

A importância da ingestão dos carboidratos por atletas de alta performance em exercícios de endurance

The importance of carbohydrate intake for high-performance athletes in endurance exercises

La importancia de la ingesta de carbohidratos para atletas de alto rendimiento en ejercicios de resistencia

Recebido: 28/03/2025 | Revisado: 03/04/2025 | Aceitado: 03/04/2025 | Publicado: 06/04/2025

Felipe Ferreira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7587-939X>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: felipe.flima@sempreceub.com

Helio Almeida Di Primio Beck

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7305-0167>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: heliobeck@sempreceub.com

Dayanne da Costa Maynard

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9295-3006>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: dayanne.maynard@ceub.edu.br

Resumo

A alimentação adequada é essencial para atletas de endurance, influenciando diretamente o desempenho, a recuperação e os estoques de glicogênio muscular e hepático. O objetivo deste trabalho foi demonstrar a importância da ingestão adequada de carboidratos por atletas de alta performance em treinos e competições de endurance, abordando estratégias nutricionais eficazes, adaptações fisiológicas e recomendações específicas para otimização da performance e recuperação atlética. Baseado em artigos publicados entre 2014 e 2024, nas bases SCIELO, PubMed, BIREME e EBSCO, a revisão destacou estratégias como o consumo combinado de diferentes tipos de CHO para maximizar a absorção e adaptação à intensidade do exercício. Os resultados mostraram que a ingestão diária de 7-10 g/kg de CHO é necessária para repor os estoques de glicogênio em 24 horas, enquanto o consumo de 60-90 g/h durante o exercício melhora a oxidação energética e reduz a fadiga. O treinamento gastrointestinal também se mostrou relevante, aumentando a tolerância e absorção de CHO, minimizando desconfortos e otimizando o desempenho. A falta de um planejamento nutricional adequado foi associada a déficits energéticos e recuperação muscular insuficiente. Concluiu-se que a nutrição personalizada, com acompanhamento especializado, é fundamental para maximizar resultados, prevenir lesões e acelerar a recuperação. Além disso, reforça-se a necessidade de mais pesquisas para aprimorar estratégias nutricionais voltadas ao alto rendimento. Em resumo, a ingestão adequada de CHO, aliada a estratégias como o treino gastrointestinal, é determinante para o sucesso em modalidades de endurance, destacando a importância de intervenções nutricionais individualizadas para atletas de alta performance.

Palavras-chave: Carboidratos; Ingestão de carboidrato; Resistência; Atleta; Desempenho atlético.

Abstract

Adequate nutrition is essential for endurance athletes, directly influencing performance, recovery, and muscle and liver glycogen stores. This study aimed to demonstrate the importance of proper carbohydrate (CHO) intake for high-performance athletes during endurance training and competitions, addressing effective nutritional strategies, physiological adaptations, and specific recommendations to optimize performance and recovery. Based on articles published between 2014 and 2024 in SCIELO, PubMed, BIREME, and EBSCO, the review highlighted strategies such as combining different types of CHO to maximize absorption and exercise intensity adaptation. Results showed that a daily intake of 7-10 g/kg of CHO is required to replenish glycogen stores within 24 hours, while consuming 60-90 g/h during exercise improves energy oxidation and reduces fatigue. Gastrointestinal training also proved relevant, enhancing CHO tolerance and absorption while minimizing discomfort and optimizing performance. Inadequate nutritional planning was associated with energy deficits and insufficient muscle recovery. The study concluded that personalized nutrition, with specialized guidance, is crucial for maximizing results, preventing injuries, and accelerating recovery. Additionally, further research is needed to refine high-performance nutritional strategies. In summary, adequate CHO intake, combined with strategies like gastrointestinal training, is key to success in endurance sports, emphasizing the importance of individualized nutritional interventions for elite athletes.

Keywords: Carbohydrates; Carbohydrate intake; Endurance; Athlete; Athletic performance.

Resumen

La alimentación adecuada es esencial para atletas de resistencia, influyendo directamente en el rendimiento, la recuperación y los depósitos de glucógeno muscular y hepático. Este estudio demostró la importancia de una ingesta óptima de carbohidratos (CHO) en atletas de alto rendimiento durante entrenamientos y competencias, analizando estrategias nutricionales, adaptaciones fisiológicas y recomendaciones para optimizar desempeño y recuperación. La revisión, basada en artículos (2014-2024, SCIELO/PubMed/BIREME/EBSCO), destacó el consumo combinado de diferentes tipos de CHO para mejorar absorción y adaptación al ejercicio. Los resultados indicaron que 7-10 g/kg diarios de CHO reponen glucógeno en 24 h, mientras que 60-90 g/h durante el ejercicio mejoran oxidación energética y reducen fatiga. El entrenamiento gastrointestinal aumentó tolerancia y absorción de CHO, minimizando molestias. La falta de planificación nutricional se asoció con déficits energéticos y recuperación insuficiente. Se concluyó que la nutrición personalizada con seguimiento especializado es clave para maximizar resultados, prevenir lesiones y acelerar la recuperación, resaltando la necesidad de más investigación en estrategias nutricionales para alto rendimiento. En síntesis, la ingesta adecuada de CHO junto con estrategias como el entrenamiento gastrointestinal es determinante para el éxito en deportes de resistencia, subrayando la importancia de intervenciones nutricionales individualizadas en atletas de élite.

Palabras clave: Carbohidratos; Ingesta de carbohidratos; Resistencia; Atleta; Rendimiento atlético.

1. Introdução

A alimentação tem papel fundamental para os atletas de alta performance, exercendo influência no desempenho, na resposta neuromuscular e na recuperação pós estresse metabólico. A ingestão dos macronutrientes com enfoque nos carboidratos busca uma melhora no estoque do glicogênio muscular, recuperação pós exercício e manutenção do glicogênio hepático. O carboidrato (CHO) é um componente essencial na dieta, especialmente para um atleta de resistência. A ingestão correta de carboidratos pode influenciar de maneira significativa a performance do atleta, uma vez que o referido macronutriente fornece energia para as atividades metabólicas do corpo humano, contribuindo na restauração do estoque de glicogênio muscular e hepático (Harrison et al., 2018).

Uma das principais funções dos CHO é o armazenamento energético, por constituírem a principal fonte de energia para o corpo humano (1 g de CHO fornece 4 Kcal) (Rossi & Poltronieri, 2019).

Além da quantidade, o tipo de carboidrato ingerido é relevante. Jeukendrup (2014) afirma que a ingestão de diferentes tipos de carboidratos durante exercícios de endurance é benéfica, pois evita a competição pelo mesmo sítio de absorção no trato gastrointestinal (TGI). Estratégias como o bochecho de CHO durante provas e treinos também apresentam resultados positivos, promovendo a ativação de receptores na cavidade oral e melhorando a performance atlética.

Obter o aporte necessário dos carboidratos em treinos e provas de endurance, estabelece o desenvolvimento para melhora da performance e determinação de pontos chave para realização e concretização dos objetivos traçados pelos treinadores e atletas de alta performance. Obter corretas fontes e quantidades de carboidratos, podem ser decisivos para obtenção de melhores resultados e determinante para a performance do atleta de endurance. Quantidades adequadas para recuperação do glicogênio muscular são importantes fatores para recuperar o atleta para uma nova sessão de treinos e/ou competição (Namma-Motonaga, 2022). Como também, a combinação de diferentes tipos de carboidratos (glicose, frutose) são de total importância para recuperação e estoque hepático e muscular ao mesmo tempo (Podlogar, 2022), fazendo com que a recuperação e estoque deste atleta sejam ainda mais rápido e eficaz devido estes tipos de CHO no organismo não competirem pelo mesmo sítio de absorção. Podendo assim serem consumidos e absorvidos de maneira simultânea no sistema.

O estoque de glicogênio muscular e hepático é limitado, com isso o consumo adequado de carboidratos durante o exercício de endurance aumenta em grandes proporções a performance e o prolongamento da atividade física em alta intensidade (König, 2020). O consumo de carboidratos é ofertado de acordo com o peso corporal de cada atleta e é fundamental um acompanhamento nutricional para melhores resultados.

Consumo entre 30g-90g de carboidratos por hora em exercícios de endurance, dependendo da intensidade são comprovadamente benéficos para ajudar na performance (Lukasiewicz, 2024). Ainda assim, essa quantidade pode ser

insuficiente para determinados atletas. Além disso, o consumo excessivo de carboidratos pode gerar alguns desconfortos intestinais durante o exercício físico, sendo necessário uma programação e um período de adaptação para que o processo seja efetivo. O processo de adaptação para altas doses de CHO é necessário, principalmente para que o corpo entenda como ele irá absorver tamanha demanda, com isso enzimas e transportadores do TGI são aumentadas e adaptadas para uma melhor absorção do macronutriente e assim uma melhora de energia e conforto do TGI (Jeukendrup, 2017).

O estudo mostrou que grande parte dos atletas não consomem a quantidade adequada de carboidratos, que, geralmente, varia entre 6 e 10 g de CHO por kg de peso corporal por dia, quando refere-se a programas de treinamento de resistência. Problemas de baixa ingestão ou excesso de carboidratos em atletas de alto rendimento em provas de endurance acarretam em baixa performance, muitas vezes devido à depleção do glicogênio muscular, tempo maior de recuperação e ou problemas gastrointestinais (Harrison et al., 2018).

