenho esportivo.

PALAVRAS-CHAVE: Fadiga; Treinamento intervalado; Lactato sanguíneo; Consumo de oxigênio; Percepção subjetiva de esforço.

INTRODUÇÃO

Caracterizados pela combinação de exercícios resistidos e exercícios de grandes grupamentos musculares com menor caráter localizado, como a corrida e caminhada, executados de forma circuitada, o protocolo *Multimodal High-Intensity Interval Resistance Training* (M-HIIRT), tem ganhado destaque por sua eficiência em gerar adaptações fisiológicas robustas em um curto espaço de tempo (Ballestra-García *et al.*, 2019; Smith *et al.*, 2022; Barreto *et al.*, 2023). Este tipo de treinamento possibilita ganhos simultâneos de força e aptidão cardiorrespiratória, de forma eficiente em termos de tempo e pode ser aplicável a diferentes contextos, desde a promoção da saúde até o alto rendimento esportivo (Buckley *et al.*, 2015; Benito *et al.*, 2016; Archila *et al.*, 2021). Uma revisão recente reforça que os protocolos que intercalam estímulos como a caminhada e a corrida, com exercícios resistidos em circuito são eficazes para elevar variáveis fisiológicas como o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), a frequência cardíaca (FC) e o lactato sanguíneo ([La]), quando comparados a formatos de treino contínuo com o mesmo volume externo (Sharp *et al.*, 2024).

No campo da fisiologia do exercício, compreender essas respostas agudas é essencial, pois elas expressam a carga interna imposta ao organismo durante o esforço. A carga interna refere-se às respostas fisiológicas e perceptuais resultantes, como FC, $\dot{V}O_2$, [La] e percepção subjetiva de esforço (PSE), enquanto a carga externa corresponde às variáveis objetivas da sessão como número de repetições, séries, tempo de esforço, carga aplicada, distância ou velocidade (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019). Monitorar essas duas dimensões de forma integrada é fundamental para entender não apenas a eficácia do treino, mas também o nível de estresse fisiológico acumulado, a tolerância do praticante e o risco de fadiga.

A fadiga aguda, nesse contexto, emerge como um fenômeno que pode limitar a continuidade do exercício e influenciar diretamente o desempenho e a recuperação. De acordo com Enoka e Duchateau (2016), a fadiga não deve ser entendida apenas como falha muscular, mas como uma interação entre fatores centrais e periféricos que alteram a produção de força, a sensação de esforço e a tolerância ao exercício. Em protocolos intervalados, diferentes arranjos de trabalho e recuperação modulam a magnitude da fadiga, seja pelo acúmulo de metabólitos, pela depleção energética ou por alterações na regulação autonômica (Girard; Mendez-Villanueva; Bishop, 2011). Um estudo comparativo mostra, por exemplo, que manipulações na duração dos intervalos de recuperação podem alterar substancialmente tanto a carga interna quanto o nível de fadiga percebida, mesmo quando a carga externa permanece constante (Branquinho *et al.*, 2021).

Analisar as respostas agudas em protocolos de M-HIIRT oferece uma perspectiva dupla: de um lado, essas variáveis funcionam como indicadores de carga interna e, portanto, de intensidade do esforço (Buchheit; Laursen, 2013; Fisher *et al.*, 2017); de outro, constituem marcadores indiretos de fadiga, refletindo o custo fisiológico das sessões e sua relação com a capacidade de recuperação (Angleri *et al.*, 2019). Tal abordagem é relevante não apenas para a otimização da prescrição do exercício, mas também para ampliar o conhecimento sobre como diferentes arranjos metodológicos impactam a tolerância e a adesão a longo prazo (Fisher *et al.*, 2017).

Assim, compreender o papel da fadiga nos protocolos de M-HIIRT pode contribuir para estratégias de treinamento mais seguras e eficazes, com implicações práticas tanto na saúde quanto no desempenho esportivo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é discutir sobre as respostas agudas de $\dot{V}O_2$, [La] e PSE em protocolos M-HIIRT e sua relação com os mecanismos de fadiga.

DISCUSSÃO

O entendimento dos mecanismos que contribuem para a fadiga aguda durante o exercício físico requer a análise integrada de variáveis fisiológicas e perceptivas capazes de refletir a carga interna imposta ao organismo. No contexto dos protocolos M-HIIRT, o $\dot{V}O_2$, [La] e PSE se destacam como indicadores complementares, permitindo avaliar de forma abrangente a resposta cardiorrespiratória, metabólica e psicofisiológica ao treinamento. A seguir, serão discutidas as respostas agudas dessas variáveis e suas inter-relações com os mecanismos de fadiga induzidos pelo exercício de alta intensidade.

Consumo de Oxigênio ($\dot{V}O_2$)

Amplamente reconhecido como um dos principais indicadores da capacidade cardiorrespiratória e da intensidade do esforço físico, representa a quantidade de oxigênio captada, transportada e utilizada pelos músculos durante o exercício, refletindo a eficiência dos sistemas cardiovascular, respiratório e metabólico em sustentar a produção de energia aeróbia (Mcardle; Katch; Katch, 2016).

Em situações de exercício progressivo, observa-se aumento proporcional do $\dot{V}O_2$ até que se alcance o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, limite associado à capacidade máxima de fornecimento e utilização de oxigênio pelo organismo (Poole; Jones, 2017). Em relação à fadiga, a elevação aguda do $\dot{V}O_2$ durante esforços intensos indica maior solicitação cardiorrespiratória, podendo antecipar o aparecimento da fadiga periférica quando a demanda energética ultrapassa a capacidade aeróbia de sustentação (Keir *et al.*, 2016), outro fator, diz respeito a situações de hipóxia aguda, que limitam a disponibilidade de oxigênio, exacerbam a fadiga periférica e prejudicam o tempo até a exaustão, mesmo quando o $\dot{V}O_2$ está elevado, indicando que a limitação aeróbia antecipa a fadiga muscular (McKeown *et al.*, 2020).

Estudos em protocolos de M-HIIRT demonstram que a combinação de exercícios resistidos e exercícios metabólicos em formato intervalado eleva de maneira significativa o $\dot{V}O_2$ durante a sessão, quando comparado a formatos contínuos de intensidade moderada, evidenciando maior estresse fisiológico agudo (Mate-Muñoz *et al.*, 2017; Nasci *et al.*, 2018; Nuñez *et al.*, 2020). Esses achados reforçam a aplicabilidade do $\dot{V}O_2$ como marcador sensível para mensurar o impacto metabólico imediato do exercício, além de evidenciar que protocolos multimodais de alta intensidade conseguem simultaneamente estimular ganhos aeróbios e neuromusculares.

Lactato Sanguíneo ([La])

Considerado um marcador clássico da intensidade do exercício e do metabolismo anaeróbio, sua produção está diretamente associada à glicólise acelerada em situações de elevada demanda energética, nas quais o suprimento de oxigênio não é suficiente para atender às necessidades musculares (Brooks, 2020).

Em condições de esforço intenso, o acúmulo de lactato vem acompanhado do aumento da concentração de íons H^+ , levando à acidose metabólica e comprometendo a eficiência da contração muscular (Gladden, 2004). Esse processo está intimamente ligado à instalação da fadiga aguda, já que a acidose pode reduzir a excitabilidade da membrana e prejudicar o acoplamento excitação-contração,

resultando em queda de desempenho ou interrupção precoce do exercício (Robergs; Ghiasvand; Parker, 2004).

Estudos recentes que compararam diferentes formatos de protocolos M-HIIRT demonstram que a organização do circuito interfere diretamente nos níveis de lactato. Nuñez *et al.* (2020), por exemplo, verificaram concentrações mais elevadas após protocolos iniciados com corrida intervalada em alta intensidade, quando comparados a modelos que intercalaram a corrida com blocos de força. Esses resultados sugerem que pequenas alterações na disposição dos exercícios podem modificar substancialmente a contribuição anaeróbia da sessão, influenciando a magnitude da fadiga. Além disso, pesquisas apontam que protocolos intervalados com pausas ativas favorecem a depuração do lactato, enquanto pausas passivas tendem a potencializar seu acúmulo (Menziés *et al.*, 2010; Nalbandian; Radak; Takeda, 2017).

Dessa forma, a análise do lactato sanguíneo permite compreender não apenas a intensidade do esforço, mas também o equilíbrio entre as vias metabólicas envolvidas, consolidando-se como ferramenta útil para monitorar a fadiga em exercícios de alta intensidade.

Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)

Constitui um dos marcadores psicofisiológicos mais utilizados para avaliar a intensidade do exercício e sua relação com a fadiga. Definida como uma medida subjetiva que integra sinais centrais e periféricos sobre o esforço realizado, a PSE reflete simultaneamente informações fisiológicas, como frequência cardíaca e ventilação, e fatores psicológicos, como motivação, estresse e fadiga mental (Borg, 1998).

Diferentemente de medidas objetivas, a PSE possui a vantagem de captar de maneira integrada a experiência do indivíduo durante a sessão, revelando-se altamente prática para monitorar o impacto de diferentes protocolos de treino. Do ponto de vista da fadiga, valores mais elevados de PSE estão associados ao aumento da tensão fisiológica e ao acúmulo de metabólitos, mas também a aspectos subjetivos que podem potencializar a sensação de esgotamento (Impellizzeri *et al.*, 2004; Falk Neto *et al.*, 2020).

Em protocolos M-HIIRT, estudos têm mostrado que, apesar da alta intensidade dos estímulos, a dinâmica variada dos circuitos pode modular a percepção de esforço, tornando-a menos aversiva do que em sessões contínuas de mesma intensidade (Heisz *et al.*, 2016; Thum *et al.*, 2017). Além disso, a PSE tem demonstrado boa correlação com a carga interna de treinamento, sendo utilizada para calcular índices como a PSE da sessão, o que permite quantificar a densidade do treino e relacioná-la diretamente com a percepção de fadiga (Foster *et al.*, 2001).

Nesse sentido, a PSE desponta como um marcador simples, acessível e de grande aplicabilidade, que auxilia na compreensão da relação entre intensidade do esforço e fadiga, tanto em contextos de saúde quanto de desempenho esportivo.

Perspectivas Futuras

Diante do exposto, torna-se evidente que o monitoramento das respostas fisiológicas agudas em protocolos M-HIIRT deve contemplar múltiplas perspectivas, integrando variáveis bioquímicas, de desempenho e perceptivas. Enquanto o lactato sanguíneo reflete a contribuição anaeróbia e a sobrecarga metabólica, e o $\dot{V}O_2$ expressa a magnitude da solicitação cardiorrespiratória, ambos apresentam

limitações em termos de variabilidade individual e sensibilidade a mudanças agudas. Nesse sentido, a PSE emerge como a medida mais responsiva e consistente para avaliar a fadiga no contexto imediato do exercício, além de apresentar maior aplicabilidade prática pela simplicidade e baixo custo. Assim, a combinação dessas três abordagens configura-se como a estratégia mais robusta para compreender a dinâmica da fadiga em esforços intervalados de alta intensidade, com destaque para a PSE como ferramenta central no monitoramento de sessões de M-HIIRT.

Contudo, ainda existem lacunas importantes na literatura quanto à compreensão integrada dessas respostas durante o M-HIIRT. Poucos estudos têm investigado simultaneamente esses três indicadores em protocolos que combinem exercícios metabólicos e exercícios resistidos, especialmente sob o prisma da fadiga aguda. Além disso, há necessidade de maior padronização metodológica quanto à duração das sessões, intervalos de recuperação e densidade de esforço, uma vez que essas variáveis influenciam diretamente a magnitude das respostas fisiológicas e perceptivas.

Portanto, compreender de forma mais aprofundada a interação entre os marcadores fisiológicos e perceptivos permitirá não apenas otimizar a prescrição do M-HIIRT, mas também aprimorar o monitoramento da fadiga e da recuperação, contribuindo para a consolidação desse método como uma ferramenta segura e eficaz.

CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou que a compreensão da fadiga em protocolos M-HIIRT requer uma análise integrada de marcadores fisiológicos e perceptivos. O [La] e o $\dot{V}O_2$ se mostraram fundamentais para caracterizar as demandas metabólicas e cardiorrespiratórias do exercício, mas sua aplicabilidade prática é limitada pela complexidade metodológica e pela baixa sensibilidade a mudanças agudas. Em contrapartida, a PSE destacou-se como um indicador versátil, acessível e altamente responsivo, consolidando-se como a ferramenta mais promissora para avaliar a fadiga em tempo real. Do ponto de vista prático, a utilização combinada destes marcadores pode oferecer uma visão mais ampla e precisa do impacto do treinamento, subsidiando decisões de prescrição e monitoramento tanto em populações clínicas quanto em contextos esportivos. Entretanto, permanece a necessidade de estudos futuros que explorem de forma mais aprofundada a interação entre esses diferentes domínios de mensuração, especialmente em protocolos que combinem exercícios resistidos e exercícios metabólicos em alta intensidade. Pesquisas que analisem a aplicabilidade dessas medidas em diferentes populações, faixas etárias e níveis de treinamento poderão contribuir para estabelecer diretrizes mais consistentes sobre o monitoramento da fadiga nos protocolos M-HIIRT. Dessa forma, a integração de evidências fisiológicas, bioquímicas e perceptivas poderá avançar o entendimento sobre os mecanismos de fadiga e aprimorar a prática do treinamento físico de alta intensidade.

REFERÊNCIAS

ANGLERI, V. S. et al. Acute and delayed responses to high-intensity resistance training protocols in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 33, n. 7, p. 1901–1911, 2019.

ARCHILA, Linda R. et al. Simple Bodyweight Training Improves Cardiorespiratory Fitness with Minimal Time Commitment: A Contemporary Application of the 5BX Approach. *International Journal of Exercise Science*, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 93-100, 2021.

BALLESTRA-GARCÍA, I. et al. High-Intensity Interval Circuit Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Functional Ability and Body Mass Index in Middle-Aged and Older Women: A Randomized Controlled Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 4205.

BARRETO, Ana Cristina et al. Heart rate variability and blood pressure during and after three CrossFit® sessions. *Retos*, v. 47, p. 311-316, 2023.

BENITO PJ. et al. Cardiovascular Fitness and Energy Expenditure Response during a Combined Aerobic and Circuit Weight Training Protocol. *PLoS ONE* 11(11): e0164349. 2016.

BORG, G. A. V. *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Champaign: Human Kinetics, 1998.

BRANQUINHO, L. C. et al. Effects of different recovery times on internal and external load during small-sided games in soccer. *Clinical Journal of Sport Medicine*, v. 31, n. 6, p. e390-e396, 2021.

BROOKS, G. A. Lactate as a fulcrum of metabolism. *Redox Biology*, v. 35, 101454, 2020. DOI: 10.1016/j.redox.2020.101454.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*, v. 43, n. 5, p. 313–338, 2013.

BUCKLEY, S. et al. Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 40(11): 1157-1162. 2015.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Translating fatigue to human performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 48, n. 11, p. 2228-2238, 2016.

FALK NETO, J. H. et al. Session rating of perceived exertion is a superior method to monitor internal training loads of functional fitness training sessions performed at different intensities when compared to training impulse. *Frontiers in Physiology*, v. 11, p. 919, 2020. DOI: 10.3389/fphys.2020.00919.

FISHER, J. P.; STEELE, J.; BRYANT, J.; SMITH, D. High-intensity training: methodological considerations. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, v. 2, n. 2, p. 17, 2017.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 33, n. 3, p. 316–331, 2001. DOI: 10.1097/00005768-200103000-00003.

GIRARD, O., Mendez-Villanueva, A. & Bishop, D. Repeated-Sprint Ability — Part I. *Sports Med* 41, 673–694 (2011).

GLADDEN, LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol*. 2004 Jul 1;558(Pt 1):5-30. doi: 10.1113/jphysiol.2003.058701. Epub 2004 May 6. PMID: 15131240; PMCID: PMC1664920.

HEISZ, J. J. et al. Acute exercise increases brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in the serum of young adult males. *European Journal of Neuroscience*, v. 43, n. 11, p. 1491–1497, 2016. DOI: 10.1111/ejn.13230.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 14, n. 2, p. 270-273, 2019.

IMPELLIZZERI, F. M. et al. Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 36, n. 6, p. 1042–1047, 2004. DOI: 10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F.

KEIR, D. A. et al. The slow component of pulmonary O₂ uptake accompanies peripheral muscle fatigue during high-intensity exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 121, n. 2, p. 493–502, 2016. DOI: 10.1152/jappphysiol.00249.2016.

MATE-MUÑOZ, J. L. et al. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLoS ONE*, v. 12, n. 7, e0181855, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0181855.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Fisiologia do Exercício: Nutrição, Energia e Desempenho Humano*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

MCKEOWN, D. J. et al. Time course of neuromuscular responses to acute hypoxia during voluntary contractions. *Experimental Physiology*, v. 105, n. 9, p. 1502–1513, 2020. DOI: 10.1113/EP088887.

MENZIES, P. et al. Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *Journal of Sports Sciences*, v. 28, n. 9, p. 975–982, 2010. DOI: 10.1080/02640414.2010.481721.

NALBANDIAN, H. M.; RADAK, Z.; TAKEDA, M. Active recovery between interval bouts reduces blood lactate while improving subsequent exercise performance in trained men. *Sports*, v. 5, n. 2, p. 40, 2017. DOI: 10.3390/sports5020040.

NASCI, A. B. A. et al. Acute responses of high-intensity circuit training in women: Low physical fitness levels show higher muscle damage. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 20, n. 5, p. 391–402, 2018. DOI: 10.5007/1980-0037.2018v20n5p391.

NUÑEZ, T. P. et al. Metabolic effects of two high-intensity circuit training protocols: Does sequence matter? *Journal of Exercise Science & Fitness*, v. 18, n. 1, p. 14–20, 2020. DOI: 10.1016/j.jesf.2019.10.003.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, v. 287, n. 3, p. R502–R516, 2004. DOI: 10.1152/ajpregu.00114.2004.

SMITH, Leslie E. et al. The Effects of a Single Session of High Intensity Functional Training on Energy Expenditure, VO₂, and Blood Lactate. *Journal of Sports Science and Medicine (ou J Sports Sci Med)*, v. 21, n. 4, p. 545-554, dez. 2022.

SHARP, C. et al. High-intensity interval training across populations: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, v. 54, n. 1, p. 15-32, 2024.

POOLE, D. C.; JONES, A. M. Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2\max}$: $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ is no longer acceptable. *Journal of Applied Physiology*, v. 122, n. 4, p. 997–1002, 2017. DOI: 10.1152/japplphysiol.01063.2016.

THUM, J. S. et al. Consistency of perceptual and physiological responses across a graded exercise test in trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 31, n. 12, p. 3377–3382, 2017. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001769.

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA ANÓDICA SOBRE OS MECANISMOS DE FADIGA NEUROMUSCULAR E O DESEMPENHO FÍSICO

Mel França Pereira
Thiago Teixeira Guimarães
Claudio Melibeu Bentes

RESUMO

O assunto fadiga neuromuscular e ETCC-a se destaca na literatura por seu potencial em modular mecanismos neurais relacionados à produção de força, resistência à fadiga e percepção subjetiva de esforço (PSE). Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os efeitos da ETCC-a na fadiga neuromuscular, destacando seus mecanismos de ação e implicações para o desempenho físico. Para tal, três subtemas foram explorados: (1) mecanismos da fadiga neuromuscular e ETCC, (2) efeitos da ETCC-a sobre força e volume de treinamento e (3) efeitos da ETCC-a sobre PSE e fadiga. Com base na revisão da literatura, observa-se que a fadiga neuromuscular é um fenômeno multifatorial que envolve tanto mecanismos periféricos, relacionados à capacidade contrátil das fibras musculares, quanto centrais, ligados à redução da excitabilidade cortical e da ativação voluntária. Nesse contexto, a ETCC-a tem se mostrado uma intervenção promissora, atuando na modulação da excitabilidade cortical e contribuindo para o aumento da força, do volume total de treinamento e da tolerância à fadiga, além de influenciar positivamente a PSE. Esses achados reforçam que a fadiga não é apenas um fenômeno periférico, mas também depende da integridade e da eficiência dos processos neurais centrais envolvidos no controle motor e na percepção do esforço.

PALAVRAS-CHAVE: Neuromodulação; Desempenho físico; Controle motor; Resistência muscular.

INTRODUÇÃO

A fadiga aguda pode ser conceituada de diferentes maneiras. Na biomecânica, é entendida como a redução da força produzida por um músculo (Allman; Rice, 2002; Millet et al., 2003). Na psicologia, é descrita como uma sensação subjetiva de cansaço (Kayser, 2003), enquanto na fisiologia é frequentemente associada ao mau funcionamento de um sistema fisiológico específico (Verde, 1999). De forma mais usual, a fadiga corresponde à diminuição da capacidade de gerar força muscular máxima após esforço prolongado, sendo considerada um dos principais limitadores do desempenho físico (Uehara et al., 2024).

No contexto esportivo, sua compreensão é essencial, pois atletas buscam constantemente superar seus desempenhos por meio de estratégias que envolvem fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (Schubert; Astorino, 2013). A literatura aponta duas origens principais da fadiga aguda: a central, associada à menor ativação voluntária dos músculos devido à redução da frequência e sincronização dos neurônios motores e ao enfraquecimento do impulso do córtex motor (Mckenna; Hargreaves, 2008); e a periférica, relacionada à queda da capacidade contrátil das fibras musculares, influenciada por alterações metabólicas e nos mecanismos de condução dos potenciais de ação (Zajac et al., 2015).

Nesse sentido, visando sustentar a força durante o processo de fadiga muscular, é necessário que as entradas dos neurônios motores no córtex motor sejam ampliadas. O aumento da excitabilidade cortical favorece o impulso descendente, promovendo ativação neural contínua dos neurônios motores nos músculos ativos, o que contribui para maior produção de força e para o retardamento do surgimento da fadiga (Uehara et al., 2024). Dessa forma, a utilização de recursos ergogênicos pode demonstrar alterações significativas no desempenho neuromuscular, aumentando a excitabilidade neuronal (Kreider et al., 2017; Da Silva et al., 2015).

Corroborando com essa ideia, a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), que consiste em um método não invasivo de neuromodulação emitindo uma baixa corrente elétrica direta e contínua sobre diferentes áreas do córtex cerebral (Nitsche; Paulus, 2000; Bolognini et al., 2009), tem se destacado no âmbito do desempenho físico (Angius et al., 2016; Chinzara et al., 2017). Nesse sentido, Sasada et al. (2017) apontam que a ETCC representa uma estratégia promissora na fadiga central, uma vez que pode aumentar a excitabilidade do impulso neural, postergando o seu início e, conseqüentemente, melhorando o desempenho físico da atividade.

Os efeitos ergogênicos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica (ETCC-a) sobre a força muscular têm sido evidenciados pelo aumento no volume total de treinamento em exercícios isolados de força (Lattari et al., 2019; Alix-Fages et al., 2020). Além disso, a aplicação sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (CPFDL) tem sido associada à melhora de funções cognitivas e afetivas, indicando que essa região desempenha papel relevante na percepção da fadiga e na regulação da tolerância ao exercício (Schuijjer et al., 2017; Peter et al., 2019). Adicionalmente, a ETCC-a tem sido relacionada à redução da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante a realização de tarefas cíclicas e intermitentes (Okano et al., 2013; Lattari et al., 2016).

Corroborando esse fato, uma recente revisão sistemática apontou que a ETCC-a aplicada sobre o CPFDL esquerdo pode reduzir a PSE experimentada durante os exercícios (Baharlouei et al., 2024). Tais evidências sugerem que o CPFDL desempenha

um papel importante na integração de sinais aferentes e na tomada de decisão que influencia a tolerância ao exercício (Robertson; Marino, 2016). Em consonância com esses achados, algumas pesquisas demonstraram que a ETCC-a pode promover reduções na PSE, melhorias na capacidade de gerar força muscular e incrementos no volume de treinamento (Williams et al., 2013; Lattari et al., 2016; Lattari et al., 2019; Lattari et al., 2020).

