

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE
B-ALANINA NO DESEMPENHO DO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE**

BIANA ROQUE DE VASCONCELOS

DOURADOS - MS

2024

BIANA ROQUE DE VASCONCELOS

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM B-ALANINA NO DESEMPENHO
DO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM
METANÁLISE

Área do CNPq:

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

Área de concentração: Farmacologia

Orientador: Prof. Dr. Pablo Crhistiano Barboza Lollo

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Fernandes

DOURADOS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V331e Vasconcelos, Biana Roque De

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE B-ALANINA NO DESEMPENHO DO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE [recurso eletrônico] / Biana Roque De Vasconcelos, Evelin Vasconcelos. -- 2024.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Pablo Crhistiano Lollo Barboza.

Coorientador: Ricardo Fernandes.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Beta-alanina. 2. Exercício. 3. Aminoácidos. 4. Suplementos. 5. Atletas. I. Vasconcelos, Evelin. II. Barboza, Pablo Crhistiano Lollo. III. Fernandes, Ricardo. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR BIANA ROQUE DE VASCONCELOS, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "FARMACOLOGIA".

Aos oito dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e quatro, às quinze horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada **"EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM B-ALANINA NO DESEMPENHO DO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA"**, apresentada pela mestrand Biana Roque de Vasconcelos, do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. Pablo Christiano Barboza Lollo/UFGD (presidente/orientador), Prof. Dr. Fabio Juliano Negroao/UFGD (membro titular interno), Prof. Dr. Daniel Traina Gama/UFGD (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer à candidata e aos integrantes da banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada **APROVADA**. O Presidente da Banca atesta a participação dos membros que estiveram presentes de forma remota, conforme declarações anexas. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 08 de fevereiro de 2024.



Documento assinado digitalmente
PABLO CHRISTIANO BARBOZA LOLLO
Data: 08/02/2024 18:49:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Pablo Christiano Barboza Lollo
Presidente/orientador
(Participação Remota)



Documento assinado digitalmente
FABIO JULIANO NEGRAO
Data: 28/02/2024 08:44:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fabio Juliano Negroao
Membro Titular Interno
(Participação Remota)



Documento assinado digitalmente
DANIEL TRAINA GAMA
Data: 19/02/2024 15:48:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Daniel Traina Gama
Membro Titular Externo
(Participação Remota)

(PARA USO EXCLUSIVO DA PROPP)

ATA HOMOLOGADA EM: ____/____/____, PELA PROPP/ UFGD.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Associação da Beta-alanina com a L-histidina e a síntese de carnosina no músculo.

22

Figura 2 - Fluxograma de seleção de estudos. Adaptado do fluxograma PRISMA 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 3 - Características dos Estudos Incluídos	38
Tabela 5 - Comparativa dos Estudos sobre Beta-Alanina em Ciclistas	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de Dispersão da Idade Média x Dosagem	45
Gráfico 2 - Meta-Analise dos Efeitos da Suplementação de Beta-Alanina	45

ANEXOS

ANEXO A - Tabela 1 - Estratégia PICO	57
ANEXO B - Tabela 2 - Risco de viés	58
ANEXO C - Tabela 4 - Razões para exclusão dos estudos	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ADP - Adenosina difosfato