Portanto, o suporte de uma equipe técnica e multidisciplinar é essencial para que atletas de alta performance atinjam melhores resultados em treinos e competições. Nesse contexto, informações precisas, conhecimentos atualizados e experiências práticas são fundamentais para o desenvolvimento do atleta em busca de um desempenho otimizado.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi demonstrar a importância da ingestão adequada de carboidratos por atletas de alta performance em treinos e competições de endurance, abordando estratégias nutricionais eficazes, adaptações fisiológicas e recomendações específicas para otimização da performance e recuperação atlética.

2. Metodologia

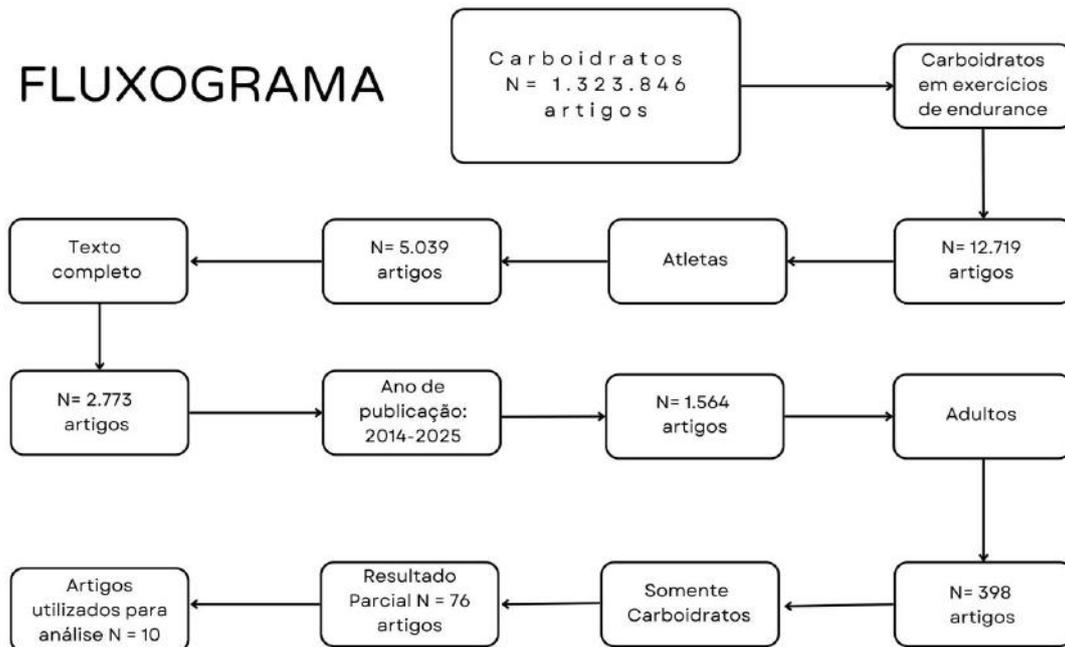
Foi realizado um estudo de revisão bibliográfica de natureza quantitativa em relação à quantidade de artigos e qualitativa em relação à discussão realizada sobre os 10 (Dez) artigos selecionados e, sobre o tema da importância da ingestão dos carboidratos por atletas de alta performance em exercícios de endurance. Esta revisão caracterizou-se como sendo revisão narrativa sem o uso de critérios rígidos de seleção. Foram pesquisados artigos científicos originais e de revisão de literatura que foram publicados entre os anos de 2014 a 2024, nos idiomas de inglês, português com o objetivo de diagnosticar e direcionar o assunto abordado. Foram realizadas buscas nos artigos de bases de dados em pesquisas como: SCIELO, PUBMED, BIREME e EBSCO. Os dados coletados foram analisados, a fim de verificar sua relevância para o estudo em questão, bem como os resultados apresentados devem exercer uma forte base bibliográfica. Foram estudados atletas que praticam esporte de alto rendimento em endurance com intuito de diagnosticar o consumo de carboidratos deles. Estes estudos compreenderam temas relacionados à ingestão correta de carboidratos, à melhoria da saúde e a performance de atletas de alto rendimento em atividades de endurance, bem como os efeitos benéficos que os carboidratos ingeridos de forma correta podem gerar, inclusive a melhora na recuperação pós treino e no estoque de glicogênio muscular e hepático. Os descritores em Ciência da Saúde (DeCS) utilizados foram Carboidratos (Carbohydrate), ingestão de carboidrato (Carbohydrate intake), resistência (Endurance), atleta (Athlete), desempenho atlético (Performance).

3. Resultados e Discussão

A Figura 1, a seguir apresenta o processo de seleção dos artigos chegando em 10 deles para serem analisados. Já o Quadro 1, em seguida à Figura 1, apresenta a relação dos 10 artigos utilizados neste estudo.

]

Figura 1 - Organograma: levantamento de dados para a presente revisão. Brasília-DF, 2025.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Quadro 1 - Resumo dos trabalhos analisados na presente revisão. Brasília-DF, 2025.

Autor, Ano	Objetivo	Público	Resultados Relevantes
Harrison et al., 2018.	Avaliar o consumo adequado de carboidratos por meio de um questionário.	Atletas e não atletas. O estudo utilizou uma base de dados de 1.571 indivíduos não atletas para desenvolver modelos preditivos, posteriormente validados em 175 atletas de endurance não-elite, incluindo competidores de Ironman, pentatlo de inverno e triatlo.	Ferramenta prática e eficiente para a triagem nutricional de atletas, facilitando a identificação de indivíduos que necessitam de suporte dietético para otimizar o consumo de CHO e, conseqüentemente, melhorar seu desempenho esportivo. Algumas limitações foram identificadas, como o fato de o modelo ter sido desenvolvido com dados de indivíduos não atletas, o que pode comprometer sua aplicabilidade a populações esportivas específicas.
Jeukendrup, 2017	Estudar o treinamento do trato gastrointestinal (TGI) para melhor absorver os CHO	Não especifica um público-alvo estudado diretamente. Trata-se de uma revisão de literatura na qual foram avaliados 52 estudos sobre a adaptação do trato gastrointestinal em atletas de endurance.	A adaptação à ingestão de quantidades elevadas de carboidratos durante o exercício também pode ser benéfica, pois estudos demonstram que a oxidação de carboidratos ingeridos se estabiliza em torno de 60 g/h quando apenas glicose é utilizada, mas pode ser aumentada para 90 g/h ao combinar diferentes tipos de carboidratos. Assim, a implementação de estratégias nutricionais personalizadas pode otimizar a absorção de carboidratos, reduzir a incidência de desconfortos gastrointestinais e melhorar a performance atlética.
Konig et al., 2020	Avaliar o papel dos carboidratos na nutrição esportiva, suas funções no desempenho atlético, no carregamento de glicogênio, na ingestão durante o exercício e na recuperação pós-exercício.	Atletas, especialmente focado em indivíduos envolvidos em exercícios de resistência (endurance) ou de alta intensidade de uma revisão bibliográfica no qual foram analisados 43 estudos.	A ingestão adequada de carboidratos melhora o desempenho atlético, aumenta a síntese de glicogênio muscular e hepático, e prolonga a resistência durante exercícios intensos e prolongados. Além disso, destaca-se a importância da ingestão de carboidratos imediatamente após o exercício para otimizar a recuperação e a reposição rápida dos estoques de glicogênio.