Considerando a importância da fadiga aguda como um fenômeno limitador do desempenho e o potencial da ETCC-a em modular mecanismos neurais relacionados à resistência à fadiga e à manutenção da força, torna-se essencial aprofundar o conhecimento nessa área. Assim, o objetivo do presente trabalho foi revisar a literatura científica sobre os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua na fadiga muscular, destacando seus possíveis mecanismos de ação, efeitos sobre a percepção subjetiva de esforço e implicações para o desempenho físico. Espera-se que o conhecimento produzido contribua para o avanço da compreensão sobre intervenções neuromodulatórias no treinamento e na otimização da performance.

DISCUSSÃO

O tema fadiga aguda e estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) apresenta inúmeras vertentes, características específicas e possibilidades de imersão. É possível debater subtemas como: mecanismos da fadiga neuromuscular e ETCC; Efeitos da ETCC-a sobre força e volume de treinamento; Efeitos da Etcc-a na PSE e fadiga; dosagem e montagens da ETCC; Efeitos da ETCC sobre o desempenho em exercícios aeróbios; ETCC e desempenho cognitivo sob fadiga; ETCC-a e recuperação pós-exercício: implicações na fadiga residual. A seguir, destacam-se três desses subtemas:

Mecanismo da fadiga neuromuscular e ETCC

A fadiga neuromuscular é um fenômeno multifatorial que resulta na diminuição da capacidade de um músculo gerar força e potência, e pode decorrer de componentes periféricos, devido a perturbações metabólicas e iônicas e/ou centrais, diminuindo a capacidade do sistema nervoso central de ativar os músculos. (Gandevia, 2001).

A modulação da excitabilidade cortical por métodos não invasivos, como a ETCC-a, tem se mostrado relevante por seu potencial em aumentar a excitabilidade neuronal, fortalecendo o impulso descendente para os motoneurônios espinhais e, conseqüentemente, retardando o aparecimento da fadiga (Nitsche; Paulus, 2000; Angius et al., 2016; Sasada et al., 2017). Dessa forma, compreender os mecanismos centrais e periféricos da fadiga neuromuscular é essencial para o desenvolvimento de intervenções ergogênicas e terapêuticas que visem preservar a força e otimizar o desempenho físico em diferentes modalidades de exercício (Cogiamanian et al., 2007; Vitor-Costa et al., 2015).

Nesse sentido, Cogiamanian et al. (2007) observaram que a ETCC-anódica aplicada sobre o córtex motor primário (M1) aumentou o tempo até a exaustão em contrações isométricas, indicando que a estimulação pode retardar a fadiga central por meio da facilitação da excitabilidade corticoespinhal. De forma semelhante, Williams et al. (2013) verificaram que a ETCC-a prolongou o tempo até a falha em contrações submáximas sustentadas e reduziu a percepção subjetiva de esforço, sugerindo um

aumento do “drive” neural descendente e maior ativação voluntária. Corroborando esses achados, Vitor-Costa et al. (2015) demonstraram que a estimulação sobre o M1 aumentou o tempo até a exaustão em exercício de ciclismo, sem alterar variáveis fisiológicas periféricas, reforçando a atuação da técnica em mecanismos centrais da fadiga.

Recentemente, estudos voltados à relação entre ETCC-a e fadiga neuromuscular têm ampliado o entendimento desses mecanismos. Zhan et al. (2023) demonstraram que a ETCC aplicada sobre o M1 durante exercício de corrida sob fadiga promoveu maior coerência cortico-muscular entre o córtex motor e músculos dos membros inferiores, indicando melhor acoplamento neural e controle motor mesmo em condições de fadiga. Esses achados reforçam a hipótese de que a ETCC pode atenuar a fadiga central, mantendo a comunicação efetiva entre o sistema nervoso central e a musculatura ativa.

Em contrapartida, Boda et al. (2024) não observaram efeitos significativos da ETCC na redução da fadiga neuromuscular nem alterações relevantes na excitabilidade corticoespinal em tarefas submáximas prolongadas, sugerindo que a eficácia da técnica pode depender de fatores como parâmetros de estimulação, tipo de exercício e características individuais dos participantes. Em conjunto, esses resultados indicam que, embora a ETCC-a tenha potencial para modular a fadiga central, seus efeitos não são uniformes, e mais estudos são necessários para determinar protocolos otimizados.

Efeitos da ETCC-a sobre força e volume de treinamento

No contexto do treinamento resistido, pesquisas demonstram que a ETCC-a tem se mostrado uma estratégia ergogênica eficaz para o aprimoramento da força e do volume de treinamento em exercícios resistidos. Essa técnica atua modulando a excitabilidade cortical, o que potencializa o comando descendente dos motoneurônios e aumenta a ativação voluntária das fibras musculares (Nitsche et al., 2003). Os efeitos ergogênicos da ETCC-a sobre a força muscular têm sido evidenciados pelo aumento no volume total de treinamento em exercícios isolados de força, como o “supino horizontal” (Lattari et al., 2019; Alix-Fages et al., 2020) “rosca bíceps” (Lattari et al., 2016), “Leg press” (Lattari et al., 2018; Lattari et al., 2020) e “agachamento livre” (Vieira et al., 2020). Tais efeitos sobre o volume de treinamento parecem ocorrer quando a ETCC-a é aplicada sobre o córtex pré-frontal (Lattari et al., 2016; Lattari et al., 2019; Lattari et al., 2020; Vieira et al., 2020; Alix-Fages et al., 2020; Rodrigues et al., 2022). Nesse sentido, Lattari et al. (2020) aplicaram ETCC-a investigaram os efeitos agudos da aplicação de 2 mA de ETCC-a sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (CPFDL) por 20 minutos em indivíduos treinados durante uma sessão de exercícios resistidos e observaram um aumento expressivo no volume total de repetições no exercício leg press 45°, ainda que sem mudanças significativas na percepção subjetiva de esforço (PSE). Esses resultados sugerem que a técnica pode prolongar a capacidade de gerar força e sustentar o desempenho motor por mais tempo, o que representa uma vantagem prática importante em contextos de treinamento de alta intensidade.

De modo semelhante, Rodrigues et al. (2022) aplicaram ETCC-a sobre o CPFDL antes de uma sessão composta por exercícios combinados de supino e agachamento e constataram maior volume total de treinamento e maior sensação de prazer durante a execução, sem diferenças significativas na PSE entre as condições experimental e simulada. Em conjunto, os estudos de Lattari et al. (2020) e Rodrigues et al. (2022) sustentam que a ETCC-a aplicada ao CPFDL tem potencial para aumentar a força e o

volume de treino por meio de mecanismos centrais relacionados à excitabilidade cortical e ao controle cognitivo do esforço, sem alterar negativamente a percepção subjetiva do exercício.

Apesar de a ETCC-a favorecer o aumento de volume em exercícios resistidos isolados, a literatura ainda carece de evidências consistentes sobre seus efeitos em sessões completas de treinamento de força, que tendem a gerar maiores concentrações de fadiga. Montenegro et al. (2016) observaram ausência de melhora significativa na força após a aplicação da ETCC-a sobre o córtex motor, enquanto Rodrigues et al. (2022), com exercícios combinados, encontraram aumento do volume total quando a estimulação foi aplicada no CPFDL, sugerindo que a área de estimulação pode determinar a eficácia da técnica.

Efeitos da ETCC-a sobre PSE e fadiga

A estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (ETCC-a) aplicada sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (CPFDL) tem se destacado pelos seus efeitos na percepção subjetiva de esforço (PSE) e nos mecanismos de fadiga central. Estudos apontam que essa forma de estimulação pode melhorar o desempenho físico, aumentar o volume total de trabalho e, simultaneamente, reduzir a PSE durante o exercício. Alix-Fages et al. (2020) investigaram o efeito de uma única sessão de ETCC-a (2 mA por 15 minutos) sobre a relação força-velocidade, o volume de treinamento de força, a velocidade de movimento e a PSE em indivíduos saudáveis. Os autores observaram aumento no volume total de treinamento, preservação de velocidades de movimento mais altas e redução significativa da PSE, evidenciando que possivelmente a estimulação anódica sobre o CPFDL favorece a eficiência neuromuscular e retarda o declínio de desempenho associado à fadiga.

De forma semelhante, Lattari et al. (2018) aplicaram ETCC-a sobre o CPFDL esquerdo (2 mA por 20 minutos) antes de um teste de tempo até a exaustão (ETT) a 100% da potência de pico em mulheres moderadamente ativas. Os resultados mostraram tempo até a exaustão mais longo no grupo estimulado em comparação à condição sham, indicando maior tolerância à fadiga central e melhor controle do esforço percebido. Esses achados reforçam a hipótese de que a modulação cortical promovida pela ETCC-a pode aumentar a capacidade de sustentar esforços intensos, ampliando o desempenho físico sem aumento proporcional da carga fisiológica.

Corroborando esses resultados, Angius et al. (2019) aplicaram uma única sessão de ETCC-a sobre o CPFDL esquerdo (2 mA por 30 minutos) em ciclistas treinados antes de um teste de tempo até a exaustão realizado a 70% da potência de pico. O grupo submetido à estimulação foi capaz de pedalar por períodos significativamente mais longos, apresentando frequência cardíaca e PSE menores em comparação à estimulação simulada. Esses resultados demonstram que a ETCC-a atua diretamente sobre mecanismos centrais da fadiga, otimizando o controle cognitivo do esforço e aumentando a resistência ao exercício prolongado.

Além disso, uma revisão sistemática conduzida por Baharlouei et al. (2024) reforça esses achados, mostrando que a ETCC-a aplicada sobre o CPFDL esquerdo reduz de forma consistente a PSE em diferentes modalidades de exercício, incluindo tarefas cíclicas e intermitentes. Os autores destacam que o CPFDL desempenha um papel fundamental na integração de sinais aferentes e na regulação cognitiva da fadiga, influenciando a tomada de decisão e a tolerância ao esforço. Assim, a ETCC-a parece

representar uma ferramenta eficaz para mitigar a percepção de fadiga e melhorar o desempenho físico, ainda que seus efeitos variem de acordo com os parâmetros de estimulação, o tipo de exercício e o nível de treinamento dos indivíduos.

CONCLUSÃO

Com base na revisão da literatura, observa-se que a fadiga neuromuscular resulta da interação entre fatores periféricos e centrais, que reduzem a capacidade de produção de força e o desempenho físico. Historicamente, grande parte das pesquisas concentrou-se nos aspectos musculares e metabólicos da fadiga, negligenciando o papel determinante do cérebro na regulação do desempenho e na tolerância ao esforço. Nesse contexto, a ETCC-a tem se mostrado uma intervenção promissora, atuando na modulação da excitabilidade cortical e contribuindo para o aumento da força e do volume total de treinamento, além de sugerir influência positiva a tolerância à fadiga e a percepção subjetiva de esforço (PSE). Dessa forma, os achados indicam que a ETCC-a pode interferir nos mecanismos centrais e periféricos da fadiga, promovendo melhor desempenho e maior eficiência neuromuscular em diferentes tipos de exercício.

Os resultados apresentados apontam que a utilização da ETCC-a pode representar uma ferramenta inovadora e segura para profissionais da área da saúde e do esporte, auxiliando na otimização do desempenho físico e na atenuação dos efeitos da fadiga. Para treinadores, fisiologistas e profissionais de Educação Física, compreender os mecanismos centrais e periféricos da fadiga é essencial para elaborar programas de treinamento mais eficazes e individualizados.