AnAL - Anaeróbico Alático

AnLa - Anaeróbico Láctico

ATP - Adenosina trifosfato

BA - β -Alanina

Bi - Bicarbonato

Ca - Cálcio

CA - Carnosina

CM - Creatina monohidratada

CCT - Capacidade de Ciclismo

CCT 100% - Capacidade de Ciclismo a 110% do limiar de Lactato

Cr - Creatina

Cm - Creatina Monohidratada

Co² - Dióxido de Carbono

H⁺ - Hidrogênio

HCO₃⁻ - Bicarbonato

HPO² - Fosfato

H₂PO₄⁻ - Dihidrogenofosfato - forma protonada do fosfato inorgânico, Pi

H₂CO₃ - Ácido Carbônico

HIIT - Treinamento Intervalado de Alta Intensidade

K⁺ - Potássio

MG - Massa Gorda

MLG - Massa livre de Gordura

MME - Massa Muscular Esquelética

MRG - Receptores Acoplados à Proteína G

M-CAR - Carnosina Muscular

NAD - Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo

Na⁺ - Sódio

PAT1 - Proton-Coupled Amino Acid Transporter 1

PBE - Prática Baseada em Evidências

PCr - Fosfocreatina

pH - Potencial Hidrogeniônico

Pi- Fosfato Inorgânico

pKa - Potencial de Ionização Ácida

PL - Placebo

PO₄³⁻ - Fosfato

PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses*

RM - Repetição Máxima

RR - Liberação Rápida

RSA - Running-based Anaerobic Sprint Test

SNC - Sistema Nervoso Central

SR - Liberação Sustentada

TAN - Anaeróbio Total

TauT - Transportador de Taurina

TID - Termogênese Induzida pela Dieta

TINC - Teste Incremental de Corrida até a Fadiga

TT - Tempo de Desempenho

TTE - Tempo de Desempenho até a Exaustão

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM B-ALANINA NO DESEMPENHO DO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE

RESUMO

A suplementação com beta-alanina, um aminoácido de cadeia curta, atua diretamente nas células musculares. Estas utilizam a beta-alanina em sua forma não metabolizada para sintetizar a carnosina. Esse processo tem se mostrado eficaz como agente ergogênico e modificador metabólico, contribuindo para a melhoria do desempenho em exercícios de alta intensidade. Os potenciais efeitos no desempenho esportivo são baseados na síntese da carnosina, um dipeptídeo (β -alanil-L-histidina), que age como efeito tampão intramuscular durante o exercício intenso. A fadiga muscular é um processo multifatorial causado, em grande parte, pelo acúmulo de metabólitos no músculo esquelético, sendo os principais, ADP, Pi e H^+ . A carnosina atua atrasando o acúmulo de H^+ e, conseqüentemente, melhora a performance dos exercícios. Com base no exposto, torna-se importante compreender melhor os resultados da suplementação com β -alanina para o desempenho do exercício físico em diferentes esportes. Sendo assim, o objetivo principal avaliar os estudos de modo a construir uma evidências sobre os efeitos da suplementação com beta-alanina no desempenho físico e na fadiga muscular em exercícios de alta intensidade, por meio de uma revisão sistemática em acordo com as diretrizes PRISMA. A busca foi realizada nas seguintes bases de dados: EMBASE, PubMed/Medline, SPORTDiscus e na plataforma da CAPES, mediante o cruzamento dos descritores: “Beta-alanina e Exercício”, combinados através do operador booleano AND. Foram aplicados como critérios de inclusão/exclusão: estudos de intervenção clínicos, duplo-cegos e controlados por placebos, que investigaram os efeitos da suplementação de Beta-alanina no desempenho do exercício físico em população adulta e saudável. Todos os tipos de exercícios foram incluídos, enquanto que a suplementação teria que ser a longo prazo por no mínimo quatro semanas. Com isso, foram encontrados no total 2.242 artigos e após remoção das duplicatas (n=462), e da análise dos artigos chegamos a uma seleção de 13 estudos publicados que atenderam os critérios para esta revisão. Os resultados sugerem que a suplementação de β -alanina não demonstrou benefícios no desempenho do exercício físico e na melhora da fadiga. Foi possível perceber que os efeitos positivos foram inconclusivos e limitados, e que são influenciados por muitas variáveis como população, tipo e duração do exercício, dosagem. Esta revisão destaca o

potencial da beta-alanina como um suplemento, mas também demonstra a necessidade de pesquisas futuras para elucidar melhor sua eficácia e condições ideais de uso.