Namma-Motonaga et al., 2022	Investigar os efeitos de diferentes quantidades de ingestão de carboidratos na recuperação do glicogênio muscular ao longo de 24 horas após um exercício de depleção de glicogênio.	Oito atletas japoneses de endurance, todos do sexo masculino, recrutados de equipes universitárias, com idade média de 20 anos, peso médio de 56,2 kg e consumo habitual de carboidratos de 6,8 g/kg/dia.	Os resultados mostraram que a concentração de glicogênio muscular diminuiu para $29,9\% \pm 15,9\%$ dos níveis basais após o exercício, e que a recuperação nas primeiras 12 horas foi significativamente menor no grupo que consumiu 5 g/kg de carboidratos em comparação com os grupos que ingeriram 7 g/kg e 10 g/kg. Após 24 horas, a recuperação do glicogênio atingiu os níveis pré-exercício nos grupos de 7 g/kg e 10 g/kg, mas permaneceu significativamente reduzida no grupo de 5 g/kg, indicando que essa quantidade não foi suficiente para restaurar totalmente os estoques musculares.
Lukasiewicz et al., 2024	Avaliar as necessidades de ingestão de carboidratos exógenos em atletas de elite.	Corredores de elite masculinos e femininos em maratonas. Foram analisadas 111 referências bibliográficas.	As diretrizes atuais de ingestão de carboidratos (até 90g/h) não atendem completamente às necessidades das corredoras femininas, sendo mais adequadas para os homens. A ingestão aumentada de carboidratos tem um impacto ergogênico potencialmente mais significativo nas mulheres.
Podlogar, Tim. & Wallis, Gareth., 2022	Revisar e discutir as mais recentes descobertas sobre o papel dos carboidratos na nutrição esportiva para atletas de endurance.	190 referências foram analisadas em uma revisão bibliográfica para atletas de endurance, com enfoque em esportes como ciclismo e corrida de longa distância.	A ingestão adequada de carboidratos antes, durante e após o exercício é essencial para maximizar a performance e acelerar a recuperação. Evidências que sugerem que a estratégia de <i>train-low</i> , que reduz a ingestão de carboidratos para aumentar adaptações metabólicas ao treinamento, tem eficácia limitada para melhorar o desempenho. Outro ponto relevante é a necessidade de uma abordagem mais personalizada, baseada em fatores como o tipo de esporte, intensidade dos treinos e características individuais dos atletas.
Jeukendrup, 2014	Revisar os efeitos da ingestão de carboidratos durante o exercício, especialmente em esportes de endurance, e fornecer recomendações práticas para otimizar o desempenho	Atletas endurance (resistência) e de alta performance. Foram analisadas 61 referências bibliográficas para elaboração do estudo.	A ingestão de carboidratos melhora o desempenho, retardando a fadiga e favorecendo a oxidação de carboidratos, especialmente em atividades prolongadas. A personalização da ingestão de carboidratos, com base em fatores individuais, intensidade do exercício e estratégia nutricional, é fundamental para maximizar os resultados almejados.
Papadopoulou et al. 2018	Avaliar as práticas nutricionais e os efeitos da ingestão de nutrientes no desempenho e composição corporal de nadadores de ultra-endurance	Participaram do estudo vinte e quatro atletas de endurance, nadadores de águas abertas (n = 24), sendo doze jovens ($26,3 \pm 4,9$ anos) e doze atletas mais velhos ($45,8 \pm 9,7$ anos).	Os resultados mostraram que os atletas estudados não seguiram adequadamente as recomendações nutricionais, apresentando deficiências em macronutrientes e micronutrientes, o que impactou negativamente seu desempenho e saúde. A maioria dos atletas seguiu orientações de seus treinadores ou conhecimentos próprios, em vez de planos nutricionais elaborados por nutricionistas especializados.
Dhiman, C.; Kapri, B. C., 2023	Observar o impacto da ingestão de carboidratos na otimização do desempenho atlético e na recuperação pós-exercício.	Uma revisão sistemática da literatura com 58 referências que indicaram atletas de resistência, como corredores e ciclistas de longa distância	A ingestão de 30 a 60 g de carboidratos por hora pode aumentar a oxidação de gordura e reduzir a dependência da glicose em exercícios prolongados. O estudo destacou o papel dos carboidratos na preservação do glicogênio muscular, função imunológica e recuperação, recomendando dietas com 55% a 65% das calorias provenientes de carboidratos para otimizar a performance. Além disso, dietas ricas em carboidratos e sua ingestão durante o exercício são essenciais para manter o desempenho, prevenir fadiga precoce e melhorar a resistência em treinos intensos.

Newell et al., 2015.	Objetivar determinantes da dose ideal de ingestão de carboidratos (CHO) para otimizar o desempenho em exercícios de resistência.	20 ciclistas treinados, com média de idade de $34,0 \pm 10,2$ anos, que participaram de um ensaio clínico randomizado e cruzado. O público-alvo do estudo incluiu atletas de resistência.	As doses de 39 g/hora e 64 g/hora de CHO melhoraram igualmente o desempenho, reduzindo significativamente o tempo de prova ($34:19.5 \pm 03:07.1$ min e $34:11.3 \pm 03:08.5$ min, respectivamente), com uma melhora de 6,1% e 6,5% em relação ao controle. A dose de 20 g/hora não teve efeito significativo ($35:17.6 \pm 04:16.3$ min). Além disso, os ciclistas que consumiram 39 g/hora e 64 g/hora sustentaram uma potência média 17 e 19 Watts superior ao grupo controle.
----------------------	--	---	---

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

3.1 Carboidrato

Os carboidratos (CHO) são compostos formados a partir de CO_2 e H_2O durante a fotossíntese, por meio da exposição à radiação solar, e representam os compostos orgânicos mais abundantes na natureza, presentes em tecidos vegetais e animais. Considerados macronutrientes, os CHO devem representar ao menos 45% da ingestão energética diária quando não houver doenças ou distúrbios metabólicos no ser humano, tendo como principal função o armazenamento de energia (1g fornece 4 kcal). O amido armazena energia em vegetais e o glicogênio em animais. Além da função energética, os carboidratos são componentes estruturais das células atuando como agentes estruturais e sinalizadores celulares (Rossi & Poltronieri, 2019).

Para Rossi e Poltronieri (2019), os CHO estão envolvidos no controle glicêmico, saciedade, fermentação bacteriana e respostas imunológicas, com novas funções sendo descobertas com os avanços da biologia molecular. De mais a mais, as principais fontes de carboidratos para o ser humano são: mel, cereais (arroz, milho, aveia, centeio, cevada), leguminosas (feijão, lentilha, grão-de-bico, ervilha), tubérculos (batata, inhame, cará, mandioca), frutas (banana, caqui, manga, maçã, melancia), produtos de panificação (pães, bolos, biscoitos), além de doces e bebidas alcoólicas

No mesmo sentido, os citados macronutrientes estão entre os principais combustíveis usados para a atividade esportiva. A primeira fonte de glicose para o músculo em exercício é seu próprio estoque de glicogênio. Quando este se esgota, a glicogenólise e a gliconeogênese (ambas no fígado) mantêm o suprimento de glicose. A depleção de glicogênio pode resultar da ingestão inadequada de carboidratos após sessões de treinamento, especialmente sessões de treinamento múltiplas, mas pode também ser um processo gradual, ocorrendo ao longo de dias repetidos de treinamento pesado nos quais a quebra de glicogênio muscular excede sua reposição. A depleção de glicogênio também pode ocorrer durante exercícios de alta intensidade, que são repetidos várias vezes durante a competição ou o treinamento. Ademais, os CHO são especialmente importantes não apenas como contribuintes gerais para atender às necessidades calóricas diárias, mas também como recursos ergogênicos em uma abordagem mais específica para o tempo, também conhecida como periodização nutricional, elaborada para melhoria e maximização do desempenho para a competição, especialmente aquelas com mais de 90 minutos de duração (Krause et al., 2022).

Para Junior (2019), o carboidrato é essencial para a geração de energia, garantindo o abastecimento e a recuperação dos estoques de glicogênio muscular, antes, durante e após os exercícios físicos. Além disso, contribui para a preservação da massa magra e a imunocompetência (capacidade do sistema imunológico de responder adequadamente a infecções e outros agentes patogênicos), fatores cruciais para atletas e indivíduos fisicamente ativos. A ingestão de carboidratos deve garantir o fornecimento de substrato para os músculos e o sistema nervoso central. A programação da oferta de carboidratos deve considerar a intensidade, volume e frequência do exercício, o tempo de recuperação e o objetivo (treinamento ou competição). A quantidade ideal deve ser definida em gramas por quilo de massa corporal, e não como um percentual da ingestão calórica diária. A individualização do consumo e os ajustes com base no desempenho são essenciais.

Segundo Rossi e Poltronieri, (2019), atletas necessitam de uma ingestão maior de carboidratos para manter os estoques de glicogênio elevados e melhorar a performance, especialmente em atividades com duração superior a 1 hora e durante a recuperação. Dietas com baixo teor de carboidratos estão associadas a baixo desempenho e fadiga. A depleção de glicogênio pode ocorrer em atividades repetitivas e intensas, como exercícios anaeróbios e de endurance (aeróbicos), causando dificuldade em manter a intensidade e perda de peso corporal. Atletas com ingestão insuficiente de carboidratos ou recuperação inadequada comprometem seus resultados e saúde.

As recomendações nutricionais, constantes na Dietary Reference Intakes (DRI), indicam que as quantidades de CHO a serem ingeridas diariamente são de 45 a 65% do valor energético total da dieta. Os mencionados valores são estimados considerando indivíduos saudáveis e sem prática de atividade física mais intensa e regular. Aos indivíduos esportistas esses valores são substituídos por recomendações na ordem de gramas por quilograma de peso corporal, de acordo com a intensidade e a duração de atividade nas sessões semanais (Harrison, 2018). Neste sentido, Rossi e Poltronieri (2019) citam que o último consenso publicado com recomendações nutricionais para esportistas de 2016, preconizado pelo American College of Sports Medicine em conjunto com a Academy of Nutrition and Dietetics e a Dietitians of Canada, estabelece que as recomendações diárias de carboidratos são distribuídas em faixas de acordo com a intensidade e duração do exercício compreendidas entre o mínimo de 3 g/kg e o máximo de 12 g/kg de peso corporal de carboidratos por dia. Além disso, Harrison (2018) recomenda que os atletas consumam entre 6 e 10 g de carboidratos (CHO) por kg de peso corporal por dia, especialmente quando estão participando de um programa de resistência com treinos de intensidade moderada a alta.

Portanto, os carboidratos são macronutrientes essenciais que fornecem a principal fonte de energia para o corpo, além de desempenharem papéis estruturais nas células e regularem processos fisiológicos, como controle glicêmico e respostas imunológicas. No esporte, eles são fundamentais para atividades físicas de diferentes intensidades e durações (Rossi, Poltronieri, 2019).

3.2 Atletas de alta performance

A formação de atletas de alto rendimento é um processo complexo que envolve não apenas predisposição genética, mas também fatores como acesso a treinadores qualificados, infraestrutura esportiva adequada e suporte psicológico. Peres e Lovisolo (2006) exploram as trajetórias de atletas brasileiros, destacando a importância da família, da relação escola-clubes e do papel dos professores de educação física na especialização esportiva. Eles observam que, apesar de submetidos a um processo informal e descontinuado, os fatores incidentes no desenvolvimento do atleta de elite no Brasil são similares aos relatados na literatura especializada.