REFERÊNCIAS

- ALIX-FAGES, C. M. *et al.* Transcranial direct current stimulation over the dorsolateral prefrontal cortex improves strength-endurance performance and decreases perception of effort in healthy subjects. *Frontiers in Psychology*, v. 11, p. 1–9, 2020. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.554203.
- ALLMAN, B. L.; RICE, C. L. Neuromuscular fatigue and aging: central and peripheral factors. *Muscle & Nerve*, v. 25, n. 6, p. 785–796, 2002.
- ANGIUS, L. *et al.* Anodal transcranial direct current stimulation over the left dorsolateral prefrontal cortex improves endurance performance in trained cyclists. *Brain Stimulation*, v. 12, n. 1, p. 149–157, 2019. DOI: 10.1016/j.brs.2018.09.015.
- ANGIUS, L. *et al.* Central and peripheral fatigue during endurance exercise: a transcranial direct current stimulation study. *Journal of Applied Physiology*, v. 120, n. 3, p. 338–345, 2016.
- BAHARLOUEI, H. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation on perceived exertion: a systematic review and meta-analysis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 21, n. 1, 2024. DOI: 10.1186/s12984-024-01285-3.
- BOLOGNINI, N. *et al.* Improving motor function in chronic stroke patients through tDCS and occupational therapy. *Neuropsychological Rehabilitation*, v. 19, n. 5, p. 639–654, 2009.
- BODA, M. R. *et al.* Metaplastic neuromodulation via transcranial direct current stimulation has no effect on corticospinal excitability and neuromuscular fatigue. *Experimental Brain Research*, v. 242, p. 1999–2012, 2024. DOI: 10.1007/s00221-024-06874-z.
- CHINZARA, M. *et al.* The effect of transcranial direct current stimulation on fatigue: a systematic review. *Neuroscience Letters*, v. 657, p. 141–146, 2017.
- COGIAMANIAN, F. *et al.* Transcranial direct current stimulation improves isometric time to exhaustion in young healthy men. *Neuroscience Letters*, v. 418, n. 3, p. 231–235, 2007.
- DA SILVA, R. A. *et al.* Influence of strength training on postural balance and risk of falls in older women: a randomized controlled trial. *Age*, v. 37, n. 5, p. 1–9, 2015.
- GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, v. 81, n. 4, p. 1725–1789, 2001.

KAYSER, B. Exercise starts and ends in the brain. *European Journal of Applied Physiology*, v. 90, n. 3–4, p. 411–419, 2003.

KREIDER, R. B. *et al.* ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, v. 14, n. 38, p. 1–43, 2017.

LATTARI, E. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation on muscle strength in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 30, n. 12, p. 3381–3388, 2016.

LATTARI, E. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation on time to exhaustion during cycling exercise: a randomized, double-blind, sham-controlled trial. *Physiology & Behavior*, v. 188, p. 67–72, 2018.

LATTARI, E. *et al.* Effects on volume load and ratings of perceived exertion in individuals' advanced weight training after transcranial direct current stimulation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 34, n. 1, p. 89–96, 2020.

LATTARI, E. *et al.* Transcranial direct current stimulation over the dorsolateral prefrontal cortex improves muscle strength and decreases perceived exertion in resistance training. *Frontiers in Psychology*, v. 10, 2019.

MCKENNA, M. J.; HARGREAVES, M. Neuromuscular fatigue: mechanisms and regulation. *Acta Physiologica*, v. 192, n. 2, p. 267–298, 2008.

MILLET, G. Y. *et al.* Mechanisms of neuromuscular fatigue during prolonged exercise. *Sports Medicine*, v. 33, n. 2, p. 83–94, 2003.

MONTENEGRO, R. A. *et al.* Transcranial direct current stimulation on muscle strength: a systematic review of current literature. *Experimental Brain Research*, v. 234, n. 9, p. 1–9, 2016.

NITSCHKE, M. A.; FRICKE, K.; HENSCHKE, U.; SCHLITTERLAU, A.; LIEBETANZ, D.; LANG, N.; HENNING, S.; TERGAU, F.; PAULUS, W. *Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. The Journal of Physiology*, v. 553, n. 1, p. 293–301, 2003.

NITSCHKE, M. A.; PAULUS, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *Journal of Physiology*, v. 527, n. 3, p. 633–639, 2000.

OKANO, A. H. *et al.* Anodal transcranial direct current stimulation enhances cycling performance. *British Journal of Sports Medicine*, v. 47, n. 8, p. 533–539, 2013.

PETER, B. *et al.* The influence of tDCS on affective and cognitive processes during exercise: a review. *Frontiers in Psychology*, v. 10, p. 1–10, 2019.

ROBERTSON, C. V.; MARINO, F. E. A role for the prefrontal cortex in exercise tolerance and termination. *Journal of Applied Physiology*, v. 120, n. 4, p. 464–466, 2016.

RODRIGUES, G. M. *et al.* Effects of anodal transcranial direct current stimulation on training volume and pleasure responses in the back squat exercise following a bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 36, n. 11, p. 3048–3055, 2022.

SASADA, S. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation on central fatigue. *Neuroscience Research*, v. 120, p. 1–8, 2017.

SCHUBERT, M. M.; ASTORINO, T. A. A review of the psychobiology of fatigue during exercise: implications for performance and training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 27, n. 12, p. 3303–3312, 2013.

SCHUIJER, J. *et al.* The role of the dorsolateral prefrontal cortex in the regulation of effort perception and endurance performance. *Psychophysiology*, v. 54, n. 3, p. 412–422, 2017.

UEHARA, L. *et al.* Fatigue-induced alterations in neuromuscular performance and cortical excitability in trained individuals. *European Journal of Applied Physiology*, v. 124, n. 2, p. 457–467, 2024.

VERDE, T.; THOMAS, C.; SHEPHARD, R. J. *Potential markers of fatigue in soccer players. Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 24, n. 1, p. 21–30, 1999.

VIEIRA, L. A. F. *et al.* Acute effects of transcranial direct current stimulation on strength performance in the free squat exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 34, n. 10, p. 2878–2885, 2020.

VITOR-COSTA, M. *et al.* Transcranial direct current stimulation increases time to exhaustion in cycling. *PLOS ONE*, v. 10, n. 12, e0144916, 2015.

WILLIAMS, P. S.; HOFFMAN, R. L.; CLARK, B. C. *Prefrontal transcranial direct current stimulation enhances maximal isometric strength of the knee extensors. Neuroscience*, v. 240, p. 48–56, 2013.

ZAJĄC, A. *et al.* The effect of muscle fatigue on neuromuscular function and force output. *Biology of Sport*, v. 32, n. 2, p. 129–135, 2015.

ZHAN, J.; YU, C.; XIAO, S.; SHEN, B.; ZHANG, C.; ZHOU, J.; FU, W. Effects of high-definition transcranial direct current stimulation on the cortical-muscular functional coupling and muscular activities of ankle dorsiflexion under running-induced fatigue. *Frontiers in Physiology*, v. 14, art. 1263309, 2023. DOI:10.3389/fphys.2023.1263309.

O EFEITO DO ALONGAMENTO DINÂMICO NA POTÊNCIA E FADIGA AGUDA

Renata Pereira do Amaral
Thiago Teixeira Guimarães
Claudio Melibeu Bentes

RESUMO

O alongamento dinâmico consolida-se progressivamente como estratégia eficaz na preparação neuromuscular, principalmente para atividades de alta intensidade, atuando de maneira conjunta na potencialização da potência muscular e no controle da fadiga aguda. Sua execução caracteriza-se por movimentos ativos e controlados que promovem a elevação da excitabilidade neural e preservam a rigidez musculotendínea, criando assim condições fisiológicas favoráveis ao desempenho explosivo. Evidências consistentes demonstram que protocolos breves e específicos, quando realizados previamente a esforços intensos, melhoram de forma significativa parâmetros como o salto vertical e a velocidade de sprint, ao mesmo tempo que reduzem o impacto tanto da fadiga central quanto da periférica. A eficácia do método depende crucialmente do equilíbrio entre duração, intensidade e especificidade dos movimentos, evitando-se volumes excessivos que possam induzir sobrecarga neuromuscular transitória. Em esportes de potência, sua aplicação adequada favorece a manutenção do rendimento através da otimização do ciclo alongamento-encurtamento e da economia energética, representando, portanto, ferramenta hoje indispensável na preparação física.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho muscular, recuperação, performance.

INTRODUÇÃO

O aquecimento prévio à atividade física tem despertado interesse científico crescente nas últimas décadas, configurando-se não apenas como procedimento destinado à melhoria da flexibilidade tecidual, mas igualmente como instrumento modulador do desempenho explosivo e da fadiga imediata decorrente de esforços de alta intensidade (Opplert; Babault, 2018). Consolidase atualmente entendimento robusto: o tipo de alongamento empregado durante o aquecimento — com inequívoco destaque para o alongamento dinâmico — exerce influência marcante sobre variáveis determinantes do desempenho. Tais variáveis incluem força máxima, salto vertical, sprint e, crucialmente, a manutenção da potência ao longo de esforços repetidos (Bishop, 2003). Diante desse cenário, justifica-se plenamente a investigação aprofundada dos mecanismos pelos quais o alongamento dinâmico impacta a potência e a fadiga aguda, especialmente em contextos de demanda neuromuscular elevada.

Caracteriza-se o alongamento dinâmico (DS) pela execução de movimentos ativos e controlados, nos quais o músculo agonista realiza contrações sucessivas enquanto a articulação percorre amplitudes funcionais completas, tudo isso sem a manutenção de posturas estáticas prolongadas (Opplert; Babault, 2018). Diferentemente das modalidades estáticas ou balísticas, o DS distingue-se pela natureza intrinsecamente ativa e pelo potencial reconhecido de preparar o sistema neuromuscular para o esforço subsequente (Behm; Chaouachi, 2011; Opplert; Babault, 2018). Investigações recentes demonstram que a aplicação do DS em distintas velocidades de execução não compromete variáveis de excitabilidade central (como MEP/Mmax), embora modifique reflexos espinhais de maneira significativa. Tal evidência sugere que o método influencia mecanismos neurais sem prejudicar a ativação voluntária máxima (Slow et al., 2024). Essa característica singular reforça a relevância de compreender seu papel na otimização do desempenho e no controle da fadiga.

Define-se potência muscular como a taxa de produção de trabalho mecânico, sendo o produto direto entre força e velocidade de contração, representando assim parâmetro essencial em ações explosivas como saltos, sprints e mudanças rápidas de direção (Komi, 2003). Estudos recentes confirmam que testes como o *countermovement jump*, a extensão concêntrica de joelho em alta velocidade e os *sprints* repetidos constituem medidas válidas e confiáveis de potência funcional (Aouadi et al., 2025). Tal capacidade associa-se diretamente ao recrutamento rápido de unidades motoras, à condução nervosa eficiente, à rigidez elástica do complexo músculo-tendão e ao desempenho do ciclo alongamento-encurtamento. Todos esses fatores mostram-se intimamente modulados pelo estado neuromuscular prévio, incluindo necessariamente o tipo de alongamento adotado no aquecimento (Opplert; Babault, 2018).

Em contrapartida, compreende-se a fadiga aguda como a redução transitória da capacidade de gerar força ou potência após estímulos intensos ou intervenções agudas, como o alongamento ou o aquecimento (Clark et al., 2025). Sua manifestação ocorre tanto por quedas objetivas na força voluntária máxima, no torque e na potência instantânea, quanto por aumento consistente na percepção subjetiva de esforço e cansaço. A literatura atual aponta que seus mecanismos envolvem componentes centrais, notadamente redução da ativação cortical e espinhal, e periféricos, especialmente em alterações nas propriedades

contráteis, acúmulo de metabólitos e disfunções no acoplamento excitação-contracção (Bishop, 2003; Opplert; Babault, 2018). Em estudo recente, observou-se que diferentes velocidades de DS podem modular reflexos espinhais e propriedades contráteis sem comprometer a força voluntária máxima. Evidencia-se, assim, que a fadiga aguda pode ocorrer em nível neural, mesmo na ausência de declínio funcional imediato (Slow et al., 2024).