Palavras-chave: Atletas; Aminoácidos; Suplementos Nutricionais

EFFECTS OF B-ALANINE SUPPLEMENTATION ON PHYSICAL EXERCISE PERFORMANCE: A SYSTEMATIC REVIEW WITH META-ANALYSIS

ABSTRACT

Beta-alanine supplementation, a short-chain amino acid, directly acts on muscle cells. These utilize beta-alanine in its non-metabolized form to synthesize carnosine. This process has proven effective as an ergogenic agent and metabolic modifier, contributing to improved performance in high-intensity exercises. The potential effects on athletic performance are based on the synthesis of carnosine, a dipeptide (β -alanyl-L-histidine), which acts as an intramuscular buffering agent during intense exercise. Muscle fatigue is a multifactorial process caused largely by the accumulation of metabolites in skeletal muscle, with ADP, Pi, and H⁺ being the main ones. Carnosine acts by delaying the accumulation of H⁺ and, consequently, enhances exercise performance. Given this, it becomes important to better understand the results of β -alanine supplementation on physical exercise performance across different sports. Thus, the main objective of this study is to assess the available literature on β -alanine supplementation in individuals engaging in high-intensity exercise to build evidence through a systematic review in accordance with PRISMA guidelines. The search was conducted in the following databases: EMBASE, PubMed/Medline, SPORTDiscus, and the CAPES platform, using the descriptors: "Beta-alanine and Exercise," combined through the Boolean operator AND. Clinical intervention studies, double-blind and placebo-controlled, that investigated the effects of Beta-alanine supplementation on physical exercise performance in a healthy adult population were applied as inclusion/exclusion criteria. All types of exercises were included, while the supplementation had to be long-term for at least four weeks. A total of 2,242 articles were found, and after the removal of duplicates (n=462), and the analysis of the articles, a selection of 13 published studies that met the criteria for this review was reached. These studies varied in exercise type, from resistance training to aerobic sports. The results suggest that β -alanine supplementation may be beneficial in physical exercise performance and improvement in fatigue; however, they indicated limited efficacy. It was observed that the positive effects were inconclusive and influenced by many variables such as population, type and duration of exercise, dosage. This review highlights the potential of beta-alanine as a supplement but also demonstrates the need for further research to better elucidate its efficacy and ideal conditions of use.

Keywords: Athletes; Amino Acids; Nutritional Supplements.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1. Fisiologia da acidose e exercício físico	15
2.1.2 Tamponamento do pH sanguíneo e seu papel no desempenho do exercício	17
2.1.3 Suplementos nutricionais esportivos	18
2.1.4 Suplementação com beta-alanina	19
2.2. Efeitos fisiológicos e bioquímicos da beta-alanina	21
3. OBJETIVOS	24
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
5. APÊNDICES	29
5.1 Artigo Revista Science & Sports	29
ANEXOS	57
ANEXO A - Tabela 1 - Estratégia PICO	57
ANEXO B - Tabela 2 - Risco de Viés	58
ANEXO C - Tabela 4 - Razões para exclusão dos estudos	59

1 INTRODUÇÃO

Durante o exercício físico de alta intensidade, tanto o acúmulo de metabólitos como ADP (adenosina difosfato), Pi (fosfato inorgânico) e H⁺ (íons de hidrogênio) quanto a depleção de substratos energéticos são cruciais para o desenvolvimento da fadiga muscular. Estudos indicam que o acúmulo desses metabólitos é uma das principais causas da fadiga, pois interfere nas funções celulares e contribui para o declínio da eficiência muscular (Robergs, R. A., et al., 2004). Por outro lado, a disponibilidade e o consumo de substratos energéticos também desempenham um papel essencial; quando o consumo é equilibrado com a disponibilidade, pode-se manter o desempenho, retardando a fadiga. No entanto, à medida que os substratos são esgotados, observa-se uma redução na força, capacidade de geração de movimento e potência, além da sensação de ardência muscular, o que reflete diretamente na performance do exercício (Debold et al., 2016).

A suplementação com beta-alanina (BA ou β -Alanina) tem sido adotada como uma estratégia ergogênica¹ por praticantes de esportes que buscam otimizar o desempenho (Matthews *et al.*, 2019). A β -alanina é um aminoácido não proteinogênico, que na sua falta, que limita a taxa de síntese da carnosina intramuscular, seus efeitos ergogênicos e metabólicos² são baseados na síntese da carnosina, um dipeptídeo (β -alanil-L-histidina), que por sua vez, atua como um tampão ácido intramuscular mitigando a acidose metabólica (Abe, 2000; Lancha Júnior *et al.*, 2015). A síntese endógena de β -alanina é limitada, e ocorre principalmente através da degradação hepática de uracil e resulta em apenas pequenas quantidades de carnosina muscular (Baguet *et al.* 2010).

A eficácia da beta-alanina na melhoria da capacidade energética e no retardamento da fadiga muscular tem sido objeto de intensa pesquisa. Amann (2011) e Antonio *et al.* (2016) demonstram a complexidade dos efeitos dessa suplementação. Aman destaca que o aumento significativo das concentrações de carnosina intramusculares através da suplementação de beta-alanina por um período de 4 a 10 semanas pode levar a melhorias significativas no desempenho durante exercícios de alta intensidade. Por outro lado, Antonio *et al.* aponta que a eficácia deste

¹ Recursos Ergogênicos: Originados do grego "ergo" (trabalho) e "gen" (produção), referem-se a substâncias ou dispositivos usados para melhorar o desempenho esportivo e a recuperação pós-exercício, aumentando a eficiência física e promovendo a saúde do atleta.