De acordo com Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993), alcançar níveis de desempenho especializado, como o alto rendimento esportivo, exige aproximadamente 10 anos de prática deliberada, o que corresponde a cerca de 10.000 horas de treinamento intensivo. Ainda assim, mesmo atletas altamente treinados podem encerrar suas carreiras precocemente por fatores como lesões recorrentes ou desgaste psicológico.

Segundo Pons et al. (2015), atletas olímpicos constituem uma elite dentro do alto rendimento esportivo, apresentando valores significativamente superiores de VO_2 máx, força e resistência muscular, além de adaptações fisiológicas avançadas que contribuem para a eficiência metabólica e a performance em competições internacionais. A preparação para os Jogos Olímpicos exige dedicação exclusiva, com treinamentos de 6 a 8 horas diárias, sendo que os atletas olímpicos ainda contam com equipes multidisciplinares altamente especializadas sempre visando performance.

Segundo Bompa e Buzzichelli (2019), essa equipe multidisciplinar é combinada com o treinamento físico, nutrição, psicologia esportiva e recuperação para garantir um desempenho ideal. O treinamento periodizado é fundamental para otimizar o desenvolvimento das capacidades fisiológicas e prevenir o overtraining. Os autores destacam ainda que "o treinamento

periodizado é essencial para otimizar as capacidades fisiológicas do atleta, garantindo uma evolução contínua e prevenindo o overtraining". Assim, a organização da carga de treino é indispensável para alcançar um desempenho de alto nível.

O aspecto psicológico é um diferencial significativo entre grupos de atletas. Segundo Costa et al. (2024), habilidades como resiliência mental, capacidade de concentração sob pressão e motivação intrínseca são essenciais para atletas de alta performance. Esses elementos são fundamentais para lidar com o estresse competitivo e a pressão por resultados.

A nutrição também desempenha um papel central na performance esportiva. Burke e Deakin (2020) afirmam que "a ingestão adequada de macronutrientes e micronutrientes influencia diretamente a performance, a recuperação e a imunidade do atleta". Além disso, a periodização nutricional tem sido amplamente estudada como estratégia para melhorar as adaptações fisiológicas ao treinamento (Burke, 2019). De acordo com Lima (2015), deficiência de nutrientes essenciais pode comprometer o desempenho esportivo, levando à fadiga precoce e aumentando o risco de lesões. Uma dieta equilibrada, rica em alimentos naturais e minimamente processados, é fundamental para o fortalecimento muscular e a recuperação pós-treino. A nutrição adequada também previne problemas metabólicos e hormonais, comuns em atletas submetidos a regimes de treinamento intensos. O consumo apropriado de carboidratos é essencial para a manutenção dos níveis de glicose sanguínea e para a reposição das reservas de glicogênio após o exercício.

A suplementação nutricional é amplamente utilizada por atletas de elite para melhorar o desempenho, acelerar a recuperação e manter a saúde geral. No entanto, seu uso deve ser baseado em evidências científicas para garantir eficácia e evitar riscos à saúde. Segundo Oliveira et al. (2020) ganho de força, aumento da massa muscular, aumento da capacidade aeróbia, redução da gordura corporal, redução da fadiga e rápida recuperação são objetivos comuns entre atletas que fazem uso de suplementação nutricional. Dessa forma, a correta prescrição e monitoramento desses suplementos são fundamentais para garantir seus benefícios.

A recuperação adequada é essencial para garantir a longevidade esportiva e prevenir lesões. De acordo com Dupont et al. (2020), estratégias de recuperação, como sono adequado, crioterapia e massoterapia, são essenciais para reduzir a fadiga e prevenir lesões. Além disso, Meeusen et al. (2018) ressalta a importância do monitoramento da carga de treino e da individualização dos estímulos para evitar o burnout.

De acordo com Silva, (2024), a periodização nutricional é uma estratégia que ajusta a ingestão de nutrientes conforme as diferentes fases do treinamento, visando otimizar o desempenho esportivo e a recuperação dos atletas. Essa abordagem considera as necessidades específicas de cada período de treino, modulando a quantidade e o tipo de nutrientes consumidos para atender às demandas metabólicas e aos objetivos individuais. Ao alinhar a dieta com os ciclos de treinamento, é possível melhorar a oferta de energia, promover adaptações musculares e reduzir o risco de lesões e fadiga. Essa prática destaca a importância do timing alimentar, ou seja, o momento ideal para o consumo de carboidratos e proteínas em relação ao exercício, para potencializar os benefícios do treinamento. Essa estratégia nutricional, quando bem aplicada, pode reduzir o tempo de recuperação e otimizar a adaptação ao treinamento.

Segundo Jesus et al. (2020), a nutrição adequada influencia não apenas o desempenho físico, mas também aspectos psicológicos de atletas de alta performance. Uma alimentação balanceada está associada à melhora da qualidade do sono, redução da ansiedade e aumento da concentração, fatores essenciais para esportistas que enfrentam altos níveis de estresse e pressão.

Assim, a nutrição de atletas de alta performance deve ser planejada de forma personalizada, considerando as características individuais, a modalidade esportiva praticada e o calendário de competições. A literatura científica demonstra que o sucesso no esporte de alto rendimento depende da integração de estratégias nutricionais eficazes, equipes multidisciplinares que não apenas potencializam o desempenho, mas também promovem a saúde e a longevidade na carreira esportiva.

3.3 Exercícios de endurance

De acordo com Silva et al. (2018), os exercícios de endurance, ou resistência, são atividades físicas realizadas por períodos prolongados e em intensidades moderadas a altas, visando aprimorar a capacidade do sistema cardiovascular e a eficiência metabólica. O termo "endurance" deriva do inglês, significando resistência ou a capacidade de sustentar esforço físico ao longo do tempo. De acordo com Jones et al. (2016), a relevância desses exercícios está em sua habilidade de desenvolver a aptidão cardiorrespiratória e muscular, promovendo melhorias substanciais na saúde e no desempenho atlético.

As atividades de endurance exigem esforço físico sustentado por longos períodos, levando o organismo a promover adaptações fisiológicas importantes. Segundo Taylor et al. (2019), o aumento do consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) é uma das principais adaptações e está diretamente relacionado à melhora do desempenho esportivo. Além disso, o treinamento de endurance promove aumento da densidade mitocondrial e da capilarização muscular, resultando em maior eficiência metabólica e resistência à fadiga.

Araújo, Lima e Rocha (2021) destacam que tais mudanças permitem uma recuperação mais rápida após o exercício e uma diminuição na produção de lactato para um determinado nível de esforço, refletindo uma melhoria na economia do exercício. De acordo com Warburton, Nicol e Bredin (2006), a prática regular de exercícios aeróbicos está fortemente associada à redução do risco de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, obesidade e outras condições crônicas comuns na sociedade moderna.

Segundo Paulo (2001), estudos científicos demonstram que os exercícios de endurance promovem uma série de benefícios fisiológicos que impactam diretamente a qualidade de vida. Um dos aspectos mais estudados é o aumento do VO_2 máximo, que representa a capacidade do corpo em transportar e utilizar oxigênio durante o exercício. Afirma, ainda, que este aumento está relacionado à melhoria da capacidade aeróbica e ao desempenho em atividades prolongadas. A prática regular de exercícios de endurance promove adaptações significativas no sistema cardiovascular, incluindo o aumento do volume sistólico e a redução da frequência cardíaca em repouso. Essas mudanças refletem uma maior eficiência cardíaca, permitindo que o coração bombeie mais sangue por batimento e opere de forma mais econômica durante o repouso. O autor ainda conclui que o treinamento físico crônico resulta em diversas alterações fisiológicas no sistema cardiovascular, determinadas pelos tipos de capacidades físicas solicitadas no treinamento.

A prática regular de exercícios físicos promove adaptações cardiovasculares que reduzem a sobrecarga do coração e melhoram a eficiência do bombeamento sanguíneo, favorecendo o transporte de nutrientes e oxigênio para os tecidos musculares. Essas adaptações incluem aumento das dimensões cavitárias, massa ventricular esquerda total e espessura relativa da parede, especialmente em atletas jovens do sexo masculino e negros, quando comparados a mulheres e brancos esportistas e ao grupo de sedentários. Tais mudanças contribuem para aprimorar a resistência muscular, permitindo a realização de atividades prolongadas sem fadiga precoce, aspecto essencial para atletas e indivíduos que buscam um estilo de vida ativo e saudável (Moscardini et al., 2021).

Além das adaptações fisiológicas, os exercícios de endurance possuem aplicações práticas em diversos contextos. No ambiente esportivo, são fundamentais para o aprimoramento do desempenho em modalidades de maior duração como corrida, ciclismo de estrada, maratonas aquáticas e/ou provas longas em piscina e triathlon. A capacidade de sustentar a intensidade do exercício por longos períodos é um fator determinante para o sucesso nessas modalidades (Jones et al., 2016).

Segundo Taylor et al. (2004), os exercícios aeróbicos, como os de endurance, são parte essencial dos programas de reabilitação cardíaca, promovendo melhora da capacidade funcional, qualidade de vida e redução da mortalidade em pacientes com doenças cardiovasculares. Esses benefícios também se estendem a pacientes com doenças pulmonares crônicas.