O interesse crescente pelo papel do DS em aquecimentos esportivos decorre da necessidade prática de maximizar a prontidão neuromuscular sem induzir déficits agudos de desempenho. Revisões sistemáticas e meta-análises indicam que, comparado ao alongamento estático prolongado, o DS tende a preservar e eventualmente melhorar variáveis de potência, como altura do salto e velocidade de *sprint*. Em contraste, o alongamento passivo estático frequentemente reduz torque e potência imediatos (Behm et al., 2023; Warneke, 2024). Essa evidência sólida impulsionou investigações que analisam, para além dos efeitos sobre variáveis de desempenho, os correlatos neuromusculares associados à presença ou ausência de fadiga aguda após diferentes protocolos de DS (Opplert; Babault, 2018; Vieira et al., 2025).

Do ponto de vista fisiológico, propõem-se geralmente dois grupos de mecanismos para explicar o efeito positivo do DS sobre a potência: (i) o aumento da temperatura muscular e a pré-ativação neuromuscular, que favorecem a velocidade de condução nervosa e a taxa de contracção; e (ii) a manutenção da rigidez musculotendínea funcional, que otimiza a transferência elástica de energia no ciclo alongamento-encurtamento. Ambos os mecanismos se mostram fundamentais para a expressão da potência em movimentos rápidos (Opplert; Babault, 2018; Sanno et al., 2024). Paralelamente, investigações eletrofisiológicas demonstraram que o DS pode modular os reflexos espinhais sem reduzir a ativação voluntária máxima. Tal constatação explicaria a manutenção de potência mesmo diante de ajustes reflexos transitórios (Vieira et al., 2025; Kurt et al., 2024).

A relação entre o DS e a fadiga aguda, contudo, mostra-se complexa e multifatorial (Behm; Chaouachi, 2011; Behm et al., 2023). A literatura diferencia claramente a fadiga funcional mensurável da fadiga subcelular ou neural, que pode manifestar-se sem repercussão imediata no desempenho (Gandevia, 2001; Allen; Westerblad, 2011). Evidências recentes indicam que, embora o DS raramente provoque reduções significativas em medidas de potência — como o salto vertical e o *sprint* —, pode alterar parâmetros neuromusculares importantes (Blazevich et al., 2018). Tais alterações incluem o pico de contracção e os padrões de recrutamento motor, especialmente quando o método é realizado em volumes elevados ou intensidades excessivas (Vieira et al., 2025; Rappelt et al., 2024). Assim, o DS apresenta baixo risco de induzir fadiga funcional aguda (Behm; Chaouachi, 2011; Behm et al., 2023), embora exija controle preciso de duração, amplitude e intensidade para evitar sobrecarga neuromuscular (Blazevich et al., 2018; Samson et al., 2012). Estudos eletromiográficos reforçam que o DS otimiza o recrutamento de unidades motoras de alto limiar e reduz o tempo de ativação muscular (Cramer et al., 2004; Herda et al., 2013; Hough et al., 2009). Consequentemente, diminui-se o custo neuromuscular da execução e retarda-se a instalação da fadiga (Fletcher; Monte-Colombo, 2010; Chaouachi et al., 2010; Kurt et al., 2024; Aouadi et al., 2025).

Quando aplicado de forma intensa e prolongada, entretanto, há indícios consistentes de que o DS pode induzir fadiga neuromuscular transitória. Esse

efeito tende a ocorrer em protocolos que ultrapassam 15 minutos, com alto número de repetições ou predominância de contrações excêntricas em amplitudes amplas (Rappelt et al., 2024; Durukan et al., 2025). Nessas situações específicas, observa-se discreta redução na taxa de desenvolvimento de força e aumento no tempo para atingir o pico de torque, tudo isso com impacto pontual sobre a produção de potência (Li et al., 2024; Kurak et al., 2024). Ainda assim, essa fadiga é temporária e reversível, reforçando que o equilíbrio entre volume, intensidade e especificidade do DS é determinante para maximizar os benefícios neuromusculares e minimizar efeitos deletérios (Behm et al., 2023; Opplert; Babault, 2018).

Evidências experimentais corroboram a superioridade do DS em tarefas que exigem potência explosiva. Ensaios controlados e meta-análises apontam que aquecimentos com DS preservam ou incrementam o desempenho em saltos e *sprints*, comparados a protocolos estáticos (Daneshjoo et al., 2024; Aouadi et al., 2025). A manipulação da velocidade de execução, seja lenta, moderada ou rápida, raramente resulta em prejuízo da potência, embora modifique substantivamente a prontidão muscular e os padrões de ativação neuromuscular (Kurt et al., 2024). Tais achados sustentam a ampla aplicabilidade do DS, desde que o volume e o controle técnico sejam adequadamente observados.

A heterogeneidade metodológica entre estudos, no entanto, dificulta generalizações absolutas. Diferenças no número de repetições, amplitude de movimento, inclusão de fases excêntricas adicionais e tempo entre o término do DS e a tarefa testada constituem variáveis críticas que demandam atenção (Warnecke, 2024; Daneshjoo et al., 2024). Protocolos breves, específicos e progressivos favorecem a prontidão muscular sem gerar fadiga perceptível, enquanto protocolos excessivos podem levar a fadiga localizada ou leve declínio de desempenho (Durukan et al., 2025). Ademais, a resposta ao DS parece depender do nível de treinamento: atletas treinados exibem menor variabilidade e maior tolerância ao estímulo, enquanto indivíduos destreinados ou jovens podem apresentar respostas mais heterogêneas, incluindo sinais sutis de fadiga (Spyrou et al., 2024; Dos Reis et al., 2024).

Como observado por Behm e colaboradores (2023) em contexto similar, o DS configura-se como estratégia eficiente para aprimorar a potência e minimizar a fadiga aguda, desde que aplicado de forma criteriosa. A literatura contemporânea converge para a ideia de que o controle do volume, da intensidade e da especificidade do movimento é essencial para que o DS potencialize o desempenho sem comprometer a integridade neuromuscular (Blazevich et al., 2018; Samson et al., 2012). Essa compreensão fundamenta a importância de investigações que continuem a analisar seus mecanismos e parâmetros ideais de aplicação em diferentes populações e contextos de treinamento (Slow et al., 2024; Cramer et al., 2004; Herda et al., 2013).

Desta forma, o objetivo da presente revisão de literatura é discorrer sobre subtemas que envolvem as bases fisiológicas do DS, a influência da duração, intensidade e especificidade no efeito do alongamento dinâmico, o papel da fadiga aguda como variável determinante do desempenho neuromuscular e as aplicações do DS na gestão da fadiga aguda em esportes de potência.

DISCUSSÃO

Bases fisiológicas dos efeitos do alongamento dinâmico

O impacto do alongamento dinâmico sobre a potência muscular e a fadiga aguda relaciona-se profundamente com a modulação de mecanismos fisiológicos de natureza neural e musculotendínea (Blazevich et al., 2018; Kay; Blazevich, 2012; Behm et al., 2023). Em nível neuromuscular, o estímulo ativo e repetido proporcionado pelo alongamento dinâmico (DS) gera elevação transitória da excitabilidade cortical e espinhal (Slow et al., 2024; Telles et al., 2023), o que otimiza a comunicação entre o sistema nervoso central e as unidades motoras de alto limiar — precisamente aquelas responsáveis pela produção de força explosiva (Cramer et al., 2004; Enoka; Duchateau, 2017; Komi, 2003). Esse processo associa-se diretamente a maior sincronização no disparo dessas unidades e a melhora na taxa de desenvolvimento de força (RFD), refletindo-se em aumento da potência imediata e menor queda de desempenho em tarefas subsequentes de alta intensidade (Slow et al., 2024; Yan et al., 2025).

Além dos ajustes neurais, convém destacar que o DS eleva a temperatura intramuscular e melhora a viscoelasticidade das estruturas musculotendíneas, criando ambiente mecânico mais favorável à geração de potência (Kurak et al., 2024). O aumento térmico, associado à pré-ativação motora, acelera a condução nervosa e reduz a viscosidade muscular, encurtando o tempo de latência eletromecânica e aprimorando a eficiência do ciclo alongamento-encurtamento (Sanno et al., 2024). Em outras palavras, o músculo passa a armazenar e liberar energia elástica de forma mais eficaz, amplificando a potência sem precipitar fadiga periférica precoce (Aouadi et al., 2025).

Sob a perspectiva musculotendínea, o DS induz adaptações agudas na rigidez funcional dos tendões e na eficiência de transferência de energia entre os segmentos corporais. Pesquisas biomecânicas têm demonstrado que, quando realizado com amplitude moderada e controle técnico, o DS mantém a rigidez necessária para a transmissão de força sem comprometer a capacidade contrátil (Rappelt et al., 2024). No entanto, amplitudes muito amplas ou velocidades excessivas podem reduzir a rigidez passiva, aumentar o tempo de acoplamento excitação-contração e facilitar o aparecimento de fadiga localizada (Durukan et al., 2025).

A literatura recente também salienta que o DS ajusta parâmetros de recrutamento neural e frequência de disparo, modulando reflexos de estiramento e calibrando o limiar de ativação motora conforme a especificidade do movimento (Kurt et al., 2024). Essa regulação é essencial para o desempenho, pois reduz co-ativações desnecessárias, economiza energia neural e aperfeiçoa a coordenação intramuscular — fatores decisivos para sustentar a potência em situações de estresse agudo (Dos Reis et al., 2024).

Como destacado por Behm e colaboradores (2023), em síntese, os benefícios do DS na potência e na resistência à fadiga decorrem da interação entre sistemas neural e musculotendíneo. A soma do aumento da excitabilidade central, do recrutamento eficiente de unidades motoras e da preservação da rigidez elástica cria ambiente fisiológico que favorece o desempenho explosivo, permitindo maior aproveitamento da energia mecânica e menor custo neuromuscular por unidade de força produzida (Warnecke, 2024).

Influência da duração, intensidade e especificidade no efeito do alongamento dinâmico

Embora exista consenso sobre os efeitos positivos do alongamento dinâmico na potência muscular, a literatura ainda apresenta divergências quanto aos parâmetros ideais de aplicação — especialmente no que concerne à duração, à intensidade e à especificidade dos movimentos. Essas variáveis definem a magnitude do estímulo neuromuscular e a possibilidade de ocorrência de fadiga aguda associada ao aquecimento (Daneshjoo et al., 2024).

Há na literatura a indicação de que protocolos curtos e direcionados, entre cinco e dez minutos, tendem a produzir ganhos significativos de potência sem interferir negativamente no desempenho subsequente. Em contrapartida, protocolos longos, superiores a quinze minutos, ou com amplitudes exageradas, podem induzir leve queda na taxa de desenvolvimento de força (RFD) e aumentar o tempo necessário para atingir o pico de torque (Durukan et al., 2025). Essa resposta decorre de sobrecarga neuromuscular momentânea, que altera a eficiência do acoplamento excitação-contração e reduz a rigidez musculotendínea funcional (Rappelt et al., 2024).

A intensidade de execução — definida pela velocidade e amplitude — também exerce influência crucial. Velocidades moderadas otimizam o recrutamento neural e a excitabilidade cortical sem provocar fadiga perceptível, enquanto velocidades excessivamente altas podem comprometer o controle motor e elevar o custo energético (Kurt et al., 2024). Já movimentos demasiadamente lentos reduzem o estímulo neural necessário à potencialização, indicando a existência de zona ótima de ativação, na qual o DS maximiza a potência e minimiza a fadiga (Vieira et al., 2025).

Quanto à especificidade do movimento, configura-se como outro fator determinante. Evidências mostram que o DS é mais eficaz quando o padrão motor executado durante o aquecimento reproduz a tarefa subsequente, reforçando o princípio da especificidade funcional (Li et al., 2024). Em esportes que exigem aceleração e impulsão, movimentos como passadas dinâmicas e elevações de joelho resultam em maior transferência de desempenho do que protocolos generalistas (Aouadi et al., 2025). Essa coerência entre estímulo e tarefa subsequente contribui para ativar seletivamente as unidades motoras mais relevantes, reduzindo fadiga neural desnecessária (Yan et al., 2025).

