

COLÉGIO SÃO LUÍS

ENSINO MÉDIO
CURSO DE METODOLOGIA DE INCIAÇÃO CIENTÍFICA

MATEUS BADRA PAVANI

RESPOSTAS COGNITIVAS EM RELAÇÃO A SONO E FREQUÊNCIA CARDÍACA:
Frequência cardíaca de repouso e tempo de sono como fatores biológicos nas
respostas cognitivas em práticas esportivas

São Paulo

2025

MATEUS BADRA PAVANI

**RESPOSTAS COGNITIVAS EM RELAÇÃO A SONO E FREQUÊNCIA CARDÍACA:
Frequência cardíaca de repouso e tempo de sono como fatores biológicos nas
respostas cognitivas em práticas esportivas**

Artigo apresentado como requisito de aprovação em “Metodologia de Iniciação Científica”, na 2ª série do EM do Colégio São Luís

Orientador: Prof. Caio Seiji Nagayoshi

São Paulo
2025

Eu gostaria de dedicar este trabalho aos meus pais que sempre me ajudaram em tudo que precisei, ao Azarão Futebol Clube por me proporcionar momentos incríveis e uma família de companheiros com quem posso sempre contar, e à minha namorada Isabella.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Caio Seiji, ao orientador da disciplina “Estudos e Pesquisa Supervisionados”, José Richardson Matiello, meus pais, e à Isabella por todas as orientações, aprendizados e apoio durante todo o processo de produção do trabalho de pesquisa.

“O sono é o alicerce sobre o qual o corpo e a mente se constroem e se restauram.
Dormir bem é a forma mais simples e poderosa de aprimorar o desempenho humano.”

Matthew Walker

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo investigar de que forma o tempo médio de sono (TMS) e a frequência cardíaca de repouso (FCR) influenciam as respostas cognitivas em adolescentes praticantes de esportes coletivos. A pesquisa foi desenvolvida com abordagem quantitativa e caráter correlacional, utilizando medições fisiológicas e testes cognitivos aplicados por meio do software *Inquisit 6*. Foram analisadas as variáveis de tempo de reação simples (TRS), de escolha (TRE) e de discriminação (TRD), correlacionadas com as medidas de FCR e TMS. Os resultados mostraram correlações negativas e estatisticamente significativas entre o tempo médio de sono e todos os tempos de reação, indicando que indivíduos com maior duração de sono apresentaram respostas cognitivas mais rápidas e eficientes. Por outro lado, a FCR não apresentou correlações significativas, embora tenha exibido tendência positiva moderada, sugerindo que níveis mais altos de FCR podem estar associados a respostas mais lentas. Conclui-se que o sono exerce papel determinante na prontidão neurofisiológica e na eficiência cognitiva de jovens atletas, enquanto a FCR pode representar um indicador complementar de condicionamento, cuja influência sobre o desempenho cognitivo depende de um estudo mais aprofundado e complexo.

- **Palavras-chave:** Sono. Frequência cardíaca. Cognição. Desempenho esportivo. Neurociência.

ABSTRACT

This study aimed to investigate how average sleep time (TMS) and resting heart rate (RHR) influence cognitive responses in adolescent team-sport athletes. The research followed a quantitative and correlational approach, combining physiological measurements with cognitive tests performed using the *Inquisit 6* software. The analyzed variables included simple reaction time (SRT), choice reaction time (CRT), and discrimination reaction time (DRT), correlated with RHR and TMS values. Results showed negative and statistically significant correlations between average sleep time and all reaction time measures, indicating that individuals with longer sleep duration demonstrated faster and more efficient cognitive responses. Conversely, resting heart rate did not show statistically significant correlations, although moderate positive tendencies suggested that higher RHR levels may be related to slower responses. It is concluded that sleep plays a determining role in neurophysiological readiness and cognitive efficiency among young athletes, while resting heart rate may act as a complementary indicator of conditioning, whose influence on cognitive performance warrants further investigation in future studies.

Keywords: Sleep. Heart rate. Cognition. Sports performance. Neuroscience.

Lista de ilustrações:

Figura 1 – Variação da frequência cardíaca em relação à faixa etária	11
Figura 2 – Resultados experimentais do teste de reação simples (TRS) no software <i>Inquisit 6</i>	16
Figura 3 – Resultados da correlação de Pearson em gráfico combinado	20
Figura 4 – Resultados da correlação de Pearson em gráfico de dispersão	21
Figura 5 – Resultados da correlação de Pearson em gráfico de barras	22

Lista de tabelas:

Tabela 1 – Dados coletados dos participantes	18
Tabela 2 – Resultados da correlação de Pearson	19
Tabela 3 – Resultados da correlação de Pearson em gráfico combinado	20
Tabela 4 – Resultados da correlação de Pearson em gráfico de dispersão	21
Tabela 5 – Resultados da correlação de Pearson em gráfico de barras	22

Lista de abreviaturas e siglas:

Exel – Microsoft Excel

FCR – Frequência Cardíaca de Repouso

HRV – Variabilidade da Frequência Cardíaca (Heart Rate Variability)

Inquisit 6 – Software de aplicação de testes psicológicos e cognitivos

MDPI – Multidisciplinary Digital Publishing Institute

NREM – Sono Não REM (Non-Rapid Eye Movement)

REM – Movimento Rápido dos Olhos (Rapid Eye Movement)

TRD – Tempo de Reação de Discriminação

TRE – Tempo de Reação de Escolha

TRS – Tempo de Reação Simples

TMS – Tempo Médio de Sono

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Bases Teóricas Sobre os Fatores Biológicos	14
1.1.1 A Dinâmica Cognitiva no Jogo	14
1.2 A Neurociência dos Tempos de Reação	14
1.2.1 Componentes Neurofisiológicos dos Tempos de Reação	15
1.3 A Frequência Cardíaca de Repouso como Indicador de Prontidão Cognitiva ..	15
1.3.1 Definição e Significado Fisiológico da FCR	15
1.3.2 Relação entre FCR e Cognição	15
1.3.3 Evidências Científicas da FCR sobre o Desempenho Cognitivo	17