Caldas Júnior (2014) destaca que a prática regular de exercícios de endurance é eficaz no controle do peso corporal, pois aumenta o gasto energético e promove a queima de gordura, auxiliando na prevenção e no tratamento da obesidade. Tanto

exercícios aeróbios quanto anaeróbios de alta intensidade são importantes na redução do risco de doenças cardiovasculares e no aumento dos níveis plasmáticos de lipoproteína de alta densidade (HDL). Além disso, ambos os tipos de exercício promovem benefícios significativos à saúde e ao condicionamento físico, incluindo a redução de fatores de risco associados à obesidade.

A prática regular de exercícios físicos é eficaz no controle da pressão arterial, na melhoria do perfil lipídico e na regulação da glicemia, fatores que reduzem significativamente o risco de doenças crônicas. Coelho e Burini (2009) destacam que a atividade física está associada à prevenção e ao tratamento de doenças crônicas não transmissíveis, além de contribuir para a redução da incapacidade funcional.

Taylor (2019) destaca que os benefícios psicológicos dos exercícios de endurance também merecem destaque. A prática regular dessas atividades está associada à redução dos sintomas de ansiedade e depressão, além de promover melhorias no humor e no bem-estar geral. Isso ocorre devido à liberação de endorfinas durante o exercício, substâncias químicas que atuam como analgésicos naturais e promovem sensação de prazer. Ademais, os exercícios de endurance melhoram a qualidade do sono e aumentam a autoestima, fatores que contribuem para uma melhor saúde mental, essencial para desafios físicos.

Segundo Paulo (2001), a prática regular de exercícios de endurance é reconhecida por seus benefícios em diversas faixas etárias e níveis de aptidão física. Estudos indicam que a atividade física regular está associada a uma menor morbimortalidade por doenças crônico-degenerativas, destacando a importância de adaptar a prática às capacidades e necessidades individuais ao longo da vida.

De acordo com Silva (2018), a prática de atividades físicas leves e moderadas está relacionada a uma menor propensão à sarcopenia em idosos, indicando que essas ações podem ser intervenções eficazes na prevenção dessa condição.

Para os adultos, esses exercícios são fundamentais na promoção da saúde cardiovascular e na prevenção de doenças crônicas, já em crianças e adolescentes, contribuem para o desenvolvimento físico e psicossocial, além de estabelecerem hábitos saudáveis que perdurarão ao longo da vida (Taylor et al., 2019).

Portanto, os exercícios de endurance desempenham um papel fundamental na promoção da saúde, no desempenho esportivo e na reabilitação física. Suas características, que incluem a capacidade de sustentar atividades físicas prolongadas com intensidade moderada a alta, são responsáveis pelos diversos benefícios observados (Jones, et al., 2016). O treinamento de endurance promove adaptações fisiológicas benéficas que melhoram o desempenho atlético e contribuem para o bem-estar geral. Sena (2024) destaca que, no contexto do esporte de alto rendimento, compreender as adaptações celulares durante a preparação física é fundamental. O autor enfatiza a importância da continuidade das pesquisas nessa área para aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos e otimizar as intervenções voltadas à promoção da saúde e ao aprimoramento do desempenho físico em alta performance.

3.4 A importância da ingestão dos carboidratos por atletas de alta performance em exercícios de endurance

Estudos recentes têm se dedicado à compreensão da importância da ingestão dos carboidratos por atletas de alta performance em diferentes exercícios de endurance, com base nisso, os trabalhos analisados são apresentados no quadro 1.

O consumo adequado de carboidratos (CHO) é essencial para a recuperação e o desempenho de atletas de endurance, pois auxilia na reposição dos estoques de glicogênio muscular e hepático, fundamentais para a manutenção da performance esportiva (Harrison et al., 2018). No entanto, muitos atletas não atingem a ingestão mínima recomendada de 6 g de CHO por kg de peso corporal, o que pode comprometer o rendimento e aumentar os riscos de fadiga prematura. Diante dessa questão, Harrison et al. (2018) desenvolveram um questionário dietético para identificar atletas com consumo inadequado desse macronutriente, permitindo intervenções nutricionais mais eficientes. O estudo utilizou uma base de dados de 1.571 indivíduos não atletas para desenvolver modelos preditivos, posteriormente validados em 175 atletas de endurance não-elite, incluindo

competidores de Ironman, pentatlo de inverno e triatlo. Os modelos foram avaliados por sua sensibilidade, especificidade e capacidade preditiva, sendo o de 15 variáveis o mais preciso, com estatística-c de 0,94, sensibilidade de 89,5% e especificidade de 87,3%.

O questionário demonstrou ser uma ferramenta prática e eficiente para a triagem nutricional de atletas, facilitando a identificação de indivíduos que necessitam de suporte dietético para otimizar o consumo de CHO e, conseqüentemente, melhorar seu desempenho esportivo. No entanto, algumas limitações foram identificadas, como o fato de o modelo ter sido desenvolvido com dados de indivíduos não atletas, o que pode comprometer sua aplicabilidade a populações esportivas específicas. Além disso, a recomendação de 6 g CHO/kg pode não ser adequada para todos os esportes de endurance, e o estudo não considerou a ingestão de suplementos alimentares ricos em CHO, amplamente utilizados por atletas. Ainda assim, o questionário representa um avanço na nutrição esportiva, proporcionando uma alternativa rápida e acessível para avaliar a adequação do consumo de CHO. Os autores recomendam que futuras pesquisas testem sua eficácia em atletas de elite e explorem a inclusão de variáveis adicionais, como o uso de suplementos, para aprimorar sua precisão e aplicabilidade (Harrison et al., 2018).

Já para Jeukendrup (2017), o treinamento do trato gastrointestinal (TGI) é um fator essencial para o desempenho de atletas de endurance, pois influencia a absorção de carboidratos e fluidos durante o exercício prolongado. O autor menciona que muitos atletas sofrem com problemas gastrointestinais, como inchaço, câibras, diarreia e vômito, que impactam negativamente a performance e dificultam a adesão a estratégias nutricionais adequadas. No entanto, ressalta que o TGI apresenta grande capacidade de adaptação, e treiná-lo pode resultar em melhorias significativas na tolerância alimentar, na absorção de nutrientes e na redução de desconfortos digestivos. Estratégias como o treinamento do esvaziamento gástrico, o aumento da tolerância ao volume de líquidos e a adaptação do intestino à maior absorção de carboidratos podem auxiliar nesse processo.

Jeukendrup (2017) destaca que o esvaziamento gástrico pode ser treinado, permitindo maior tolerância ao consumo de líquidos e alimentos sem causar desconforto significativo, o que pode ser essencial para atletas que sofrem com sensação de estômago cheio durante o exercício. Além disso, dietas ricas em carboidratos podem acelerar esse processo, enquanto dietas ricas em gorduras promovem um esvaziamento mais eficiente para lipídios. A absorção de glicose e frutose também pode ser aprimorada com o consumo regular desses carboidratos, aumentando a densidade dos transportadores SGLT1 e GLUT5. Estudos como o de Cox et al. (2010) demonstram que ciclistas treinados que consumiram dietas ricas em carboidratos por 28 dias apresentaram maior oxidação de carboidratos exógenos durante o exercício, evidenciando uma adaptação intestinal significativa (Jeukendrup, 2017).

Segundo o pesquisador, os problemas gastrointestinais são comuns entre atletas de endurance, com uma prevalência estimada entre 30% e 50% dos praticantes dessas modalidades. Fatores como ingestão inadequada de líquidos, consumo excessivo de fibras e gorduras antes do exercício, desidratação e redistribuição do fluxo sanguíneo para os músculos podem desencadear desconfortos gastrointestinais significativos. Estratégias nutricionais, como o consumo regular e progressivo de líquidos e carboidratos durante os treinos, podem melhorar a tolerância gástrica e reduzir esses desconfortos. Além disso, o uso de diferentes carboidratos, como glicose e frutose combinados, otimiza a absorção e reduz a sobrecarga osmótica, diminuindo a probabilidade de diarreia. A adaptação à ingestão de quantidades elevadas de carboidratos durante o exercício também pode ser benéfica, pois estudos demonstram que a oxidação de carboidratos ingeridos se estabiliza em torno de 60 g/h quando apenas glicose é utilizada, mas pode ser aumentada para 90 g/h ao combinar diferentes tipos de carboidratos. Assim, a implementação de estratégias nutricionais personalizadas pode otimizar a absorção de carboidratos, reduzir a incidência de desconfortos gastrointestinais e melhorar a performance atlética. Jeukendrup (2017) conclui que tanto o esvaziamento gástrico quanto a absorção intestinal podem ser aprimorados por meio da adaptação alimentar e da prática regular de ingestão de

líquidos e carboidratos durante os treinos. Dessa forma, investir no treinamento do TGI pode ser uma abordagem eficaz para maximizar o desempenho dos atletas de endurance.