² Efeitos Metabólicos: Alterações nas reações químicas do corpo em resposta a atividades como exercício e dieta, influenciando a taxa metabólica, o uso de energia e a eliminação de resíduos, essenciais para a performance e recuperação atléticas.

suplemento no desempenho físico pode variar dependendo da modalidade esportiva e das características individuais. Sendo assim, torna-se difícil fornecer recomendações precisas para o uso da suplementação com beta-alanina em diferentes tipos de exercícios (Antônio *et al.*, 2016).

A carnosina, além de atuar como um tamponante físico-químico eficaz, com um anel imidazólico pKa de 6,83 e relativa semelhança com o pH intracelular (6,5), desempenha múltiplos papéis fisiológicos no músculo esquelético humano, importantes no desempenho do exercício e na homeostase do músculo esquelético. Ela atua como um tampão de pH intracelular, modulando o metabolismo energético, regulando o manuseio de Cálcio (Ca) e a sensibilidade dos miofilamentos e ajuda a eliminar espécies reativas de Oxigênio (EROs) nos músculos esqueléticos (Bouzas *et al.*, 2014; BMC Chemistry, 2020).

Seu mecanismo de ação na eliminação dos (EROs) inclui a quelação de íons metálicos como cobre e ferro, que são catalisadores na formação de radicais livres pelo processo de Fenton, reduzindo assim a produção desses radicais (Antioxidants, 2021; BMC Chemistry, 2020). Adicionalmente, a carnosina neutraliza diretamente diversos radicais livres, incluindo radicais hidroxila e peroxinitrito. Ela também protege as biomoléculas dentro das células, ao reagir com produtos de peroxidação lipídica e preservar as proteínas de modificações oxidativas (Antonio *et al.*, 2016; Bouzas *et al.*, 2014).

Este conjunto de ações confere à carnosina um papel crucial na proteção do músculo esquelético contra o dano oxidativo durante o exercício, contribuindo para a manutenção da homeostase muscular. Ainda pode atuar como um trocador (Ca - H⁺) citoplasmático e formar conjugados estáveis com aldeídos reativos induzidos por exercícios (Antonio *et al.*, 2016; Bouzas *et al.*, 2014). A complexidade da atuação da carnosina no corpo humano destaca que ainda há muito a aprender sobre suas ações e aplicações em exercícios, saúde e doenças (Bouzas *et al.*, 2014).

A beta-alanina além de ser produzida pelo próprio organismo também está presente em produtos de carne e peixe; no entanto, confiar na produção endógena ou na ingestão deste aminoácido na dieta pode não ser suficiente ou eficiente para obter melhoras significativas na performance (Harris *et al.* 2006). Para efeitos positivos no desempenho físico, como aumento da capacidade de resistência, melhora no desempenho de exercícios de alta intensidade, redução da fadiga e melhora na recuperação pós-exercício, a recomendação é ingerir diariamente 3,2–6,4 g/dia de β-alanina por 2–4 semanas (Saunders *et al.*, 2016). Portanto, a suplementação

exógena com β -alanina emerge como a estratégia mais eficaz para aumentar as concentrações de carnosina muscular (Brisola *et al.*, 2016).

Com base no exposto, é essencial uma análise mais detalhada e abrangente dos efeitos da suplementação de β -alanina na melhoria do desempenho físico e na redução da fadiga muscular, especialmente no contexto do treinamento de alta intensidade. Portanto, este estudo tem como objetivo principal realizar uma revisão sistemática abrangente que contemple a ampla literatura disponível até o momento, abordando a heterogeneidade dos resultados observados em diferentes esportes e as implicações práticas dessa suplementação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Fisiologia da acidose e exercício físico

A acidose metabólica é uma condição fisiológica complexa caracterizada pelo excesso de ácido no sangue, causada tanto pela produção excessiva de ácido como da incapacidade do organismo de excretá-lo adequadamente ou excesso de bicarbonato, levando a uma diminuição do pH sanguíneo abaixo do nível normal (Amann, 2011; Marriott *et al.*, 2015). Diversos fatores podem contribuir para essa condição, como diabetes não controlada, doença renal, doenças hepáticas ou pulmonares, consumo excessivo de álcool, algumas intoxicações, e exercícios de alta intensidade (Marriott *et al.*, 2015). Durante exercícios de alta intensidade, ocorre um aumento acentuado nas concentrações de metabólitos, devido ao metabolismo anaeróbio, levando a uma queda no pH sanguíneo e intramuscular, o que está intimamente ligado à redução da capacidade muscular em desenvolver força e ao surgimento da fadiga (Marriott *et al.*, 2015; Westerbla *et al.*, 2017).