1.4 O Sono como Mecanismo de Restauração Cognitiva	17
1.4.1 A Arquitetura do Sono e sua Função Neurobiológica	17
1.4.2 O Impacto da Restrição de Sono nos Adolescentes	17
1.4.3 Evidências Experimentais da Relação Sono–Cognição	18
1.4.4 A Conexão Sono–FCR	18
1.5 Interação dos Fatores Biológicos no Desempenho Cognitivo	18
1.6 Metodologia	19
1.6.1 Participantes	19
1.6.2 Procedimentos de Coleta de Dados	19
1.6.2.1 Mensuração da Frequência Cardíaca de Repouso (FCR)	19
1.6.2.2 Avaliação do Tempo Médio de Sono (TMS)	19
1.6.2.3 Aplicação dos Testes Cognitivos de Tempo de Reação	20
1.6.3 Análise dos Dados	21
1.6.3.1 Formato dos Dados e Cálculo da Correlação de Pearson	21
1.6.3.2 Formato dos Dados e Cálculo da Correlação de Pearson	22
2 DESENVOLVIMENTO	25
2.1 Resultados da Coleta de Dados	25
2.2 Resultados da Correlação de Pearson	26
2.3 Interpretação Estatística e Discussão dos Resultados	30
2.4 Limitações do Estudo	31
2.5 Considerações Parciais	31
3 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O desempenho esportivo, especialmente em modalidades coletivas, depende não apenas das habilidades técnicas e físicas dos atletas, mas também de sua capacidade cognitiva de processar informações, tomar decisões rápidas e executar ações motoras com precisão. Em ambientes escolares, observa-se que estudantes com níveis semelhantes de habilidade técnica podem apresentar diferenças significativas em suas respostas cognitivas durante situações de jogo, como passes, bloqueios e tomadas rápidas de decisão. Esse fenômeno levanta questionamentos acerca de quais fatores biológicos podem estar associados a essas variações de desempenho cognitivo-motor.

A neurociência do esporte tem se dedicado a compreender como os fatores fisiológicos e cognitivos interagem no contexto das atividades esportivas. Segundo Matias e Greco (2010), o desempenho esportivo envolve múltiplos processos cognitivos, como atenção seletiva, percepção situacional, antecipação, memória de trabalho e tomada de decisão sob pressão. Esses processos são fundamentais em esportes coletivos, nos quais os atletas precisam analisar rapidamente informações de ambientes dinâmicos e imprevisíveis, além de responder com precisão em frações de segundo (WILLIAMS; FORD, 2008; SCHMIDT; LEE, 2011). A eficiência desses mecanismos cognitivos depende diretamente da prontidão neurofisiológica do indivíduo, a qual pode ser modulada por variáveis biológicas como a frequência cardíaca de repouso (FCR) e a qualidade do sono (FULLAGAR et al., 2015; WALKER, 2017).

A frequência cardíaca de repouso representa a quantidade de batimentos cardíacos por minuto em um estado basal de relaxamento e é um importante indicador da eficiência cardiovascular e do equilíbrio autonômico do sistema nervoso (BUCHHEIT & GINDRE, 2006). Estudos como o de Nakamura et al. (2015) apontam que indivíduos com FCR mais baixa tendem a apresentar maior variabilidade da frequência cardíaca (HRV), o que está associado a um melhor funcionamento do sistema nervoso

parassimpático e, conseqüentemente, a uma maior capacidade de foco e respostas cognitivas rápidas. Dessa forma, a FCR não apenas reflete o condicionamento físico, mas também a capacidade de resposta neural frente a estímulos rápidos e complexos, comuns em esportes coletivos.

Outro fator de grande relevância é o sono, fundamental para a recuperação cerebral, consolidação da memória, regulação hormonal e equilíbrio emocional. Walker (2017) destaca que a privação de sono em adolescentes compromete significativamente funções executivas como a atenção sustentada, o tempo de reação e a tomada de decisão. Nesse sentido, estudantes que apresentam hábitos de sono inadequados podem ter sua performance cognitiva prejudicada, mesmo que tecnicamente bem preparados. Silva et al. (2021) complementam que déficits no sono afetam de forma mais acentuada o tempo de reação de escolha e de discriminação, justamente aqueles que exigem maior processamento de informações e tomada de decisão sob pressão.

Considerando essas evidências, surge a hipótese de que a combinação entre uma boa qualidade do sono e uma FCR baixa possa criar um estado biológico favorável à excelência cognitiva e, conseqüentemente, ao melhor desempenho esportivo em situações que demandam rapidez e precisão mental. Entretanto, apesar do crescente volume de estudos na área da neurociência do esporte, ainda há um limitado número de investigações aplicadas ao contexto escolar, com adolescentes em práticas esportivas cotidianas.

Neste sentido, este trabalho propõe investigar como a frequência cardíaca de repouso e o tempo médio de sono influenciam os tempos de reação cognitiva (simples, de escolha e de discriminação) em estudantes praticantes de esportes coletivos. A pesquisa pretende, assim, ampliar a compreensão prática e científica sobre o papel de variáveis biológicas facilmente mensuráveis no aprimoramento da cognição aplicada ao esporte, oferecendo subsídios para práticas pedagógicas e estratégias de otimização do desempenho esportivo juvenil no ambiente escolar.

1.1 BASES TEÓRICAS SOBRE OS FATORES BIOLÓGICOS

O desempenho esportivo é um fenômeno complexo e multidimensional, que transcende as habilidades técnicas e físicas isoladas. Em esportes coletivos como futebol, basquetebol e voleibol, o atleta é exposto a um ambiente dinâmico e imprevisível, exigindo constante adaptação cognitiva a variáveis que mudam em frações de segundo (MATIAS & GRECO, 2010). A tomada de decisão, a antecipação de movimentos adversários, o reconhecimento rápido de padrões de jogo e a precisão nas respostas motoras são elementos que ilustram essa complexidade. Portanto, além do domínio técnico e da capacidade aeróbica, a eficiência cognitiva emerge como pilar central do desempenho esportivo.

1.1.1 A Dinâmica Cognitiva no Jogo

Durante uma partida, o atleta processa uma sequência contínua de estímulos visuais, auditivos e cinestésicos. O sistema nervoso central atua filtrando informações relevantes, antecipando eventos e executando respostas motoras coordenadas (SCHMIDT & LEE, 2011). Este fluxo de informações exige alto grau de funcionamento do córtex pré-frontal, responsável por processos de planejamento, memória de trabalho, controle inibitório e tomada de decisão em tempo real. Portanto, fatores que modulam o funcionamento cortical e subcortical, como a eficiência cardiovascular e o equilíbrio autonômico, impactam diretamente a qualidade dessas respostas cognitivas.