Outro estudo realizado por Namma-Motonaga et al. (2022) visou investigar os efeitos de diferentes quantidades de ingestão de carboidratos na recuperação do glicogênio muscular ao longo de 24 horas após um exercício de depleção de glicogênio. Os autores afirmam que a recuperação diária do glicogênio muscular após o treinamento é essencial para os atletas manterem a qualidade do treino. O estudo foi realizado com oito atletas japoneses de endurance, mas sem mencionar o esporte específico de cada atleta, todos do sexo masculino, recrutados de equipes universitárias, com idade média de 20 anos, peso médio de 56,2 kg e consumo habitual de carboidratos de 6,8 g/kg/dia. A pesquisa utilizou espectroscopia de ressonância magnética de carbono-13 (¹³C-MRS) para avaliar as mudanças na concentração de glicogênio nos músculos da coxa antes, imediatamente após, e em intervalos de 4, 12 e 24 horas pós-exercício. O estudo foi conduzido como um ensaio clínico randomizado e cruzado, onde os participantes consumiram três diferentes quantidades de carboidrato: 5 g/kg, 7 g/kg e 10 g/kg de massa corporal por dia. O experimento testou a hipótese de que a ingestão insuficiente de carboidratos comprometeria a recuperação do glicogênio muscular dentro do período estudado.

Os resultados mostraram que a concentração de glicogênio muscular diminuiu para $29,9\% \pm 15,9\%$ dos níveis basais após o exercício, e que a recuperação nas primeiras 12 horas foi significativamente menor no grupo que consumiu 5 g/kg de carboidratos em comparação com os grupos que ingeriram 7 g/kg e 10 g/kg. Após 24 horas, a recuperação do glicogênio atingiu os níveis pré-exercício nos grupos de 7 g/kg e 10 g/kg, mas permaneceu significativamente reduzida no grupo de 5 g/kg, indicando que essa quantidade não foi suficiente para restaurar totalmente os estoques musculares. Os autores concluem que uma ingestão diária de 5 g/kg de carboidratos é insuficiente para a recuperação do glicogênio muscular em atletas japoneses após um exercício prolongado de alta intensidade (Namma-Motonaga et al., 2022). Esses estudos reforçam a importância da ingestão adequada de carboidratos para otimizar a recuperação muscular e a performance esportiva.

Em outro estudo conduzido por Podlogar e Wallis (2022) que teve como objetivo revisar e discutir as mais recentes descobertas sobre o papel dos carboidratos na nutrição esportiva para atletas de endurance. Os autores destacam que a disponibilidade elevada de carboidratos para exercícios intensos e competições continua sendo uma prioridade. A pesquisa analisou como recomendações nutricionais podem ser refinadas e como futuramente podem contribuir para otimizar a ingestão desse macronutriente para melhorar o desempenho atlético. O público-alvo foram atletas de endurance, com enfoque em esportes como ciclismo e corrida de longa distância. Os autores enfatizam que a periodização da ingestão de carboidratos pode ser essencial para alinhar as necessidades energéticas do treinamento e da competição, garantindo melhor recuperação e rendimento esportivo. O estudo envolveu atletas submetidos a diferentes taxas de ingestão de carboidratos (60g/h, 90g/h e 120g/h) durante maratonas e exercícios prolongados.

Entre os principais pontos, o estudo apontou que a ingestão adequada de carboidratos antes, durante e após o exercício é essencial para maximizar a performance e acelerar a recuperação. Os autores também revisam evidências que sugerem que a estratégia de train-low, que reduz a ingestão de carboidratos para aumentar adaptações metabólicas ao treinamento, tem eficácia limitada para melhorar o desempenho. Outro ponto relevante que os autores questionam é a necessidade de uma abordagem mais personalizada, baseada em fatores como o tipo de esporte, intensidade dos treinos e características individuais dos atletas (Podlogar & Wallis, 2022). Segundo Podlogar & Wallis (2022), o consumo de carboidratos acima de 60 g/h, especialmente de glicose e frutose, melhora a oxidação de carboidratos exógenos e pode beneficiar o desempenho. A ingestão deve ser ajustada conforme a intensidade do exercício e as necessidades individuais do atleta. Para a recuperação, a reposição eficiente de glicogênio hepático e muscular é otimizada com combinações de glicose e frutose, sendo recomendada uma ingestão de até 1,2 g/kg/h nas primeiras 4 horas após o exercício. O estudo conclui que, apesar de mais de um século de pesquisas sobre carboidratos e desempenho esportivo, há inúmeras novas descobertas importantes no horizonte, tanto do ponto

de vista aplicado quanto mecanicista. Dessa forma, futuras investigações que integrem tecnologia, como monitoramento contínuo da glicose, podem contribuir para estratégias nutricionais mais precisas e eficazes.

Dhiman e Kapri (2023) examinou o impacto da ingestão de carboidratos na otimização do desempenho atlético e na recuperação pós-exercício. Segundo os autores, os carboidratos emergiram como uma fonte vital de energia para a performance esportiva, sendo sua ingestão, timing e composição nutricional críticos para a manutenção dos níveis de glicogênio muscular durante atividades físicas intensas. O estudo utilizou uma revisão sistemática da literatura, analisando 87 artigos científicos, incluindo meta-análises, revisões sistemáticas, estudos experimentais e artigos originais provenientes de bases de dados científicas. O público-alvo inclui atletas de resistência, como corredores e ciclistas de longa distância, destacando a influência da nutrição esportiva no desempenho físico e no sistema imunológico. Os autores ressaltam que a ingestão de 30 a 60 g de carboidratos por hora de exercício pode promover maior oxidação de gordura e reduzir a dependência da glicose durante atividades prolongadas. Além disso, o estudo abordou a influência dos carboidratos na preservação do glicogênio muscular, na função imunológica e na recuperação muscular, indicando que dietas com 55% a 65% do total de calorias advindas de carboidratos são ideais para maximizar a performance em treinos intensos.

Dhiman & Kapri, (2023) pontuam que estratégias como dietas ricas em carboidratos e ingestão de carboidratos durante o exercício são essenciais para manter o desempenho esportivo e acelerar a recuperação. Os autores verificaram que o consumo adequado de carboidratos pode prevenir fadiga prematura, preservar o glicogênio muscular e melhorar a resistência durante treinos prolongados. Além disso, identificaram que a composição e o momento da ingestão dos carboidratos influenciam diretamente a resposta metabólica e a recuperação muscular. Os resultados mostraram que atletas que consumiram 8 a 12 g de carboidratos por kg de peso corporal por dia tiveram uma recuperação mais eficiente do glicogênio muscular em comparação com aqueles que ingeriram menos de 5 g/kg/dia. O estudo destacou também a necessidade de diretrizes dietéticas específicas para cada gênero, considerando diferenças na utilização de substratos energéticos, onde atletas do sexo feminino apresentaram maior dependência da oxidação de gordura em comparação aos do sexo masculino. Além disso, verificou-se que o consumo de carboidratos de baixo índice glicêmico antes do exercício pode melhorar a utilização de gorduras como fonte energética, enquanto a ingestão de carboidratos de alto índice glicêmico no pós-exercício acelera a reposição do glicogênio muscular. No entanto, Dhiman e Kapri (2023) alertam que mais pesquisas são necessárias para estabelecer evidências conclusivas sobre a relação entre ingestão de carboidratos, recuperação e desempenho atlético. Dessa forma, a pesquisa fornece informações valiosas para atletas, treinadores e nutricionistas esportivos, auxiliando na formulação de estratégias alimentares mais eficazes para o aprimoramento da performance esportiva e recuperação muscular.

Em outro estudo realizado por Newell et al. (2015) objetivou determinar a dose ideal de ingestão de carboidratos (CHO) para otimizar o desempenho em exercícios de resistência. Segundo os autores, a ingestão de CHO durante o exercício melhora a performance e prolonga a capacidade de esforço. Para isso, foram testados 20 ciclistas treinados, com média de idade de $34,0 \pm 10,2$ anos, que participaram de um ensaio clínico randomizado e cruzado. O estudo incluiu atletas de resistência, especificamente ciclistas, que necessitam de uma reposição eficiente de carboidratos para manter a performance em provas prolongadas. Durante os testes, os participantes ingeriram soluções contendo 0, 20, 39 ou 64 g/hora de CHO, com uma taxa de ingestão de fluidos de 1 L/hora, para avaliar os efeitos na performance e na estratégia de ritmo.

Os resultados demonstraram que as doses de 39 g/hora e 64 g/hora de CHO foram igualmente eficazes na melhora do desempenho, reduzindo significativamente o tempo de prova. O tempo médio foi $34:19.5 \pm 03:07.1$ min para 39 g/hora e $34:11.3 \pm 03:08.5$ min para 64 g/hora, representando uma melhora de 6,1% e 6,5%, respectivamente, em relação ao grupo controle. Já a dose de 20 g/hora apresentou um tempo médio de $35:17.6 \pm 04:16.3$ min, sem atingir significância estatística. Além disso, os ciclistas que consumiram 39 g/hora e 64 g/hora mantiveram uma potência média sustentada 17 Watts e 19 Watts superior, respectivamente, em relação ao grupo controle. Os autores concluíram que a ingestão de CHO em torno de 39

g/hora já é suficiente para melhorar significativamente a performance, sem benefícios adicionais significativos ao aumentar a ingestão para 64 g/hora. Dessa forma, a pesquisa reforça a importância da ingestão controlada de carboidratos durante o exercício para atletas de resistência (Newell et al., 2015).

A ingestão de carboidratos durante o exercício tem sido amplamente estudada, com foco no impacto que ela exerce sobre o desempenho atlético, especialmente em esportes de endurance. Jeukendrup (2014) revisou recomendações atuais sobre a ingestão de carboidratos. Cabe destacar que a ingestão de carboidratos pode melhorar o desempenho ao retardar a fadiga, principalmente em atividades prolongadas (endurance, por exemplo). Os efeitos da ingestão de carboidratos variam de acordo com a intensidade e a duração do exercício, além do tipo de carboidrato consumido. Embora a ingestão de carboidratos tenha benefícios semelhantes em esportes contínuos, como corrida e ciclismo, ela pode oferecer vantagens adicionais em esportes intermitentes, como futebol, no qual o consumo de carboidratos pode contribuir não apenas para a resistência à fadiga, mas também para a manutenção de habilidades técnicas durante o jogo.