Para equilibrar as condições ácido-base, o corpo utiliza uma série de mecanismos regulatórios, como o aumento da excreção de íons de ácidos e retenção de bicarbonato pelos rins, e a regulação da eliminação de dióxido de carbono pelos pulmões. Essa capacidade de adaptação é fundamental para manter o equilíbrio ácido-base durante exercícios de alta intensidade, quando o corpo não é capaz reduzir a acidose pode ser necessário tratamento e correção de desequilíbrios metabólicos, terapia de reposição de fluidos, suplementação e tratamento da condição subjacente (Marriott *et al.*, 2015).

A relação entre a concentração dos íons H^+ e lactato no sangue com a função dos processos celulares e redução da força muscular é controversa. Durante exercícios intensos, o ATP (adenosina trifosfato) é fornecido a partir de fontes não mitocondriais, como a glicólise e o sistema fosfogênico. Isso aumenta a liberação de prótons e causa a acidose metabólica. A

produção de lactato aumenta para evitar que o piruvato acumule e forneça o NAD (nicotinamida adenina dinucleotídeo), responsável pela nossa capacidade de transformar os nutrientes que consumimos na energia de que precisamos, necessário para a fase 2 da glicólise. Portanto, a produção aumentada de lactato coincide com a acidose celular e continua sendo um bom marcador indireto para condições metabólicas celulares que induzem a acidose metabólica (Robergs *et al.*, 2004).

Recentemente, Renaud, J.M. *et al.*, (2023) estudaram os efeitos do aumento das concentrações de outros metabólitos intersticiais no desempenho muscular com foco no íon de potássio (K^+) e identificaram o K^+ como um importante fator da fadiga muscular em exercícios de intensidade alta e curta duração. Eles observaram tanto a depressão quanto a potenciação da força induzida por K^+ e como a variação do Íon K^+ no meio extracelular após uma série de exercícios intensos contribuem significativamente para a fadiga muscular e pode estar associado à queda do desempenho. Quando a demanda de ATP excede a oferta, criando estresse metabólico, os canais CIC-1 e K ATP são ativados. O canal CIC-1 aumenta os efeitos depressores da força do K^+ , já os canais KATP contribuem para a redução da força, desencadeando assim a fadiga (Renaud, J.M. *et al.*, 2023).

Segundo Kasper *et al.* (2018), $H_2PO_4^-$ (forma protonada do fosfato inorgânico, Pi) está correlacionado com um pH mais baixo e diminuição na produção de força, sugerindo que a fadiga muscular é uma consequência do aumento das concentrações de $H_2PO_4^-$ no músculo e, não do aumento de H^+ no sangue, ainda que os níveis mais altos de Pi dependem do aumento do H^+ no sangue. Portanto, o acúmulo dos íons K^+ e Pi plasmáticos pode favorecer a ocorrência da fadiga ao invés do acúmulo de íons H^+ . As perturbações nos níveis de íon potássio (K^+) são consideradas cruciais na fadiga do músculo esquelético. No entanto, as alterações no gradiente intra-extracelular de K^+ induzidas pelo exercício, por si só, não são suficientemente significativas para serem a principal causa da diminuição da força durante a fadiga, a menos que combinadas com alterações no gradiente iônico, como o sódio (Na^+) (Renaud *et al.*, 2023; Kasper *et al.*, 2018). Além disso, Amann (2011) sugere que o acúmulo de metabólitos plasmáticos pode afetar o desempenho de membros não exercitados indicando um efeito sistêmico.