1.2 A Neurociência dos Tempos de Reação

Os tempos de reação representam uma medida operacionalizada da eficiência cognitiva e neuromotora dos atletas. Segundo Schmidt e Lee (2011), os tempos de reação podem ser classificados em três tipos principais:

- **Tempo de Reação Simples (TRS):** Envolve um único estímulo e uma única resposta possível, avaliando a prontidão básica do sistema nervoso;
- **Tempo de Reação de Escolha (TRE):** Envolve múltiplos estímulos e múltiplas respostas possíveis, exigindo processamento discriminativo e tomada de decisão rápida;
- **Tempo de Reação de Discriminação (TRD):** Exige a identificação de quais estímulos são relevantes e quais devem ser ignorados, demandando atenção seletiva e inibição cognitiva.

1.2.1 Componentes Neurofisiológicos dos Tempos de Reação

O desempenho nos tempos de reação depende de circuitos neurais complexos que envolvem o córtex pré-frontal dorsolateral, o córtex motor suplementar, os núcleos da base e o cerebelo (SCHMIDT & LEE, 2011). Esses sistemas atuam integrados para otimizar a percepção de estímulos, a elaboração de estratégias e a execução de comandos motores. Fatores fisiológicos que afetam a velocidade de transmissão neural, a eficiência sináptica e o estado de alerta geral influenciam diretamente o tempo de resposta do atleta em situações competitivas.

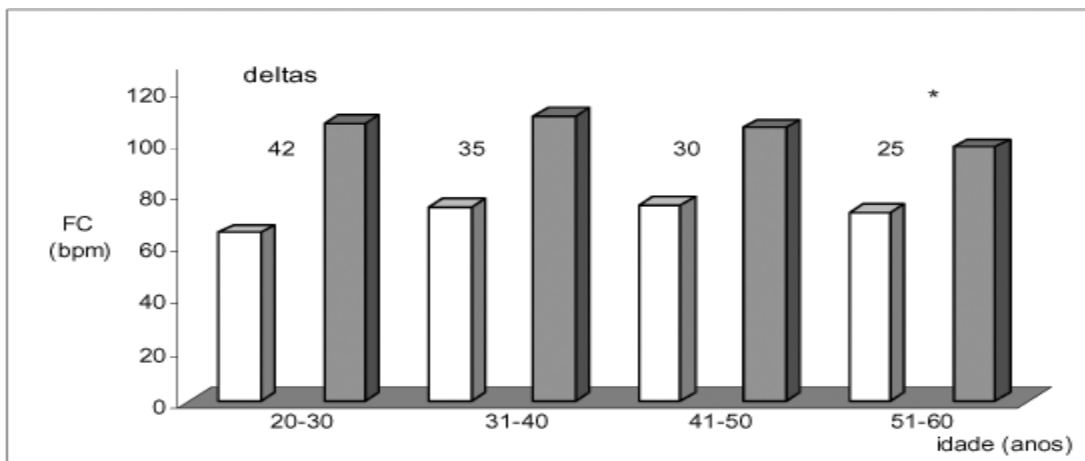
1.3 A Frequência Cardíaca de Repouso como Indicador de Prontidão Cognitiva

1.3.1 Definição e Significado Fisiológico da FCR

A Frequência Cardíaca de Repouso (FCR) representa a quantidade de batimentos cardíacos por minuto em um estado basal de repouso absoluto, sendo diretamente modulada pelo sistema nervoso autônomo (BUCHHEIT & GINDRE, 2006). Uma FCR mais baixa, geralmente observada em indivíduos bem condicionados, reflete maior predominância parassimpática e maior eficiência cardiovascular, sinalizando um organismo em equilíbrio homeostático.

1.3.2 Relação Entre FCR e Cognição

O equilíbrio autonômico refletido pela FCR afeta a regulação hormonal e a neurotransmissão, influenciando diretamente processos cognitivos como atenção sustentada, processamento de informações e tomada de decisão (BUCHHEIT & GINDRE, 2006; NAKAMURA et al., 2015). Indivíduos com FCR mais baixa tendem a apresentar maior variabilidade da frequência cardíaca (HRV), indicando uma resposta flexível e adaptativa do organismo frente a demandas cognitivas e emocionais durante o jogo.



FC = frequência cardíaca; * $p < 0,05$ grupo mais velho vs demais grupos

Figura 1. Valores medianos de FC (em branco, posição supina; em cinza, posição bípede) e de seus respectivos deltas (Δ 0-10s) para cada grupo de faixa etária estudado durante a fase de mudança de posição corporal na MPA.

Figura 1 – Variação da Frequência Cardíaca em relação á faixa etária

Fonte: PASCHOAL MATEUS (2006). Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbfis/a/FTnHvFwNSLW6dZYptMRCGzx/?lang=pt&format=html>.

Acesso em: 28 mai. 2025.

O gráfico acima demonstra a diferença de frequência cardíaca em relação à faixa, dados que são extremamente importantes à medida que ajuda a entender como a diferença de idade possui diferença significativa em relação ao funcionamento do corpo humano, além de outros fatores que também são intrinsecamente importantes para a discussão das diferentes respostas de diferentes tipos de tempos de reação nos testes experimentais.

1.3.3 Evidências Científicas da FCR sobre o Desempenho Cognitivo

Nakamura et al. (2015) demonstraram, em estudo com jovens atletas, que valores mais baixos de FCR correlacionaram-se significativamente com melhor desempenho em tarefas de tempo de reação, sugerindo uma relação estreita entre eficiência autonômica e prontidão cognitiva. A regulação eficaz do sistema nervoso parassimpático parece

reduzir interferências de estresse fisiológico sobre os processos corticais superiores, permitindo respostas cognitivas mais rápidas e precisas em contextos esportivos.

1.4 O Sono como Mecanismo de Restauração Cognitiva

1.4.1 A Arquitetura do Sono e sua Função Neurobiológica

O sono desempenha um papel restaurador essencial, atuando na consolidação da memória, na regulação emocional e na homeostase sináptica (WALKER, 2017). Durante as fases profundas do sono (NREM), ocorre a consolidação de aprendizagens motoras e cognitivas adquiridas durante o dia. Já na fase REM, há reorganização de circuitos neurais responsáveis pelo processamento emocional e planejamento estratégico, altamente demandados durante jogos esportivos (WALKER, 2017).