A diversidade metodológica entre estudos, variando em número de séries, tempo entre o DS e o teste, nível de treinamento e condições ambientais, explica grande parte das discrepâncias encontradas (Warnecke, 2024). Além disso, o momento de aplicação influencia a magnitude do efeito: quanto mais próximo do exercício principal, maior tende a ser o benefício neuromuscular (Spyrou et al., 2024).

De modo geral, as melhores respostas são obtidas com protocolos progressivos, específicos e controlados, realizados entre seis e dez minutos antes da tarefa principal (Behm et al., 2023). Esses parâmetros garantem ativação neural eficiente e rigidez tendínea adequada, favorecendo ganhos de potência sem induzir fadiga funcional (Sople et al., 2025). Assim, ainda que não exista padronização absoluta, a compreensão da interação entre duração, intensidade e especificidade é essencial para formular protocolos baseados em evidências e ajustados às características individuais de cada atleta (Opplert; Babault, 2018; Daneshjoo et al., 2024).

Fadiga aguda como variável determinante do desempenho neuromuscular

A fadiga aguda configura-se como fenômeno multifatorial que impacta significativamente a manutenção tanto da potência muscular quanto da coordenação motora. Durante a realização de exercícios intensos, sua gênese decorre da interação entre componentes centrais — especificamente aqueles vinculados à excitabilidade cortical e à transmissão sináptica (Gandevia, 2001; Millet; Lepers, 2004) — com elementos periféricos, entre os quais se incluem o esgotamento energético, o acúmulo de metabólitos e alterações no processo contrátil (Allen; Lamb; Westerblad, 2008). Esses achados vêm sendo reforçados por evidências recentes que caracterizam a fadiga como um processo simultaneamente central e periférico, com repercussões diretas no desempenho de ações explosivas e cíclicas (Clark et al., 2025). Embora manifeste caráter transitório, sua instalação compromete imediatamente a performance esportiva, acarretando redução da força produzida, da velocidade de contração e da eficiência do ciclo alongamento-encurtamento (Opplert; Babault, 2018).

O alongamento dinâmico, quando utilizado de forma criteriosa, pode atuar como elemento modulador da fadiga aguda. Protocolos equilibrados estimulam a ativação neural e muscular sem gerar sobrecarga excessiva, criando condição de prontidão motora que diminui o impacto da fadiga central (Vieira et al., 2025). Já volumes ou intensidades excessivas tendem a provocar fadiga subclínica, perceptível por discretas quedas de torque e tempo de ativação motora (Durukan et al., 2025).

No nível fisiológico, a fadiga aguda compromete o acoplamento excitação-contração e reduz a liberação de cálcio, atrasando o desenvolvimento de força (Kurak et al., 2024). Entretanto, o DS pode amenizar tais efeitos ao otimizar o recrutamento neural e favorecer o fluxo sanguíneo, facilitando a remoção de metabólitos e a manutenção do equilíbrio iônico (Sanno et al., 2024). Assim, sua correta aplicação funciona como barreira fisiológica à fadiga, permitindo que o atleta mantenha a eficiência contrátil mesmo sob demandas elevadas.

A relação entre potência e fadiga é recíproca: o declínio da potência sinaliza a fadiga, enquanto o controle desta é fundamental para preservar aquela (Yan et al., 2025). Em modalidades que exigem repetição de ações explosivas, o DS mostrou capacidade de preservar o desempenho e retardar a queda de força (Aouadi et al., 2025). Tal efeito decorre da preservação da rigidez tendínea e da ativação antecipada das fibras rápidas, reduzindo a dependência das vias anaeróbias responsáveis pelo acúmulo de fadiga periférica (Behm et al., 2023).

Como observado em contextos experimentais similares (Kurt et al., 2024; Warneke, 2024), o DS também parece modular a fadiga neural — subtipo de fadiga central — aumentando a eficiência dos circuitos espinhais e diminuindo a co-ativação antagonista, o que reduz o custo energético e sustenta o desempenho motor. Desse modo, a fadiga aguda surge como elo central entre os efeitos do DS e a manutenção da potência muscular. Compreendê-la e controlá-la é, portanto, fundamental para maximizar o desempenho e garantir sustentabilidade funcional (Sople et al., 2025; Rappelt et al., 2024).

Aplicações do alongamento dinâmico na gestão da fadiga aguda em esportes de potência

Nos esportes e atividades de potência, como: atletismo, futebol, basquete, vôlei e levantamento de peso, o alongamento dinâmico consolidou-se como

estratégia eficaz para preservar a potência e retardar a fadiga aguda (Aouadi et al., 2025). Sua aplicação eleva a temperatura muscular, aprimora a condução nervosa e estimula a perfusão local, favorecendo respostas rápidas e intensas (Kurak et al., 2024). Em atletas de esportes como o judô, nos quais altos níveis de força, potência e flexibilidade são cruciais para o desempenho (Saraiva et al., 2014), a escolha do método de alongamento no aquecimento torna-se ainda mais crítica.

Evidências recentes mostram que o DS na intensidade adequada melhora a altura do salto vertical, a velocidade de sprint e a potência dos membros inferiores comparado ao alongamento estático (Daneshjoo et al., 2024). Além de potencializar o desempenho imediato, essa técnica contribui para a manutenção do rendimento ao longo de séries repetidas, resultado da maior eficiência do ciclo alongamento-encurtamento e da redução do custo metabólico (Sanno et al., 2024).

Em esportes intermitentes, como futebol, rúgbi e basquete, o DS atua como regulador da fadiga funcional, atenuando o acúmulo de metabólitos e preservando a integridade neuromuscular (Rappelt et al., 2024; Behm et al., 2023). Em modalidades de potência pura, como levantamento de peso e salto em distância, protocolos curtos e controlados elevam o pico de potência sem induzir fadiga central (Durukan et al., 2025).

Destaca-se que o DS representa o equilíbrio entre estímulo neural e economia funcional. Quando bem estruturado, amplia o desempenho explosivo e reduz o impacto da fadiga, funcionando como elo fisiológico entre preparação e performance (Sople et al., 2025; Aouadi et al., 2025).

CONCLUSÃO

O alongamento dinâmico destaca-se como instrumento eficaz para modular a fadiga aguda e preservar o desempenho neuromuscular em atividades de alta intensidade. Ao elevar a excitabilidade neural e manter a integridade musculotendínea, essa técnica possibilita movimentos mais potentes, eficientes e sustentáveis.

Constata-se, portanto, que o controle da fadiga é elemento central para sustentar a potência. Ao reduzir a sobrecarga metabólica e aprimorar a ativação neural, o DS atua como mecanismo preventivo contra o declínio precoce de desempenho. Como sintetizado nas evidências revisadas, a manipulação da fadiga aguda por meio do DS representa avanço na preparação física de atletas de potência. Protocolos específicos, progressivos e breves favorecem a eficiência motora, reduzem a fadiga e consolidam essa variável como elemento determinante e ajustável do desempenho humano.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological Reviews*, v. 88, n. 1, p. 287–332, 2008.
- ALLEN, D. G.; WESTERBLAD, H. The effects of extracellular potassium on skeletal muscle contractility: mechanisms and implications for fatigue. *Acta Physiologica*, v. 191, n. 1, p. 1–14, 2011.
- AOUADI, R.; LTIFI, M. A.; CEYLAN, H. İ.; JLID, M. C.; BRAGAZZI, N. L. Superiority of dynamic stretching over static and combined stretching protocols for repeated sprint performance in elite male soccer players. *Sports*, [S. l.], v. 13, n. 8, art. 275, 2025. DOI: 10.3390/sports13080275.

BEHM, D. G. et al. Acute effects of dynamic stretching on muscle function and performance: a systematic review. *Sports Medicine*, v. 53, p. 1–20, 2023.

BEHM, D. G.; CHAOACHI, A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2633–2651, 2011.

BEHM, D. G. et al. Potential effects of dynamic stretching on injury incidence and performance: a narrative review. *Journal of Sports Science & Medicine*, [S. I.], 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10289929/>. Acesso em: 2025.

BISHOP, David. Warm-up II: performance changes following active warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, [S. I.], v. 33, p. 483–498, 2003.

BLAZEIVICH, A. J. et al. Mechanisms of stretch-induced force deficits: implications for training and performance. *Sports Medicine*, v. 48, n. 7, p. 1531–1546, 2018.

CHAOUACHI, A. et al. Dynamic stretching improves repeated sprint and agility performance in young elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 24, n. 10, p. 2670–2676, 2010.

CLARK, R. et al. Acute fatigue in indoor court-based team sports: a systematic review. *PLOS ONE*, [S. I.], 2025.

CRAMER, J. T. et al. Acute effects of static stretching on electromyographic amplitude and frequency during maximal voluntary contractions. *Journal of Sports Sciences*, v. 22, p. 59–68, 2004.

DANESHJOO, A. et al. Effects of slow dynamic, fast dynamic, and static stretching on recovery of performance, range of motion, balance, and joint position sense in healthy adults. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, [S. I.], v. 16, art. 167, 2024. DOI: 10.1186/s13102-024-00841-5.

DOS REIS, A. L. et al. Effects of stretching on muscle strength, endurance, and adaptations: integrative perspectives. *International Journal of Exercise Science*, [S. I.], 2024.

DURUKAN, E. et al. Comparison of the acute effects of static and dynamic stretching on balance performance in wrestlers. *Journal of Sports Research*, [S. I.], 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12357431/>. Acesso em: 2025.

ENOKA, Roger M; DUCHATEAU, Jacques. Rate coding and the control of muscle force. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, v. 7, n. 10, a029702, 2017.

FLETCHER, I. M.; MONTE-COLOMBO, M. M. An investigation into the effects of different warm-up modalities on specific motor skills related to soccer performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 24, n. 8, p. 2096–2101, 2010.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, v. 81, n. 4, p. 1725–1789, 2001.

HERDA, T. J. et al. Muscle activation and performance following dynamic stretching in humans. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 23, p. 688–697, 2013.

HOUGH, P. A. et al. Effects of dynamic stretching on fatigue during repeated sprints. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 23, n. 1, p. 113–120, 2009.

KAY, Anthony D.; BLAZEIVICH, Anthony J. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 44, n. 1, p. 154–164, 2012.

KOMI, Paavo V. (Ed.). *Strength and Power in Sport*. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 2003.

KURAK, K. et al. The effects of different stretching techniques used in warm-up on the triggering of post-activation performance enhancement in soccer players. *Applied Sciences*, [S. I.], v. 14, n. 11, p. 4347, 2024.

KURT, C. et al. Acute effects of slow, moderate and fast time dynamic stretching exercises on power. *Journal of Human Kinetics*, [S. I.], 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11307189/>. Acesso em: 2025.

LI, T. et al. The effects of different post-activation potentiation strategies for sprint performance. *Scientific Reports*, [S. I.], 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-75464-4.

MILLET, G. Y.; LEPERS, R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Medicine*, v. 34, n. 2, p. 105–116, 2004.

OPPLERT, Jules; BABAUULT, Nicolas. Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: an analysis of the current literature. *Sports Medicine*, [S. I.], v. 48, p. 299–325, 2018.

RAPPELT, L. et al. Findings from three acute randomized crossover trials: PAPE protocols and jumping performance. *Frontiers in Physiology*, [S. I.], 2024. DOI: 10.3389/fphys.2024.1447421.

SAMSON, M. et al. Effects of dynamic stretching volume on lower-limb power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 26, n. 12, p. 3326–3333, 2012.

SANNO, M. et al. Mechanical power distribution of the lower limbs changed during intermittent 300 countermovement jumps. *European Journal of Applied Physiology*, [S. I.], 2024. DOI: 10.1007/s00421-024-05619-8.

SLOW, M.; WHEELER, K.; MURRAY, A.; FLETCHER, I. A. Dynamic stretching performed at different speeds modulates spinal reflex excitability without affecting corticospinal responses. *European Journal of Applied Physiology*, v. 124, n. 2, p. 457–469, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05230-7>

SOPLE, D. et al. Dynamic warm-ups play pivotal role in athletic readiness: systematic insights. *Journal of Sports Science Reviews*, [S. I.], 2025.