Esses estudos apontam para uma complexa interação entre vários metabólitos e íons durante o exercício, além do simples acúmulo de íons H^+ , a análise dos estudos supracitados sugere que a relação entre a acidose metabólica, o desempenho muscular e a fadiga são multifatoriais e depende de uma gama de fatores bioquímicos e fisiológicos. Contudo, é

importante ressaltar que a acidose metabólica moderada relacionada ao exercício físico geralmente é transitória e desaparece rapidamente após o exercício intenso (West, 2013). Porém, quando atinge níveis extremos pode levar a ocorrência de rabdomiólise, quadro clínico caracterizado por altos níveis de ácido no sangue podendo causar danos extensos nos mecanismos fisiológicos envolvidos, levando a desequilíbrios eletrolíticos, e estresse térmico, ocasionando à liberação de metabólitos intracelulares no plasma e na urina, com potenciais consequências renais graves e até mesmo levar a morte (Thompson et al., 2019).

2.1.2 Tamponamento do pH sanguíneo e seu papel no desempenho do exercício

O tamponamento do pH sanguíneo refere-se aos controles fisiológicos que o corpo utiliza para manter o equilíbrio ácido-base. O pH sanguíneo normal varia de 7,35 a 7,45, e alterações nesses níveis podem ser prejudiciais à saúde. Os tampões químicos são substâncias que ajudam a manter o pH sanguíneo dentro desses limites normais (West, 2013).

Os dois tipos principais de tamponamento são os tampões intracelulares e extracelulares. Os tampões intracelulares incluem as proteínas intracelulares, como a hemoglobina, e a carnosina, enquanto os tampões extracelulares incluem o bicarbonato (HCO_3^-) e fosfato (HPO_4^{2-} e H_2PO_4^-), assim como o ácido carbônico (H_2CO_3). O bicarbonato é o tampão extracelular mais importante e é produzido pelos rins e pelo pâncreas. É um ânion alcalino que reage com os presentes no sangue, neutralizando-os e mantendo o pH sanguíneo dentro dos limites normais (Marriott *et al.*, 2015). O ácido carbônico é formado quando o dióxido de carbono (CO_2) se combina com a água no sangue, produzindo hidrogênio, um ácido fraco, que é tamponado pela hemoglobina e outras proteínas intracelulares (Amann, 2011).

O pH sanguíneo e o tamponamento têm um papel importante no desempenho do exercício físico. O pH sanguíneo é mantido dentro de limites estreitos para garantir o funcionamento adequado dos sistemas fisiológicos. Desvios desse equilíbrio podem ter consequências negativas para o desempenho do exercício físico, levando à acidose metabólica e à fadiga muscular prematura (West, 2013).

Para prevenir a acidose metabólica, é importante manter um tamponamento adequado durante o exercício físico. Os tampões químicos, como o bicarbonato, ajudam a neutralizar as substâncias produzidas durante o exercício físico intenso, permitindo que o corpo continue produzindo ATP de maneira eficiente (Amann, 2011). Esse processo também é importante para o desempenho atlético em altitudes elevadas, onde o ar contém menos oxigênio, o corpo produz

mais ácido láctico durante o exercício físico. Nesses casos, aumentar a capacidade de tamponamento pode ajudar a minimizar a acidose metabólica e consequentemente melhorar o desempenho atlético nessas condições (West, 2013).

No entanto, é importante notar que a capacidade de tamponamento fisiológica é limitada e a acidose metabólica pode se desenvolver se o exercício físico for muito intenso ou se o corpo não puder produzir tampões químicos suficientes para neutralizar os produzidos. Por isso, em alguns casos, a suplementação pode ser usada para melhorar o tamponamento e o desempenho atlético. Dessa maneira, o pH sanguíneo e o tamponamento têm um papel importante no desempenho do exercício físico na manutenção do equilíbrio ácido-base (Marriott *et al.*, 2015).

2.1.3 Suplementos nutricionais esportivos

O ser humano possui naturalmente a capacidade de resistir ao cansaço e a situações estressantes tanto física quanto psicológica. No entanto, essas adversidades podem causar distúrbios e doenças. Quando o corpo e a mente são levados ao extremo de sua capacidade, o ser humano pode sofrer diversos problemas de saúde. Contudo, é intrínseco do ser humano a busca incessante por superar seus limites, especialmente entre os atletas que buscam aumentar a capacidade de resistência e seu alto desempenho (Goodger *et al.*, 2007).