1.4.2 O Impacto da Restrição de Sono nos Adolescentes

A adolescência é um período particularmente vulnerável à privação de sono devido a mudanças hormonais no ciclo circadiano e à crescente carga acadêmica e

social. Walker (2017) destaca que adolescentes que dormem menos de sete horas por noite exibem prejuízo nas funções executivas, maior impulsividade e lentificação dos tempos de reação. A carência de sono reduz os níveis de dopamina e acetilcolina, neurotransmissores críticos para foco, atenção seletiva e flexibilidade cognitiva.

1.4.3 Evidências Experimentais da Relação Sono-Cognição

Em estudo experimental conduzido por Silva et al. (2021), adolescentes submetidos à privação parcial de sono apresentaram déficits significativos nos tempos de reação de escolha e discriminação, sugerindo um comprometimento na capacidade de filtrar estímulos relevantes em ambientes complexos. Esse prejuízo cognitivo se torna especialmente problemático em contextos esportivos, nos quais decisões rápidas precisam ser tomadas sob pressão temporal e emocional.

1.4.4 A Conexão Sono-FCR

A privação crônica de sono também desregula o sistema nervoso autônomo, resultando em elevação da FCR e redução da HRV (FULLAGAR et al., 2015). Dessa forma, o sono insuficiente não afeta apenas o sistema cognitivo diretamente, mas também indiretamente via disfunção autonômica, agravando a redução da prontidão neurofisiológica.

1.5 Interação dos Fatores Biológicos no Desempenho Cognitivo

A literatura recente aponta que a combinação entre uma FCR baixa e um sono adequado cria o que Fullagar et al. (2015) denominam de “janela biológica de performance”: uma zona de funcionamento otimizado em que corpo e mente operam em máxima eficiência cognitiva e motora. Quando o sono adequado atua em sinergia com o equilíbrio autonômico refletido na FCR, há uma potencialização dos processos neurofisiológicos responsáveis por atenção sustentada, velocidade de processamento e execução motora precisa habilidades decisivas no desempenho esportivo coletivo.

1.6 Metodologia

Este estudo emprega uma abordagem quantitativa, de caráter correlacional e aplicação prática no contexto escolar, buscando analisar a interação entre variáveis fisiológicas acessíveis: Frequência cardíaca de repouso (FCR) e tempo de sono e o desempenho cognitivo de adolescentes em tarefas esportivas que exigem respostas rápidas.

1.6.1 Participantes

A amostra é composta por estudantes do Colégio São Luís, regularmente matriculados na 2ª série do Ensino Médio e participantes de práticas esportivas coletivas. Os critérios de inclusão abarcam: Idade entre 15 e 17 anos; Participação ativa em esportes coletivos (como futsal, voleibol, basquetebol ou handebol); Ausência de condições médicas que afetem diretamente a frequência cardíaca basal ou o sono; A seleção da amostra será realizada por conveniência, respeitando as condições éticas da pesquisa com adolescentes.

1.6.2 Procedimentos de Coleta de Dados

A coleta dos dados ocorrerá em quatro etapas principais, combinando medições fisiológicas, questionários e avaliações cognitivas:

1.6.2.1 Mensuração da Frequência Cardíaca de Repouso (FCR)

A frequência cardíaca de repouso será mensurada diariamente durante cinco dias consecutivos. As medições ocorrerão sempre no início do dia, com os participantes em repouso absoluto, ambiente silencioso e condições padronizadas, minimizando interferências externas. Serão utilizados: Smartwatches com medidores de frequência cardíaca. A média das cinco medições individuais será utilizada como indicador basal de FCR para cada estudante.

1.6.2.2 Avaliação do Tempo Médio de Sono

Será aplicado um questionário estruturado com perguntas objetivas sobre:

- Horário de dormir e acordar em dias úteis e fins de semana;
- Média de horas de sono por noite;
- Qualidade percebida do sono.

A média ponderada das horas de sono semanais será calculada, fazendo a soma de horas de sono dos 5 dias contados e depois dividindo por 5, de modo que a média fique: horas de sono (dia 1) + horas de sono (dia 2) + horas de sono (dia 3) + horas de sono (dia 4) + horas de sono (dia 5) e dividir o resultado por 5. Categorizando os participantes segundo níveis de sono adequado: (≥ 7 horas) e insuficiente (< 7 horas), em conformidade com os critérios de Silva et al. (2021).

1.6.2.3 Aplicação dos Testes Cognitivos de Tempo de Reação

Os testes cognitivos serão realizados por meio do software “Inquisit 6”, Usado em testes de psicologia, neurociência, ciências cognitivas e ciências sociais. Em ambiente controlado, com iluminação, ruído e temperatura constantes. Os seguintes testes serão aplicados:

Teste de Reação Simples (TRS): com 20 tentativas de resposta a estímulo visual único, mensurando o tempo médio de latência.

Teste de Reação de Escolha (TRE): com 20 tentativas de estímulos múltiplos, exigindo seleção rápida de respostas corretas.

Teste de Reação de Discriminação (TRD): com 20 tentativas, diferenciando estímulos-alvo de estímulos irrelevantes, avaliando o controle inibitório.

Antes de cada aplicação, os participantes passarão por instruções padronizadas e uma fase de familiarização.

1.6.3 Análise dos Dados

1.6.3.1 Formato dos dados

Os dados passados pelo software sairão no seguinte formato:

Indicador	Resultado
Tempo médio de reação	242,24 ms
Mediana do tempo de reação	245 ms
Desvio padrão (variabilidade)	19,43 ms
Tempo mínimo (melhor resposta)	215 ms
Tempo máximo (pior resposta válida)	293 ms
Número de respostas antecipadas (erros de antecipação)	3
Total de tentativas válidas analisadas	17

Figura 3 – Resultados experimentais do teste de reação simples (TRS), no software "Inquisit 6".