SPYROU, D. et al. Exploring countermovement jump variables across competitive levels. *Frontiers in Sports and Active Living*, [S. I.], 2024. DOI: 10.3389/fspor.2024.1371467.

TELLES, R. K. et al. Spinal and corticospinal responses to different dynamic stretching modalities: implications for warm-up design. *European Journal of Applied Physiology*, v. 123, p. 831–842, 2023.

VIEIRA, D. C. L. et al. The acute effects of dynamic stretching on the neuromuscular system are independent of the velocity. *Experimental Physiology*, [S. I.], 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11868028/>. Acesso em: 2025.

WARNECKE, K. Revisiting the stretch-induced force deficit: a systematic analysis with subgroup data on dynamic stretching. *Journal of Sports Biomechanics*, [S. I.], 2024.

YAN, R. et al. Time-dependent effects of acute stretching on power. *Scientific Reports*, [S. I.], 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-00027-0.

ASSOCIAÇÃO DE LESÕES NA GRAMA SINTÉTICA COM A FADIGA

Samuel Moreno Alves
Thiago Teixeira Guimarães
José Eduardo Lattari Royal Prati

RESUMO

O assunto associação de lesões na grama sintética correlacionado a fadiga se destaca na literatura porque está diretamente associada a lesões, mesmo sendo algo multifatorial. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre mecanismos de lesões e como é a composição da grama sintética para entender se há correlação para maior fadiga aguda ou não. Para tal, três subtemas foram explorados: Localidade e causa das lesões, Estrutura da grama sintética e Fadiga aguda como fator de lesão. Desde que a grama sintética foi introduzida nos esportes a mais de 50 anos atrás, ela vem evoluindo de tempos em tempos tendo gerações mais recentes, melhorando a base para cada vez mais se adequar aos padrões necessários, e assim ter maior semelhança com a grama natural. As lesões apesar de serem multifatoriais, estão relacionadas com fadiga aguda. Quando a capacidade de sustentar movimentos e mecanismos diversos de mudança de direção, saltos, desacelerações, combate, e entre outros, não é realizada da forma correta, ocasiona na entorse ou lesões musculares. Em uma partida, o jogador realiza em torno de 1200 mudanças acíclicas, 30 a 40 saltos, e tendo uma redução significativa na intensidade no segundo tempo devido ao cansaço da partida. Um músculo fatigado tem sua capacidade de gerar força máxima comprometida. Podemos entender neste trabalho que a fadiga está relacionada a lesões, devido ao músculo estar mais fraco e mais propenso a estiramento e entorses ligamentares.

PALAVRAS-CHAVE: Futebol; Entorse; Mecanismos; Fisiologia.

INTRODUÇÃO

A presente revisão bibliográfica abordou o tema de lesões no futebol praticado na grama sintética correlacionado à fadiga aguda. O futebol é o esporte mais popular do planeta (Gurău *et al.*, 2023), porém devido dinâmica das partidas, combates em disputa de bola, acelerações, saltos, e mudanças de direção, diversas lesões ocorrem de forma frequente, tanto no futebol profissional quanto no amador (Kolokotsios *et al.*, 2021). Segundo Fuller *et al.* (2006), é considerado lesão quaisquer tipos de queixa física ocorrida e relatada por um jogador, em partida ou treinamento, sendo dependente de atenção médica ou não. As causas das lesões são multifatoriais, em sua maioria por mecanismos traumáticos, excesso de esforço e fadiga aguda (Fuller *et al.*, 2006). As superfícies de grama sintética têm sido alvo de investigação quanto ao seu impacto no risco de lesões em membros inferiores. Gould *et al.* (2023) em sua revisão sistemática que comparou grama natural e grama artificial observou taxas semelhantes de lesões gerais, embora lesões específicas nos pés e tornozelos sejam mais frequentemente relatadas em superfícies artificiais. O mecanismo sugerido para esse aumento está associado ao fato de que superfícies sintéticas liberam menos o calçado, resultando em maior torque e carga mecânica transmitida ao pé, tornozelo e articulações adjacentes conciliado com a fadiga muscular aguda.

A fadiga muscular aguda é um fator intrínseco que pode exacerbar o risco de lesões nessas superfícies (Nédélec *et al.*, 2013). Em estudos comparativos, atletas submetidos a simulações de exercício específico de futebol demonstraram decrementos de força máxima ou torque excêntrico nos isquiotibiais mais elevados quando o exercício de desempenho no salto ou *sprint*, foi realizado em grama natural em comparação com grama sintética (Siegchrist *et al.*, 2020; Almonroeder; Brett; Harvey, 2015), embora a recuperação após exercício em grama sintética não tenha sido consistentemente pior (Meyers, 2013). Esse achado sugere que, sob condições de fadiga aguda, a superfície afeta diferentemente os músculos dependendo do tipo de padrão de movimento, potencialmente influenciando a vulnerabilidade a estiramentos ou rupturas musculares. E no estudo longitudinal de Fujitaka *et al.*, (2017), com jogadores universitários de futebol, verificou-se que a taxa de lesões musculares de membros inferiores aumentou após a conversão de campo de solo para grama artificial, mas diminuiu novamente após intervenções de manutenção. Isso indica que não apenas a presença da superfície sintética, mas também suas características de construção e manutenção são críticas na modulação do estresse muscular e do risco de lesão, particularmente quando os músculos já se encontram em estado de fadiga aguda.

Por fim, marcadores bioquímicos de dano muscular como: creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH) e aspartato aminotransferase (AST), têm sido usados para quantificar a lesão induzida por treino em diferentes superfícies (Nédélec *et al.*, 2013). Em uma comparação entre treino em solo natural versus grama sintética, ambos os tipos de campo elevaram níveis desses marcadores após exercício (Karabulak *et al.*, 2023; Andersson *et al.*, 2008), mas alguns estudos observam recuperação mais rápida nos valores dos marcadores para as enzimas CK e LDH no campo sintético (Brito *et al.*, 2010), embora outros, para marcadores como troponina T, sugiram vantagens para grama natural em momentos posteriores, por até 72 horas (Nie *et al.*, 2011). Estes achados

corroboram a noção de que a fadiga muscular aguda acarreta microlesões ou estresse miofibrilar, que pode se manifestar de maneira diferenciada conforme a superfície de jogo, baseando-se em sua capacidade de absorção de impacto, rigidez e interação durante contrações excêntricas.

DISCUSSÃO

O tema lesões no futebol praticado na grama sintética correlacionado a fadiga aguda, apresenta inúmeras vertentes, características específicas e possibilidades de imersão. É possível debater, por exemplo, sobre subtemas como localidade e causa das lesões, fatores bioquímicos, epidemiologia das lesões, popularidade do futebol, estrutura da grama sintética. Destacaremos, a seguir, três desses subtemas, expondo definições conceituais, estudos recentes sobre o assunto e possíveis aplicações na prática.

Estrutura da grama sintética

A grama sintética foi introduzida a mais de 50 anos atrás no estádio Astrodome, em Houston, Texas, Estados Unidos da América (Jastifer *et al.*, 2019; Balazs *et al.*, 2015). No ano de 1966, ano de sua primeira utilização, a grama era feita de um carpete de náilon denso de fibra curta em uma base sólida e compacta e possuía uma fibra com medidas abaixo de 1,25 milímetros, sendo chamado inicialmente de '*ChemGrass*' (i.e., tradução literal de "grama química"), e logo após de '*AstroTurf*' (i.e., tradução literal de "grama sintética") (U.S. Patent 3,332,182; Jastifer *et al.*, 2019). No ano seguinte a sua primeira utilização, uma almofada de espuma elastomérica de célula fechada foi instalada entre o suporte do carpete e o solo para absorção do impacto gerado com a pisada, deixando assim o solo mais macio (U.S. Patent 3,332,182; TurfPro, 2024). Nas décadas de 1970 e 1980, diversos estádios poliesportivos recém-inaugurados, assim como muitos já em funcionamento, passaram a substituir a grama natural pela grama sintética de primeira geração, conhecida como '*AstroTurf*' (Jastifer *et al.*, 2019; Moretto *et al.*, 2017). Posteriormente, foi desenvolvida a grama sintética de segunda geração, que, embora tenha tido aplicação limitada, representou um avanço importante na evolução das superfícies artificiais e serviu de base para o desenvolvimento dos sistemas de terceira geração (Moretto *et al.*, 2017; Jastifer *et al.*, 2019).

O primeiro sistema de grama sintética de terceira geração foi desenvolvido pela empresa '*FieldTurf*', tendo sido instalado pela primeira vez em 1997 (Jastifer *et al.*, 2019). As superfícies de grama sintética de terceira geração representam um avanço significativo em comparação às versões anteriores, tanto em termos estruturais quanto funcionais. Sua composição é caracterizada por múltiplas camadas sobrepostas, cada uma com finalidades específicas. A base inferior pode ser constituída por cascalho compactado ou por concreto, sendo esta última opção recomendada para áreas que exigem maior capacidade de suporte de carga, como aquelas destinadas ao tráfego de equipamentos pesados. A altura do preenchimento de grãos varia entre 25 mm e 40 mm, com grânulos de diâmetro entre 2 mm e 3 mm, ajustados à altura total das fibras (FieldTurf Technical Manual, 2018; U.S. Patent 6,800,334). Nas versões mais modernas, observam-se o uso de fibras mais longas e menos densas, com dois formatos predominantes: monofilamento e filme cortado, ambos

majoritariamente fabricados em polietileno (FieldTurf Technical Manual, 2018; U.S. Patent 6,800,334).

Localidade e causas das lesões

A causa das lesões em atletas de futebol é multifatorial. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saúde não pela falta ou ausência de enfermidade, mas sim “um estado de completo bem-estar físico, mental e social” (Bahr *et al.*, 2020; Da Silveira *et al.*, 2020). De acordo com o estudo de Kolokotsios *et al.* (2021), quando ocorre uma fadiga aguda excessiva após longos períodos, resulta em um nível maior de risco para lesões no tornozelo, incluindo também no fator de risco chutes repetitivos com o mesmo movimento, aceleração e desaceleração dos atletas, e mudanças bruscas de direção. Um jogador está mais propenso a lesões quando há um desequilíbrio muscular nos músculos dos membros inferiores (Croisier *et al.*, 2008), e quando há lesões prévias do bíceps femoral (van Dyk *et al.*, 2016). No caso de lesão sem contato, o estudo de Powers *et al.* (2017) mostrou um aumento na porcentagem de chance de lesão por entorse de tornozelo quando há uma fraqueza no músculo abdutor do quadril.

As locais onde as lesões que mais ocorrem no futebol de acordo com López-Valenciano *et al.* (2020) são em primeiro nos membros inferiores, depois no tronco seguido de membros superiores, e por último com a menor incidência ficou cabeça e pescoço. Os membros inferiores foram divididos em 6 regiões anatômicas, sendo elas: coxa; pé/dedos do pé; joelho; quadril/virilha; tornozelo; perna/tendão de Aquiles. Dentre as regiões dos membros inferiores, os que mais tiveram lesões foram: coxa, joelho e tornozelo, na respectiva sequência, enquanto os que menos tiveram lesões em ordem do que menos teve para o que mais teve: pé/dedo do pé; perna/tendão de Aquiles e quadril/virilha. Dentre os tipos de lesões que mais ocorreram no estudo de López-Valenciano *et al.* (2020) estão: muscular/tendão, contusões, lesões indefinidas, articulações e ligamentos, fraturas ou estresses ósseos, lacerações na pele e o de menor incidência foi de lesões no sistema nervoso central e/ou periférico, todos na ordem de maior incidência para menor incidência. E quanto a gravidade da lesão, as de menor impacto e de menor significância foram as que mais ocorreram, enquanto os ferimentos moderados menores, ferimentos moderados maiores e ferimentos moderados graves ocorreram com uma frequência menor.