Nesse contexto, foram desenvolvidos suplementos com a finalidade de melhorar a massa muscular, força e resistência. Devido aos seus supostos efeitos, o uso de suplementos cresceu rapidamente a uma taxa anual estimada de 9% durante 2013-2019 (Naderi *et al.*, 2016). Os suplementos são amplamente consumidos no contexto esportivo, sendo que, 60 a 90% dos atletas consomem pelo menos algum tipo de suplementos, vitaminas/minerais, proteínas/aminoácidos, creatina, suplementos de ervas, cafeína, bebidas energéticas ou ácidos graxos, com o objetivo de melhorar o desempenho, índice de massa magra e a qualidade de vida (Knapik *et al.*, 2015). Isso é compartilhado por Rodrigues e Chaves (2016, p. 598), que afirmam que "a procura por suplementos alimentares, especialmente os proteico-energéticos, é cada vez mais comum entre os frequentadores de academias, cuja motivação é, principalmente, o ganho de massa muscular".

De acordo com Lancha Jr. (2008), a suplementação é definida como a ingestão pontual de um nutriente que pode estar ausente no organismo ou não ser obtido em quantidades suficientes na alimentação habitual, com o intuito de obter um efeito específico que supere a ingestão diária recomendada de diversos nutrientes. No contexto esportivo, os suplementos

podem aumentar a disponibilidade de nutrientes, como aminoácidos, proteínas e glicose, para a contração muscular do tecido esquelético, o que teoricamente resulta em maior substrato para a aquisição de massa magra corporal (Ribeiro *et al.*, 2019).

O aumento do consumo de suplementos nutricionais em ambientes esportivos como academias, ginásios e afins é uma realidade preocupante. Este aumento ocorre muitas vezes de maneira inadequada e sem orientação de um profissional e é influenciado pela facilidade de compra e pelas mídias digitais. No entanto, muitos destes suplementos nutricionais carecem de comprovação científica quanto à sua eficácia, e o seu registo muitas vezes não é realizado de acordo com normas adequadas, o que pode acarretar riscos para a saúde (Rodrigues & Chaves, 2016, p. 598).

É importante ressaltar que as práticas de algumas empresas farmacêuticas também contribuem para este consumo desenfreado de suplementos. Para contornar os rigorosos requisitos científicos para aprovação de medicamentos, estas empresas registam frequentemente as suas substâncias como suplementos alimentares e utilizam esta estratégia como meio de burlar o sistema regulatório priorizando seus interesses comerciais e comprometendo a integridade do sistema único de saúde, demonstrando sua fragilidade e a necessidade de uma fiscalização mais severa e transparente para garantir a segurança aos consumidores e a eficácia dos produtos disponíveis no mercado (Silva, 2020, p. 255).

Adicionalmente, estudos demonstram que deve-se ter cuidado ao ultrapassar os limites superiores das diretrizes de ingestão desses suplementos, além de ser improvável que proporcione quaisquer benefícios adicionais, na melhora do desempenho ou na força muscular durante o treino, pode comprometer a saúde e sobrecarregar os sistemas corporais (Antonio *et al.* 2015).

2.1.4 Suplementação com beta-alanina

Tanto a carnosina (CA) quanto a beta-alanina (BA) têm sido estudadas e relacionadas, por seus efeitos, à redução da fadiga muscular e melhora no desempenho físico durante o exercício (Artioli *et al.*, 2010). A BA é a precursora limitante da síntese de carnosina. Estudos mostraram que a suplementação com beta-alanina pode elevar significativamente os níveis de carnosina nas fibras musculares humanas, tanto do tipo I quanto do tipo II, conseqüentemente, ajuda a reduzir a acidose metabólica e a fadiga muscular durante treinamentos físicos em alta

intensidade (Brisola *et al.*, 2016; Blancquaert *et al.*, 2017). Isso oferece uma base para o papel ergogênico da suplementação de beta-alanina no exercício, conforme relatado por Miyamoto-Mikami *et al.*, 2018.

A beta-alanina vem sendo investigada por seu potencial efeito alcalinizante no corpo, o que pode contribuir para neutralizar a acidez produzida durante o metabolismo retardando a acidose metabólica. Além disso, a BA tem sido associada a uma série de outros benefícios para a saúde, como a redução da inflamação, melhora da função cardíaca e aumento do desempenho atlético. Apesar do mecanismo de ação da beta-alanina ainda não ser completamente compreendido, acredita-se que ela atue como um antioxidante e um alcalinizante promissor ajudando a neutralizar os radicais livres no corpo, atenuar a inflamação e estimular a saúde celular (Artioli *et al.*, 2010).