Os dados serão organizados em uma planilha no Excel. Onde a partir dos dados obtidos, serão feitas:

- Tabelas de cada participante, onde as variáveis serão: TRS, TRE, TRD e FCR TMS
- Teste de correlação de Pearson a partir da tabulação dos dados experimentais obtidos

1.6.3.2 Descrição do procedimento de correlação de Pearson

A partir da tabulação dos dados citados anteriormente, os mesmos serão analisados pelo teste de correlação de Pearson, no qual, será analisado se existe uma relação linear entre duas variáveis analisadas, e qual a intensidade dessa relação. Como na análise em específico há 3 variáveis (TRS, TRE e TRD) para serem cruzadas com outras duas (FCR e TMS). O procedimento será feito da seguinte maneira: TRS x FCR, TRE x FCR, TRD x FCR, TRS x TMS, TRE x TMS e TRD x TMS. Desse modo cada variável será analisada de forma singular, assim garantindo maior precisão na conclusão final.

Fórmula para o teste de correlação de Pearson:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Onde:

x_i → cada valor individual da variável X (nesse caso, um valor de TRS).

y_i → cada valor individual da variável Y (nesse caso, um valor de FCR).

$\bar{x}$ → média de todos os valores de TRS.

$\bar{y}$ → média de todos os valores de FCR.

n → número de pares de observações (quantos indivíduos/medições você tem).

$\sum$ → somatório (soma de todos os termos indicados).

r → resultado final, o coeficiente de correlação de Pearson (varia de -1 a +1).

Exemplo prático do teste de correlação de Pearson entre TRS e FCR:

- 1 Hall de dados:

Sujeito	TRS (xi)	FCR (yi)
1	0,45	72
2	0,50	75
3	0,60	78

- 2 Cálculo dos valores de $\bar{x}$ e $\bar{y}$

$$\bar{x} = \frac{0,45 + 0,50 + 0,60}{3} = 0,52$$
$$\bar{y} = \frac{72 + 75 + 78}{3} = 75$$

- 3 Aplicar na fórmula:

$$r = \frac{0,45}{\sqrt{0,0117} \cdot \sqrt{18}}$$

$$r = \frac{0,45}{0,458} \approx 0,98$$

Resultado: fortíssima correlação positiva: Quanto maior o **TRS (reação mais lenta)**, maior tende a ser a FCR. Ou seja, de acordo com essa exemplificação fictícia do teste de correlação de Pearson, quanto maior a FCR, maior tende a ser o TRS.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Resultados da Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada com sete estudantes do Colégio São Luís, todos praticantes de esportes coletivos. Foram mensuradas as variáveis de tempo de reação simples (TRS), tempo de reação de escolha (TRE), tempo de reação de discriminação (TRD), bem como as variáveis biológicas frequência cardíaca de repouso (FCR) e tempo médio de sono (TMS).

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos:

Tabela 1 – Dados coletados dos participantes

Participante	TRS (ms)	TRE (ms)	TRD (ms)	FCR (bpm)	TMS (h)
1	237,3	339,7	821,9	55,2	8,4
2	346,4	502,5	957,4	74,4	6,4
3	280,4	391,3	868,8	94,2	8,1
4	278,6	378,4	861,4	52,8	7,3
5	258,5	378,4	861,4	76,8	8,1
6	274,9	398,6	869,7	71,7	8,6
7	279,9	421,0	883,4	79,2	7,9

2.2 Resultados da Correlação de Pearson

Com base na metodologia estabelecida, foram aplicados os testes de correlação de Pearson para investigar as relações entre os tempos de reação cognitiva (TRS, TRE e TRD) e as variáveis biológicas (FCR e TMS).

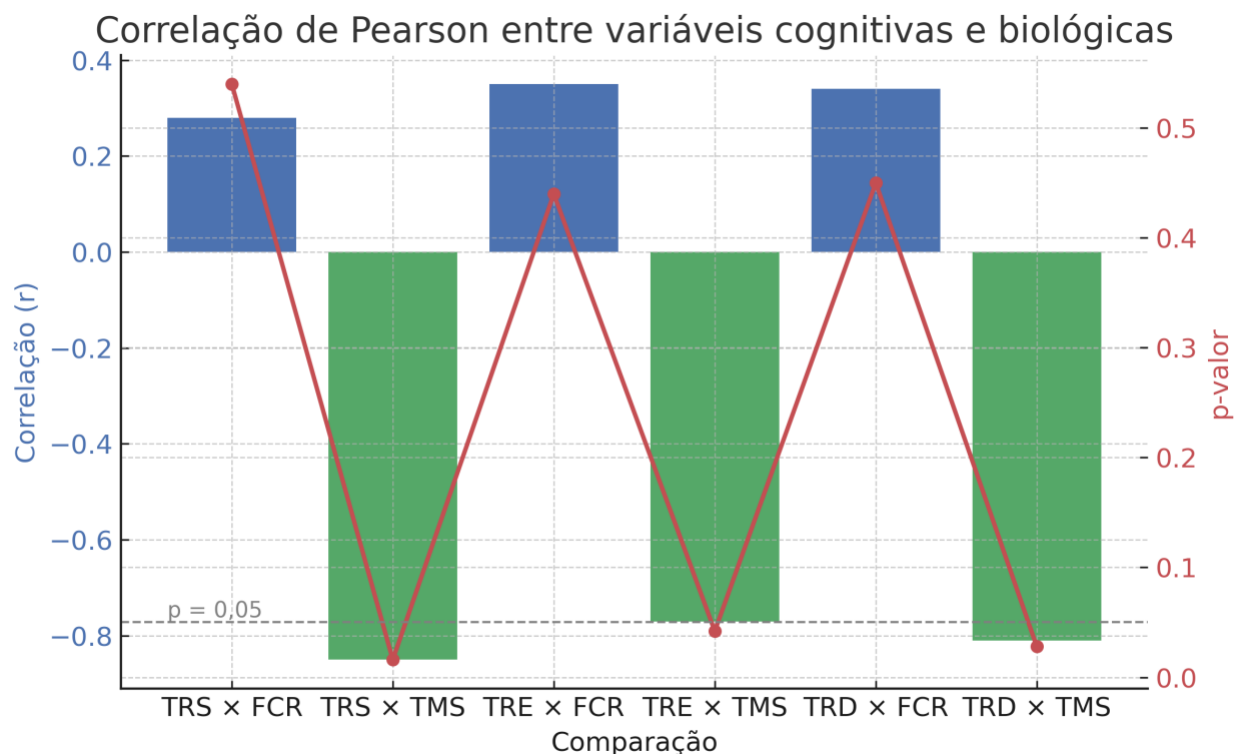
Para melhor compreensão e análise de dados, os dados foram inseridos em uma tabela e diferentes modalidades de gráfico.