Fadiga aguda como fator de lesão

O futebol pode ser considerado um esporte de alta intensidade e possui uma demanda física muito alta (Hader *et al.*, 2019), levando sempre seus atletas ao limite muitas vezes devido ao número de mudanças acíclicas, aproximadamente 1200 por jogo, a cada 3 a 5 segundos. Em média, o atleta profissional realiza por jogo mais de 700 giros, 30 a 40 sprints, 30 a 40 saltos. Nas partidas também realizam de forma constante acelerações e desacelerações, chutes, dribles, *tackling*, todos de forma intensa exaltando o nível de capacidade física dos atletas, tornando a partida exigente no quesito fisiológico (Iaia *et al.*, 2009). O segundo tempo de jogo quando comparada ao primeiro tempo, as corridas de alta intensidade e a distância total percorrida diminuem de forma significativa, chegando a reduzir a quantidade em 20% a

40% nos últimos 15 minutos aos 15 minutos iniciais. Nota-se também uma redução maior na corrida quando se tem mais atividades realizadas no primeiro tempo de jogo (Bradley *et al.*, 2010).

Um músculo fatigado tem sua capacidade de gerar força máxima comprometida (Baumert *et al.*, 2021). Durante gestos explosivos, como a corrida em alta velocidade, os isquiotibiais atuam excentricamente para frear a perna em balanço (Chumanov *et al.*, 2012; Danielsson *et al.*, 2020). Se fatigados, eles não conseguem gerar força suficiente para controlar esse movimento, tornando-se vulneráveis a um estiramento ou ruptura de fibras (Chumanov *et al.*, 2012). A fadiga aguda perturba a comunicação entre o sistema nervoso e o músculo, especialmente alterando o padrão de coordenação intermuscular (Pimenta *et al.*, 2023). Isso pode levar a uma perda de coordenação e timing na ativação muscular. No contexto do sprint, a sincronia entre os músculos da coxa (isquiotibiais, quadríceps) é crucial (Danielsson *et al.*, 2020). A fadiga aguda dos isquiotibiais pode desequilibrar essa sincronia, sobrecarregando ainda mais a musculatura já fatigada e aumentando o risco de lesão (Romero *et al.*, 2022). O futebol é caracterizado por repetidas acelerações, desacelerações e sprints, que são atividades que induzem fadiga aguda rapidamente, especialmente em uma agenda congestionada (Edouard *et al.*, 2018). A fadiga aguda acumulada ao longo de uma partida ou de um período de treinos intensos deixa o atleta em um estado de vulnerabilidade constante (Oliveira-Junior *et al.*, 2024).

CONCLUSÃO

Desde que a grama sintética foi introduzida nos esportes a mais de 50 anos atrás, ela vem evoluindo de tempos em tempos tendo gerações mais recentes, melhorando a base para cada vez mais se adequar aos padrões necessários, e assim ter maior semelhança com a grama natural. As lesões apesarem de serem multifatoriais, estão relacionadas com fadiga aguda. Quando a capacidade de sustentar movimentos e mecanismos diversos de mudança de direção, saltos, desacelerações, combate, e entre outros, não é realizada da forma correta, ocasiona na entorse ou lesões musculares. Em uma partida, o jogador realiza em torno de 1200 mudanças acíclicas, 30 a 40 saltos, e tendo uma redução significativa na intensidade no segundo tempo devido ao cansaço da partida. Um músculo fatigado tem sua capacidade de gerar força máxima comprometida. Podemos entender neste trabalho que a fadiga está relacionada a lesões, devido ao músculo estar mais fraco e mais propenso a estiramento e entorses ligamentares.

REFERÊNCIAS

- ALMONROEDER, T. G.; BRETT, S.; HARVEY, B. Biomechanical comparison of cutting movements on natural grass and artificial turf. *Journal of Applied Biomechanics*, v. 31, n. 5, p. 370–376, 2015.
- ANDERSSON, H. *et al.* Physiological responses to maximal running on natural grass and artificial turf. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 22, n. 3, p. 882–890, 2008.
- BALAZS, George C. *et al.* Risk of anterior cruciate ligament injury in athletes on synthetic playing surfaces: a systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, v. 43, n. 7, p. 1798–1804, 2015.
- BAHR, R.; CLARSEN, B.; DERMAN, W. *et al.* International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-

SIIS)). *British Journal of Sports Medicine*, v. 54, n. 7, p. 372-389, 2020. DOI: 10.1136/bjsports-2019-101969.

BAUMERT, P. et al. Neuromuscular fatigue and recovery after strenuous exercise depends on skeletal muscle size and fiber type composition. *Scientific Reports*, v. 11, 2021.

BRADLEY, Paul S. et al. Perfis de atividade de alta intensidade de jogadores de futebol de elite em diferentes níveis de desempenho. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 24, n. 9, p. 2343-2351, 2010.

BRITO, J. et al. Acute and residual soccer match-related fatigue: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, v. 28, n. 1, p. 1–12, 2010.

CHUMANOV, E. S.; HEIDERSCHEIT, B. C.; THELEN, D. G. Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. *British Journal of Sports Medicine*, v. 46, n. 2, p. 90–95, 2012.

CROISIER, J.-L. et al. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, v. 36, n. 8, p. 1469–1475, 2008.

DANIELSSON, A.; HORVATH, A.; SENORSKI, C. The mechanism of hamstring injuries: a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 21, p. 1–13, 2020.

DA SILVEIRA, Matheus dos Santos; DE SOUZA, Lucas Rocha; DE CASTRO, Brenda Thainá Cardoso. A Organização Mundial da Saúde e o seu papel para a Saúde Mental Global. *Internacionais*, p. 36, 2020.

EDOUARD, P.; MENDIGUCHIA, J.; LAHTI, J.; SAMOZINO, P.; MORIN, J.-B. Sprint Acceleration Mechanics in Fatigue Conditions. *Frontiers in Physiology*, v. 9, 2018.

FIELDTURF. *FieldTurf Classic HD – Technical Manual*. Montreal: FieldTurf Tarkett, 2018.

FULLER, Colin W. et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 16, n. 2, p. 83-92, 2006.

FUJITAKA, K. et al. Effect of changes in artificial turf on sports injuries in male university soccer players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 5, n. 8, 2017. DOI: 10.1177/2325967117719648.

GURĂU, T. V. et al. Epidemiology of injuries in men's professional and amateur football (part I). *Journal of Clinical Medicine*, v. 12, n. 17, p. 5569, 2023.

GOULD, H. P. et al. Lower extremity injury rates on artificial turf versus natural grass playing surfaces: a systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, v. 51, n. 6, p. 1615-1621, 2023. DOI: 10.1177/03635465211069562.

HADER, K. et al. Monitoring the athlete match response: can external load variables predict post-match acute and residual fatigue in soccer? A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine Open*, v. 5, n. 1, p. 48, 2019. DOI: 10.1186/s40798-019-0219-7.

IAIA, F. Marcello; ERMANNNO, Rampinini; BANGSBO, Jens. High-intensity training in football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 4, n. 3, p. 291-306, 2009.

JASTIFER, James R. et al. Synthetic turf: history, design, maintenance, and athlete safety. *Sports Health*, v. 11, n. 1, p. 84-90, 2019.

KARABULAK, A.; ASLAN, C. S. The effect of different field grounds on muscle damage in soccer. *Journal of ROL Sport Sciences*, v. 4, n. 2, p. 487-504, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8054557.

KOLOKOTSIOS, Spyridon et al. Ankle injuries in soccer players: a narrative review. *Cureus*, v. 13, n. 8, 2021.

López-Valenciano, A.; Ruiz-Pérez, I.; Kariya, Z.; Ayala, F.; Myer, G. D.; Croix, M. D. S. Epidemiology of injuries in professional football: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, v. 54, n. 12, p. 711–718, 2020. DOI: 10.1136/bjsports-2018-100260.

MEYERS, M. C. Incidence, mechanisms, and severity of match-related collegiate women's soccer injuries on FieldTurf and natural grass surfaces. *American Journal of Sports Medicine*, v. 41, n. 10, p. 2409–2420, 2013.

MORETTO, P.; et al. Artificial turf surfaces: a review of their characteristics and biomechanical implications. *Sports Biomechanics*, 2017.

NÉDÉLEC, M. et al. Physical performance and subjective ratings after a soccer-specific exercise simulation: comparison of natural grass versus artificial turf. *Journal of Sports Sciences*, v. 31, n. 5, p. 529-536, 2013. DOI: 10.1080/02640414.2012.738923.

NIE, J. et al. Effects of exercise on cardiac troponins. *Clinical Chemistry*, v. 57, n. 12, p. 1695–1702, 2011.

OLIVEIRA-JÚNIOR, O. et al. Potential financial loss and risk factors for hamstring muscle injuries in elite male Brazilian soccer players: a season-long prospective cohort pilot study. *Frontiers in Sports and Active Living*, v. 6, 2024. DOI: 10.3389/fspor.2024.1360452.

PIMENTA, R. et al. Effects of repeated sprints on hamstring active shear modulus in football players. *Scientific Reports*, v. 13, 2023.

Powers, C. M.; Ghoddosi, N.; Straub, R. K.; Khayambashi, K. Hip Strength as a Predictor of Ankle Sprains in Male Soccer Players: A Prospective Study. *Journal of Athletic Training*, v. 52, n. 11, p. 1048-1055, 2017. DOI: 10.4085/1062-6050-52.11.18.

ROMERO, V. et al. Effects of Fatigue Induced by Repeated Sprints on Sprint Biomechanics in Football Players: Should We Look at the Group or the Individual? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 22, p. 14643, 2022.

SIEGCHRIST, F. et al. Differences in fatigue and mechanical loading during soccer-specific tasks on natural grass versus third-generation artificial turf. *Sports Biomechanics*, v. 19, n. 5, p. 1–14, 2020.

TURFPRO SYNTHETICS. *History of Synthetic Turf*. 2024. Disponível em: <https://turfprosynthetics.com/history-of-synthetic-turf-3/>

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE. *US Patent 3,332,182 — Synthetic Grass Surface*. Monsanto, 1967.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE. *US Patent 6,800,334 — Synthetic Grass System*. FieldTurf, 2004.

VAN DYK, N. et al. Previous injury as the most significant risk factor for future hamstring injury in elite football players. *British Journal of Sports Medicine*, v. 50, n. 2, p. 90–95, 2016.

Índice Remissivo

A

Alongamento dinâmico – p. 67
Adoecimento docente – p. 13
Atividade física – p. 36
Autonomia profissional – p. 17

B

Burnout (síndrome) – pp. 13
Bem-estar docente – p. 16

C

Corpo e mente – p. 5
Carga de treinamento – p. 53
Cansaço e fadiga – p. 36
Cognição e desempenho – p. 24

D

Desempenho esportivo – p. 60
Desgaste emocional – p. 43
Disfunção motora – p. 7
Docência e saúde mental – pp. 13

E

Educação física escolar – p. 43
Esgotamento físico – p. 13
Estimulação transcraniana – p. 60
Exercício físico – p. 36
Envelhecimento ativo – p. 36

F

Fadiga aguda – pp. 67, 74
Fadiga crônica – pp. 7, 36
Fadigabilidade – p. 36
Fadiga muscular – pp. 7, 24, 60
Formação docente – p. 43
Força muscular – pp. 7, 60

G

Grama sintética (lesões) – p. 77

H

Higiene do sono – p. 24

I

Inclusão educacional – p. 13
Inovação pedagógica – p. 43
Idoso e fadiga – p. 36

L

Lactato sanguíneo – p. 53
Lesões esportivas – p. 77

M

Metodologias ativas – p. 43
Marcha funcional – p. 7
Mecanismos de fadiga – pp. 53, 60

N

Neuromodulação – p. 7

P

Percepção subjetiva de esforço – p. 53
Privação de sono – p. 24

Q

Qualidade de vida – pp. 7, 36

R

Recuperação muscular – p. 24
Reabilitação multidisciplinar – p. 7

S

Sono e desempenho – p. 24
Saúde emocional – p. 43