Além disso, Jeukendrup (2014) enfatiza também que a oxidação de carboidratos exógenos (ingeridos durante o exercício) é um fator chave para o desempenho em exercícios prolongados. A pesquisa revela que, enquanto a ingestão de carboidratos pode aumentar a oxidação de carboidratos durante o exercício, a resposta pode ser influenciada pelo nível de treinamento do atleta, pela intensidade do exercício e pela estratégia nutricional adotada. As recomendações de ingestão de carboidratos devem ser personalizadas, levando em consideração as características individuais do atleta e os tipos de atividade praticadas. Além disso, a ingestão de carboidratos deve ser acompanhada por um plano adequado de ingestão de líquidos, visto que altas concentrações de carboidratos podem reduzir a absorção de fluidos e causar desconforto gastrointestinal. Para otimizar os efeitos da ingestão de carboidratos, é crucial que os atletas testem suas estratégias nutricionais durante os treinos, garantindo assim que os benefícios sejam maximizados durante as competições.

A ingestão de carboidratos desempenha um papel fundamental no desempenho atlético, especialmente em esportes de resistência (endurance) e atividades de alta intensidade. O estudo de König et al. (2020) explorou detalhadamente como os carboidratos afetam o metabolismo energético, os estoques de glicogênio muscular e hepático, e a recuperação pós-exercício. O estudo analisou as evidências científicas sobre a ingestão de carboidratos para otimizar o desempenho físico dos atletas, abordando tanto o consumo antes, durante e após o exercício. Além disso, o estudo discute estratégias como o carregamento de carboidratos, a ingestão contínua durante o exercício e a importância do momento de consumo pós-exercício para a reposição rápida dos estoques de glicogênio.

Além disso, os resultados indicam que a ingestão adequada de CHO é essencial para sustentar o desempenho durante exercícios prolongados e intensos. A recomendação é de 6 a 12 g de carboidrato por kg de peso corporal por dia, dependendo da duração e intensidade da atividade. Estratégias como o carregamento de carboidratos antes de competições de longa duração (mais de 90 minutos) ajudam a aumentar os estoques de glicogênio, bem como a ingestão contínua de CHO durante o exercício previne a hipoglicemia e mantém o fornecimento de energia. Ademais, a ingestão desses referidos macronutrientes imediatamente após o exercício é crucial para a recuperação eficiente dos estoques de glicogênio, especialmente em intervalos curtos entre sessões de treino ou competições. O estudo reforça que a nutrição adequada de carboidratos é indispensável para o desempenho máximo e a recuperação de atletas, destacando a necessidade de adaptação da ingestão conforme as demandas específicas de cada modalidade esportiva (König et al., 2020).

O estudo de Lukasiewicz et al. (2024) avaliou as necessidades de ingestão exógena de carboidratos para otimizar o desempenho de maratonistas de elite, com foco em corredores objetivando terminar uma maratona em menos de 2 horas (S2M). Foi utilizada modelagem computacional para estimar as exigências de carboidratos para corredores masculinos e femininos de alto nível, considerando a diferença na composição corporal, especialmente em relação à massa muscular do corpo inferior. Os resultados indicaram que 65% dos corredores modelados, tanto masculinos quanto femininos, precisam de

ingestão de CHO superiores ao limite recomendado de 90 g/h para completar um S2M (maratona em menos de duas horas), sendo que as diretrizes nutricionais atuais atendem mais adequadamente às necessidades dos corredores masculinos do que às das corredoras femininas (47% contra 23% de adequação, respectivamente). O estudo destacou a importância de personalizar as recomendações nutricionais para atender às necessidades sexuais específicas dos atletas, em especial nas atletas do sexo feminino (Lukasiewicz et al., 2024).

Ademais, os resultados também indicaram que as maratonistas apresentaram uma resposta fisiológica mais favorável à ingestão elevada de carboidratos, o que poderia reduzir a diferença de tempo nos recordes de maratona entre os sexos. Contudo, mesmo com uma ingestão otimizada de carboidratos, a disparidade no desempenho de maratona entre homens e mulheres persistiu. O estudo concluiu que as diretrizes nutricionais atuais não são adequadas para todos os corredores de elite, especialmente para as mulheres, e enfatizou a necessidade de mais pesquisas focadas na nutrição específica para esse grupo de atletas de endurance (Lukasiewicz et al., 2024).

O estudo de Papadopoulou et al. (2018) investigou as práticas nutricionais de nadadores de ultra-endurance, tanto mais jovens quanto mais velhos, durante a fase preparatória e o evento competitivo. O objetivo principal foi avaliar o cumprimento das recomendações nutricionais para eventos de resistência e ultra-resistência, além de analisar como os parâmetros de composição corporal, ingestão energética e balanço energético negativo influenciam o desempenho e as mudanças na composição corporal dos atletas. Os resultados mostraram que tanto nadadores jovens quanto mais velhos não seguiram adequadamente as recomendações nutricionais, apresentando deficiências significativas na ingestão de macronutrientes e micronutrientes, tanto antes quanto durante a competição. O estudo destacou que, apesar do consumo de alimentos e líquidos energéticos durante a corrida, a ingestão de carboidratos e proteínas foi insuficiente, colocando os atletas em risco de desnutrição, o que pode comprometer tanto a saúde quanto o desempenho.

Os resultados também indicaram que os nadadores mais velhos apresentaram um maior gasto energético durante a prova, além de um maior desequilíbrio energético negativo, quando comparados aos mais jovens, o que afetou negativamente seu desempenho e composição corporal. Embora os atletas mais velhos tivessem uma maior ingestão de certos micronutrientes, eles ainda apresentaram deficiências significativas, especialmente em vitaminas e minerais essenciais, o que pode comprometer a função muscular, imunológica e a recuperação pós-competição. Além disso, foi observado que a maior parte dos atletas não seguia planos nutricionais elaborados por nutricionistas especializados, mas sim orientações de seus treinadores ou de seu próprio conhecimento, o que resultou em uma preparação nutricional inadequada. O estudo concluiu que é crucial melhorar a educação nutricional para os atletas de ultra-endurance, com foco em estratégias alimentares e de hidratação mais adequadas, a fim de melhorar o desempenho e minimizar riscos à saúde (Papadopoulou, 2018).

4. Conclusão

Este estudo revisou a importância da ingestão de carboidratos (CHO) para atletas de alta performance em exercícios de endurance, destacando seu papel fundamental no desempenho esportivo, na recuperação muscular e na manutenção dos estoques de glicogênio. A análise dos estudos demonstrou que a ingestão adequada de carboidratos está diretamente associada à melhora da performance e à redução da fadiga durante atividades prolongadas e intensas.

Tendo em vista a relevância da ingestão de carboidratos para o desempenho esportivo, este trabalho analisou os impactos desse macronutriente na performance de atletas de endurance, bem como sua influência na recuperação muscular e no rendimento físico. Além disso, foram abordadas estratégias nutricionais voltadas para a adequação do consumo de carboidratos, considerando fatores como a adaptação do trato gastrointestinal e a periodização da ingestão de nutrientes. Os resultados analisados demonstraram que a ingestão adequada de carboidratos está diretamente relacionada à melhora do desempenho esportivo. Observou-se que atletas que consumiram entre 7 g/kg e 10 g/kg de carboidratos por dia conseguiram

recuperar seus estoques de glicogênio muscular dentro de 24 horas, enquanto aqueles que ingeriram apenas 5 g/kg apresentaram recuperação incompleta. Além disso, foi evidenciado que o consumo de carboidratos na faixa de 60 g/h a 90 g/h durante treinos e competições prolongadas melhora significativamente a oxidação de substratos energéticos, contribuindo para maior resistência e menor incidência de fadiga. Estratégias como a combinação de diferentes fontes de carboidratos, como glicose e frutose, também se mostraram mais eficazes na absorção e utilização desse macronutriente pelo organismo.

Outro ponto relevante foi a influência do treinamento do trato gastrointestinal na tolerância e absorção de carboidratos. Atletas que realizaram esse tipo de adaptação relataram menos desconfortos gastrointestinais e maior capacidade de ingestão durante as provas, o que impacta positivamente a performance. A falta de planejamento nutricional adequado, por outro lado, foi associada a déficits no consumo de carboidratos, afetando negativamente a recuperação muscular e a resistência física.

Dessa forma, conclui-se que a nutrição esportiva desempenha um papel crucial no sucesso dos atletas, tornando indispensável a orientação profissional. O suporte de um nutricionista especializado permite a formulação de planos alimentares individualizados, alinhados às demandas específicas de cada atleta. Além de contribuir para o desempenho esportivo, esse acompanhamento profissional favorece a educação alimentar e nutricional, garantindo que o atleta compreenda a importância do consumo adequado de carboidratos e outras estratégias alimentares. A implementação dessas recomendações permite otimizar a performance, reduzir os riscos de lesões e melhorar a recuperação muscular, sendo um fator determinante para a longevidade na prática esportiva.