Tabela 2 – Resultados da correlação de Pearson

Comparação	Correlação (r)	p-valor
TRS x FCR	0,28	0,54
TRS x TMS	-0,85	0,016 
TRE x FCR	0,35	0,44

TRE x TMS	-0,77	0,042	✓
TRD x FCR	0,34	0,45	
TRD x TMS	-0,81	0,028	✓

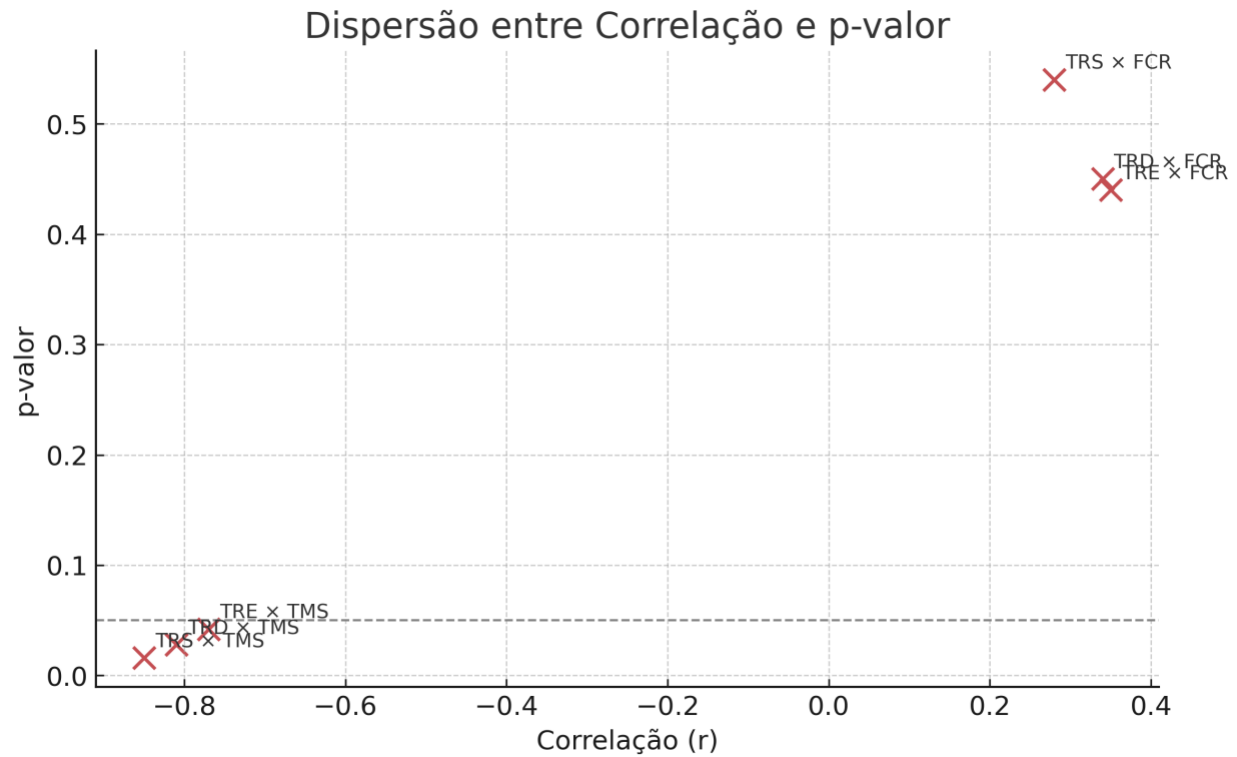
Tabela 3 – Resultados da correlação de Pearson em Gráfico Combinado



- Azul: Sem significância ($p \geq 0,05$)
- Verde: Significativa ($p < 0,05$)
- Linha Vermelha: Representa os valores de p-valor, com o limite de $p = 0,05$ indicado pela linha tracejada cinza.

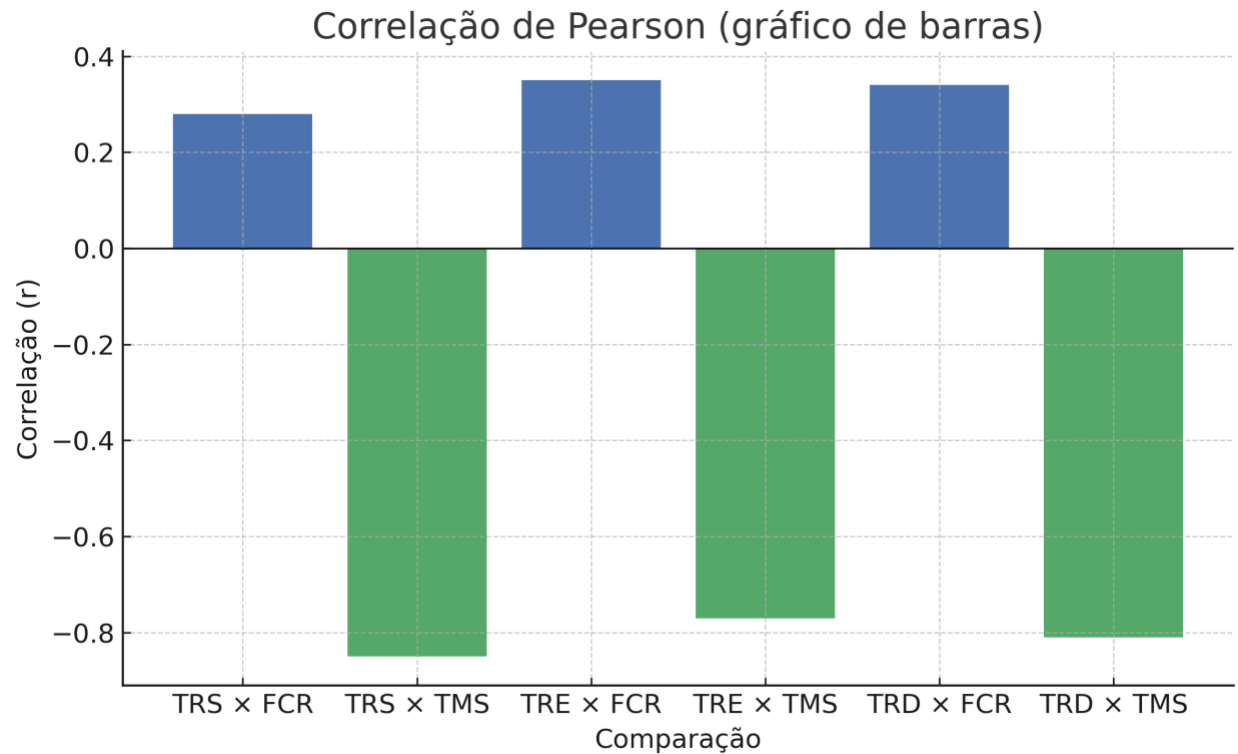
O gráfico apresenta os coeficientes de correlação de Pearson (r) em barras e os valores de significância (p) em linha, para as combinações entre tempos de reação (TRS, TRE e TRD) e variáveis biológicas (FCR e TMS). As barras verdes indicam correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$), enquanto as azuis representam correlações não significativas ($p \geq 0,05$). A linha tracejada em $p = 0,05$ demarca o limite de significância estatística.

Tabela 4 – Resultados da correlação de Pearson em Gráfico de Dispersão



O gráfico de dispersão apresenta a distribuição dos valores de r em função dos respectivos p -valores para cada comparação entre variáveis. Os pontos localizados abaixo da linha tracejada em $p = 0,05$ representam correlações estatisticamente significativas. Observa-se que as correlações mais fortes e negativas tendem a apresentar p -valores menores, reforçando a significância dessas relações.

Tabela 5 – Resultados da correlação de Pearson em Gráfico de Barras



O gráfico mostra os valores do coeficiente de correlação (r) entre as variáveis analisadas. As barras em verde indicam correlações significativas ($p < 0,05$), e as barras em azul representam correlações não significativas. Nota-se que as correlações significativas (TRS × TMS, TRE × TMS e TRD × TMS) são negativas e de alta magnitude, indicando associação inversa entre o tempo de reação e o TMS.

2.3 Interpretação Estatística e Discussão dos Resultados

- Valores de $p < 0,05$ indicam significância estatística.
- Observa-se que as correlações TRS x TMS, TRE x TMS e TRD x TMS apresentaram significância estatística, todas negativas, evidenciando que mais horas de sono estão associadas a melhores tempos de reação.
- As correlações envolvendo a FCR não foram estatisticamente significativas, embora tenham mostrado tendência positiva: maior FCR → tempos de reação mais lentos.

Os resultados revelam que o tempo médio de sono (TMS) exerce influência significativa sobre os tempos de reação cognitiva. O padrão encontrado está em consonância com a literatura (WALKER, 2017; SILVA et al., 2021), que aponta que adolescentes com maior duração de sono apresentam desempenho cognitivo superior em tarefas que demandam atenção, rapidez e discriminação de estímulos.

- A forte correlação negativa entre TRS x TMS ($r = -0,85$; $p = 0,016$) sugere que o sono adequado contribui para respostas motoras mais rápidas a estímulos simples, otimizando o tempo de reação básico.
- Já em tarefas mais complexas, como o tempo de reação de escolha (TRE) e o tempo de reação de discriminação (TRD), também foi encontrada relação negativa significativa ($r = -0,77$ e $r = -0,81$, respectivamente), indicando que o sono influencia não apenas a prontidão motora, mas também o processamento cognitivo de maior complexidade.

Em contrapartida, os resultados referentes à frequência cardíaca de repouso (FCR) não apresentaram significância estatística. Apesar de algumas correlações positivas moderadas (ex.: TRE x FCR, $r = 0,35$), a ausência de significância sugere que, dentro desta amostra reduzida, a FCR não foi um preditor confiável dos tempos de reação. É possível que o efeito da FCR seja mais sutil ou demande uma amostra maior para ser detectado, como sugerem estudos prévios (NAKAMURA et al., 2015).

2.4 Limitações do Estudo

Tamanho da amostra: apenas 7 participantes, o que reduz o poder estatístico das análises.

Fatores externos não controlados: nível de estresse, alimentação, uso de tecnologia e histórico de treinos podem ter influenciado tanto a FCR quanto os tempos de reação.

Mensuração do sono: foi baseada em autorrelato, o que pode gerar pequenas imprecisões, em comparação com métodos polissonográficos.

2.5 Considerações Parciais

De modo geral, os resultados indicam que:

- O tempo médio de sono (TMS) é uma variável determinante no desempenho cognitivo, apresentando forte associação com tempos de reação mais rápidos, inclusive nos testes mais complexos.
- A frequência cardíaca de repouso (FCR) apresentou apenas tendências, mas não se mostrou estatisticamente significativa nesta amostra.
- Esses achados reforçam a importância da higiene do sono como estratégia de otimização cognitiva em jovens atletas, enquanto sugerem que mais estudos são necessários para esclarecer o papel da FCR no desempenho cognitivo.

Assim, pode-se concluir que o sono adequado é o principal fator biológico que impactou positivamente as respostas cognitivas nesta amostra, confirmando parcialmente as hipóteses levantadas na introdução.

3

CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo central compreender de que maneira dois fatores biológicos: a frequência cardíaca de repouso (FCR) e o tempo médio de sono

(TMS), influenciam as respostas cognitivas em adolescentes praticantes de esportes coletivos. A partir dessa proposta, buscou-se responder à pergunta norteadora: como variáveis fisiológicas simples e mensuráveis se relacionam com o desempenho cognitivo-motor em ambientes esportivos escolares? Além disso, formulou-se a hipótese de que indivíduos com maior tempo médio de sono e menor FCR apresentariam tempos de reação mais rápidos e eficientes, refletindo maior prontidão neurofisiológica e capacidade cognitiva.

Os resultados obtidos confirmaram parcialmente essa hipótese. A variável tempo médio de sono (TMS) apresentou correlação negativa e significativa com todas as medidas de tempo de reação analisadas (TRS, TRE e TRD), demonstrando que quanto maior o tempo de sono, menor é o tempo de resposta aos estímulos, isto é, melhor desempenho cognitivo. Essa relação, estatisticamente robusta (com $p < 0,05$ nas três análises significativas), evidencia que o sono exerce papel determinante sobre a eficiência neurocognitiva, tanto em tarefas simples de prontidão quanto em processos mais complexos de discriminação e escolha.