Portanto, investir na assessoria nutricional é essencial para maximizar os resultados e garantir a saúde dos praticantes de esportes de endurance. A partir dos achados deste estudo, reforça-se a necessidade de pesquisas contínuas sobre o impacto da nutrição na performance esportiva, bem como o desenvolvimento de estratégias ainda mais eficazes para otimizar a ingestão de carboidratos e aprimorar a adaptação metabólica dos atletas.

Referências

- Araújo, J. et al. (2021). Adaptações metabólicas a diferentes tipos de exercício. *Revista de Fisiologia do Exercício*. <https://revistaft.com.br/adaptacoes-metabolicas-a-diferentes-tipos-de-exercicio/>.
- Bompa, T. O. & Buzzichelli, C. A. (2019). *Periodização do treinamento esportivo: teoria e metodologia*. (6. ed.) Editora Phorte.
- Burke, L. et al. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of sports sciences*, [s. l.], 29 (Suppl 1), p. S17–S27, 2011. DOI 10.1080/02640414.2011.585473. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=21660838&lang=pt-br&site=ehost-live>.
- Burke, L. (2019). *Nutrition for athletes: a practical guide to eating for health and performance*. (6. ed.), Lausanne: International Olympic Committee.
- Burke, L. M. & Deakin, V. (2020). *Clinical sports nutrition*. (6. ed.). Editora McGraw-Hill Education.
- Caldas Júnior, P. B. (2014). Efeito dos exercícios de alta intensidade aeróbios e anaeróbios na oxidação de gordura corporal: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 8(43), 50-61, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4923195.pdf>.
- Casarin, S. T. et al. (2020). Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do *Journal of Nursing and Health*. *Journal of Nursing and Health*, 10(5). <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/enfermagem/article/view/19924>.
- Coelho, C.; & Burini, R. C. (2009). Atividade física para prevenção e tratamento das doenças crônicas não transmissíveis e da incapacidade funcional. *Revista de Nutrição*, 22(6), 937-946, <https://www.scielo.br/j/rm/a/3CfMRjMyHsMGzBxKRM6jtWQ>.
- Costa, M. L. et al. (2024). Impacto do burnout, estresse e ansiedade no desempenho de atletas: a importância da psicologia do esporte. *Revista Contemporânea*, 4(10), 2024. <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/download/6036/4415/17771>.
- Dhiman, C.; & Kapri, B. C. (2023). Optimizing Athletic Performance and Post-Exercise Recovery: The Significance of Carbohydrates and Nutrition. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 19(2), 49–56. DOI: 10.26773/mjssm.230907
- Dupont, G.; Nivard, M.; & Collins, J. (2020). Recovery strategies for elite athletes: a multidisciplinary approach. *Sports Medicine*, 50(4).
- Ericsson, K. A.; Krampe, R. T.; & Tesch-römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, Washington, DC, 100(3), 363–406. DOI: 10.1037/0033-295X.100.3.363. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.3.363>.

- Harrison, S. et al. (2018). Development and validation of a dietary screener for carbohydrate intake in endurance athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 15(1), 1–6. DOI 10.1186/s12970-018-0250-y. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fsr&AN=156079724&lang=pt-br&site=ehost-live>.
- Jesus, L. P. de et al. (2020). Influência da alimentação na qualidade do sono e bem-estar: uma revisão integrativa de literatura. *Revista Foco*. 17(3). <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n3-040>.
- Jeukendrup, A. (2014). A Step Towards Personalized Sports Nutrition: Carbohydrate Intake During Exercise. *Sports Medicine*. 44(S1), 25–33. DOI: 10.1007/s40279-014-0148-z.
- Jeukendrup, A. (2017). Training the Gut for Athletes. *Sports Medicine*. 47(S1), 101–10. DOI 10.1007/s40279-017-0690-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28332114/>.
- Jones, A. M. et al. (2016). Endurance exercise and training: physiological characteristics. *Journal of Applied Physiology*. 120(1), 1-10.
- Junior, A. H. L. & Longo, S. (2019). Nutrição: do exercício físico ao esporte. Editora Manole, E-book. p.36. ISBN 9788520456927. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788520456927/>.
- Konig, D. et al. (2020). Position of the Working Group Sports Nutrition of the German Nutrition Society (DGE): Carbohydrates in Sports Nutrition. *German Journal of Sports Medicine / Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 71(7–9), 185–90. DOI 10.5960/dzsm.2020.456. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=146047924&lang=pt-br&site=ehost-live>.
- Lima, J.S. (2015) Consumo glicídico e proteico na refeição pós-treino. <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/18180/4/LIMA%2C%20Jasiedy%20da%20Silva.pdf>.
- Lukasiewicz, C. et al. (2024). Assessing exogenous carbohydrate intake needed to optimize human endurance performance across sex: insights from modeling runners pursuing a sub-2-h marathon. *Journal of Applied Physiology*. 136(1), 158–76. DOI 10.1152/jappphysiol.00521.2023. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=174995292&lang=pt-br&site=ehost-live>.
- Meeusen, R. et al. (2018). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement. *European Journal of Sport Science*, 18(1).
- Moscardini, L. R. et al (2021). Fatores que influenciam a adaptação do ventrículo esquerdo de jovens atletas. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v. 15, n. 98, p. 500-508, https://www.researchgate.net/publication/362871339_fatores_que_influenciam_a_adaptacao_do_ventriculo_esquerdo_de_jovens_atletas.
- Namma-Moronaga, K. et al. (2022). Effect of Different Carbohydrate Intakes within 24 Hours after Glycogen Depletion on Muscle Glycogen Recovery in Japanese Endurance Athletes. *Nutrients*. 14(7), 1320. DOI 10.3390/nu14071320. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fsr&AN=159714047&lang=pt-br&site=ehost-live>.
- Newell, M. L. et al. (2015). The Ingestion of 39 or 64 g·hr⁻¹ of Carbohydrate is Equally Effective at Improving Endurance Exercise Performance in Cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 25(3), 285-92. DOI: 10.1123/ijnsnm.2014-0134.
- Paulo, A. C.; & Forjaz, C. L. M. (2001). Treinamento físico de endurance e de força máxima: adaptações cardiovasculares e relações com a performance esportiva. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 22(2), 99-114, <https://repositorio.usp.br/item/001301758>.
- Papadopoulou, S. K. et al. (2018). Nutrition strategies before and during ultra-endurance event: A significant gap between science and practice. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 28(3), 881–92. <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=52d98fb2-8513-3898-9c00-87c250654162>.
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Editora UAB/NTE/UFSM
- Peres, L.; & Lovisolio, H. (2006). Formação esportiva: teoria e visões do atleta de elite no Brasil. *Revista da Educação Física/UEM*, 17(2), 211-218. <https://www.leme.uerj.br/wp-content/uploads/2010/10/formacao-esportiva-teoria-e-visoes-do-atleta-de-elite-no-brasil.pdf>.
- Podlogar, T. & Wallis, G. (2022). New Horizons in Carbohydrate Research and Application for Endurance Athletes. *Sports Medicine*. 52, 5–23. DOI 10.1007/s40279-022-01757-1. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=160703141&lang=pt-br&site=ehost-live>.
- Pons, V. et al. (2015). Hematological and biochemical parameters in high-level athletes from different sport disciplines. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(2), 281–292. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25034552/>.
- Raymond, J. L. & Morrow, K. (2022). Krause & Mahan: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. (15.ed.). Editora GEN Guanabara Koogan. E-book. p.468. ISBN 9788595158764. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595158764/>.
- Rossi, L & Poltronieri, F. (2019). Tratado de Nutrição e Dietoterapia. Editora Guanabara Koogan.
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paul. Enferm.* 20(2). <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>.
- Sena, M.A. de B. (2024). Adaptações fisiológicas em resposta ao treinamento físico em atletas de alto rendimento em modalidades de endurance. *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education*, 92(3), 399–407. Disponível em: <https://revistadeeducacaofisica.emnuvens.com.br/revista/article/view/2962>.
- Silva, D. S. et al. (2018). A duração e a frequência da prática de atividade física interferem no indicativo de sarcopenia em idosos? *Fisioterapia em Movimento*, 31, e003131. <https://www.scielo.br/j/fm/a/SLgg7hqXvYBXnmMrgZJ5bgP/>.
- Silva, E. et al. (2018). Treinamento concorrente: Endurance x Força. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 40(2), 215-230. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/05/997116/treinamento-concorrente-endurance-x-forca.pdf>.

Silva, J.; Pereira, M.; & Oliveira, C. (2024). Efeito da periodização nutricional no desempenho de atletas de resistência. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(11),. <https://periodicorease.pro.br/rease/article/download/16614/9159/39192>.

Taylor, B. et al. (2019). Adaptations of VO₂max, mitochondrial density, and muscle capillarization to endurance training: a brief review. *European Journal of Applied Physiology*, 119(5), 889–899. DOI: 10.1007/s00421-019-04006-0. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-019-04006-0>.

Taylor, R. S. et al. (2004). Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Medicine*, 116(10), 682–692. DOI: 10.1016/j.amjmed.2004.01.009. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002934304001852>.

Waseda, L. M. B. et al. (2024). Risco cardiológico em atletas de alto rendimento: uma revisão integrativa. *Brazilian Journal of Health Review*, 7(5), e73097. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/73097>.

Warburton, D. E. R.; Nicol, C. W.; & Bredin, S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, 174(6), 801–809. DOI: 10.1503/cmaj.051351. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1402378/>