Do ponto de vista fisiológico, esses achados corroboram a literatura de Walker (2017) e Silva et al. (2021), segundo a qual o sono adequado promove restauração sináptica, consolidação da memória e regulação de neurotransmissores essenciais à atenção e ao controle executivo. A melhoria observada nos tempos de reação reforça a ideia de que o descanso noturno não é apenas um componente passivo da rotina dos atletas, mas um fator ativo de desempenho cognitivo e motor. Em adolescentes, cuja estrutura neurobiológica ainda se encontra em desenvolvimento, a influência do sono é ainda mais expressiva, modulando diretamente a capacidade de concentração, a precisão das respostas e a velocidade de processamento das informações em ambientes esportivos dinâmicos.

Em contrapartida, a variável frequência cardíaca de repouso (FCR) não apresentou correlações estatisticamente significativas com os tempos de reação, ainda que as tendências observadas indiquem uma relação positiva moderada: maiores valores de FCR associaram-se a tempos de resposta mais lentos. Esse resultado sugere

que a FCR, embora relevante como indicador de condicionamento cardiovascular e equilíbrio autonômico, pode exercer influência mais sutil sobre a cognição, possivelmente mediada por outros fatores, como a variabilidade da frequência cardíaca (HRV), nível de treinamento físico e estado emocional no momento das medições.

A ausência de significância estatística nas correlações envolvendo a FCR também pode ser atribuída ao tamanho reduzido da amostra ($n = 7$), o que limita o poder de generalização e sensibilidade dos testes estatísticos. Ainda assim, a tendência observada está em consonância com estudos de Nakamura et al. (2015) e Pan, Wang e Zhu (2024), que apontam que valores mais baixos de FCR, associados a maior HRV, favorecem a estabilidade autonômica e, conseqüentemente, uma melhor regulação cognitiva frente a estímulos rápidos e complexos. Assim, embora não comprovada nesta amostra, a hipótese de que a FCR influencia as respostas cognitivas não deve ser descartada, mas sim investigada em contextos experimentais mais amplos e controlados.

Além da análise estatística, este trabalho apresenta implicações práticas relevantes. Os resultados indicam que o sono adequado deve ser reconhecido como um fator central para o desempenho esportivo e cognitivo em jovens atletas, devendo ser incorporado ao planejamento pedagógico e de treinamento. Em um contexto educacional, essa constatação reforça a importância de políticas escolares que valorizem a saúde do sono, a redução de sobrecargas acadêmicas e a conscientização sobre o impacto da privação de descanso nas funções cognitivas e emocionais. Para treinadores e educadores físicos, a mensuração e o acompanhamento do sono podem representar uma ferramenta simples e de baixo custo para otimizar o desempenho e prevenir a fadiga cognitiva.

Do ponto de vista teórico, os achados deste estudo contribuem para o campo da neurociência do esporte ao demonstrar que variáveis biológicas básicas, como horas de sono e frequência cardíaca, podem ser utilizadas como indicadores complementares de prontidão cognitiva. Isso amplia a compreensão interdisciplinar entre fisiologia, psicologia e educação física, destacando o papel da biologia como mediadora do comportamento cognitivo-motor em adolescentes.

Contudo, algumas limitações devem ser reconhecidas. O número reduzido de participantes restringe a generalização dos resultados; a mensuração do sono por autorrelato, embora prática, pode introduzir viés de percepção; e a ausência de controle de fatores externos, como alimentação, nível de estresse e tempo de uso de telas, pode ter interferido na precisão das variáveis fisiológicas. Além disso, a análise concentrou-se apenas em correlações lineares, não explorando possíveis interações não lineares ou efeitos mediadores entre as variáveis.

Em síntese, conclui-se que o tempo médio de sono exerce influência significativa e positiva sobre as respostas cognitivas, confirmando a hipótese principal deste estudo e evidenciando o sono como variável determinante para a prontidão neurofisiológica. Já a frequência cardíaca de repouso apresentou efeito não significativo, mas sugeriu tendências que merecem investigação aprofundada. Assim, este trabalho confirma parcialmente suas hipóteses iniciais e reforça a noção de que o desempenho esportivo e cognitivo não depende apenas do treino técnico, mas também da qualidade dos processos biológicos que sustentam o funcionamento cerebral e autonômico

REFERÊNCIAS

BUCHHEIT, M.; GINDRE, C. **Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load.** *European Journal of Applied Physiology*, v. 95, p. 390–397, 2006. DOI: 10.1007/s00421-005-0038-2.

FULLAGAR, H. H. K. et al. **Sleep and athletic performance: The effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise.** *Sports Medicine*, v. 45, n. 2, p. 161–186, 2015. DOI: 10.1007/s40279-014-0260-0.

MATIAS, C. J. A. S.; GRECO, P. J. **Cognição e ação nos jogos esportivos coletivos.** *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 24, n. 1, p. 69–82, 2010. DOI: 10.1590/S1807-55092010000100007.

NAKAMURA, F. Y. et al. **Heart rate variability and training load in soccer players: Monitoring the autonomic adaptations.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 29, n. 4, p. 1129–1136, 2015. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000755.

PAN, Y.; WANG, Y.; ZHU, Y. **The impact of heart rate variability on cognitive performance across the day.** *Sensors*, v. 24, n. 13, art. 4060, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/13/4060>. Acesso em: 28 maio 2025.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor control and learning: a behavioral emphasis.** 5. ed. Champaign: Human Kinetics, 2011.

SILVA, A. et al. **Sleep and cognitive performance in adolescents: The role of sleep duration and quality.** *Journal of Adolescent Health*, v. 69, p. 625–632, 2021. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2021.06.009.

UPHILL ATHLETE. **What is heart rate variability and how to use HRV.** 2023. Disponível em: <https://uphillathlete.com/recovery/what-is-heart-rate-variability-and-how-to-use-hrv/>. Acesso em: 23 maio 2025.

WALKER, M. **Why we sleep: Unlocking the power of sleep and dreams.** New York: Scribner, 2017.