No que se refere aos efeitos fisiológicos da beta-alanina, os estudos mostram um potencial benéfico no desempenho físico e na resistência durante o exercício, uma vez que ajuda a reduzir o acúmulo de metabólitos nos músculos, o que pode atrasar a fadiga e melhorar a capacidade de exercício. Ainda, a redução da inflamação é associada às propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias do suplemento, um possível benefício para pessoas que sofrem de doenças inflamatórias crônicas, como a artrite. Outro efeito positivo é sua capacidade de aumentar a produção de óxido nítrico, um vasodilatador natural, o que contribui para a melhora da saúde cardiovascular. Ainda, a BA tem um efeito neuroprotetor, por ajudar a proteger as células do estresse oxidativo e outros danos (Brisola *et al.*, 2016).

Diversos estudos têm indicado resultados promissores com a suplementação de beta-alanina, como o aumento da carnosina muscular, melhorias na performance em exercícios anaeróbicos e de resistência (Sale *et al.*, 2012; Rosas *et al.*, 2017; Saunders *et al.*, 2017). Ainda, esses pesquisadores sugerem que os melhores resultados são observados em exercícios anaeróbicos com duração de 2 a 4 minutos, nos quais há elevado acúmulo de íons H^+ e maior concentração de acidose. Essas pesquisas mostraram que a suplementação com beta-alanina melhorou o trabalho em exercícios com duração de 60 a 240 segundos. No entanto, quando a duração foi inferior a 60 segundos, não houve respostas positivas.

Hobson *et al.*, (2012) realizaram um estudo, onde os voluntários consumiram 6,4 g de beta-alanina com doses sendo administradas oito vezes ao dia, fracionadas em quantidades (800 mg) para evitar o efeito colateral de parestesia e verificaram melhorias significativas nessa intervenção no aumento do volume de treinamento para beta-alanina em relação ao placebo,

assim como no aumento do número de repetições realizadas por exercício e na potência média. Sale *et al.*, 2012, também indicou benefícios da suplementação com beta-alanina, como o aumento da resistência isométrica dos extensores do joelho e da impulsão, bem como o retardo do aparecimento da fadiga muscular.

As recomendações da Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva (ISSN) sobre a Beta-alanina são: 1) 4 semanas de suplementação de beta-alanina (4-6 g por dia) aumenta significativamente as concentrações intramusculares de carnosina, agindo assim como um tampão de pH intracelular. 2) Atualmente é considerada segura nas doses recomendadas em populações saudáveis. 3) O único efeito colateral relatado é a parestesia, formigamento, mas estudos sugerem que isso pode ser reduzido dividindo-se em doses menores (1,6 g) ou usando uma formulação de liberação sustentada. 4) A suplementação diária com 4-6 g de beta-alanina durante pelo menos 2-4 semanas pode melhorar o desempenho atlético, com melhores resultados em tarefas contra-relógio com duração de 1-4 minutos. 5) A beta-alanina reduz a fadiga neuromuscular, principalmente em idosos. 6) A beta-alanina pode ser eficaz em combinação com outros suplementos de ingrediente único ou multi-ingrediente, desde que a suplementação de beta-alanina seja fornecida em quantidades suficientes (4-6g por dia) e por um período de tempo de pelo menos 4 semanas (Trexler *et al.* 2015).

Em suma, a beta-alanina é apontada como um antioxidante e um alcalino promissor. Ela pode ajudar a neutralizar os radicais livres no corpo, atenuar a inflamação e melhorar a saúde celular. Além disso, a BA pode ajudar a reduzir a concentração de metabólitos nos músculos, ajudando a reduzir a acidose metabólica e a fadiga muscular (Brisola *et al.*, 2016).

2.2. Efeitos fisiológicos e bioquímicos da beta-alanina

A beta-alanina é um aminoácido não essencial, produzido endogenamente, principalmente pelo fígado, com contribuições menores dos intestinos e dos rins, e não é proteinogênico, ou seja, não está envolvido na síntese de proteínas (Matthews; Traut, 1987). A Beta-alanina juntamente com a L-histidina, outro aminoácido, formam a carnosina, um dipeptídeo, encontrado em grandes quantidades no músculo esquelético e em outros tecidos (Varanoske *et al.*, 2017).

Os propostos efeitos ergogênicos atribuídos a beta-alanina estão relacionados à síntese da carnosina, um tamponante intramuscular que desempenha um papel importante na

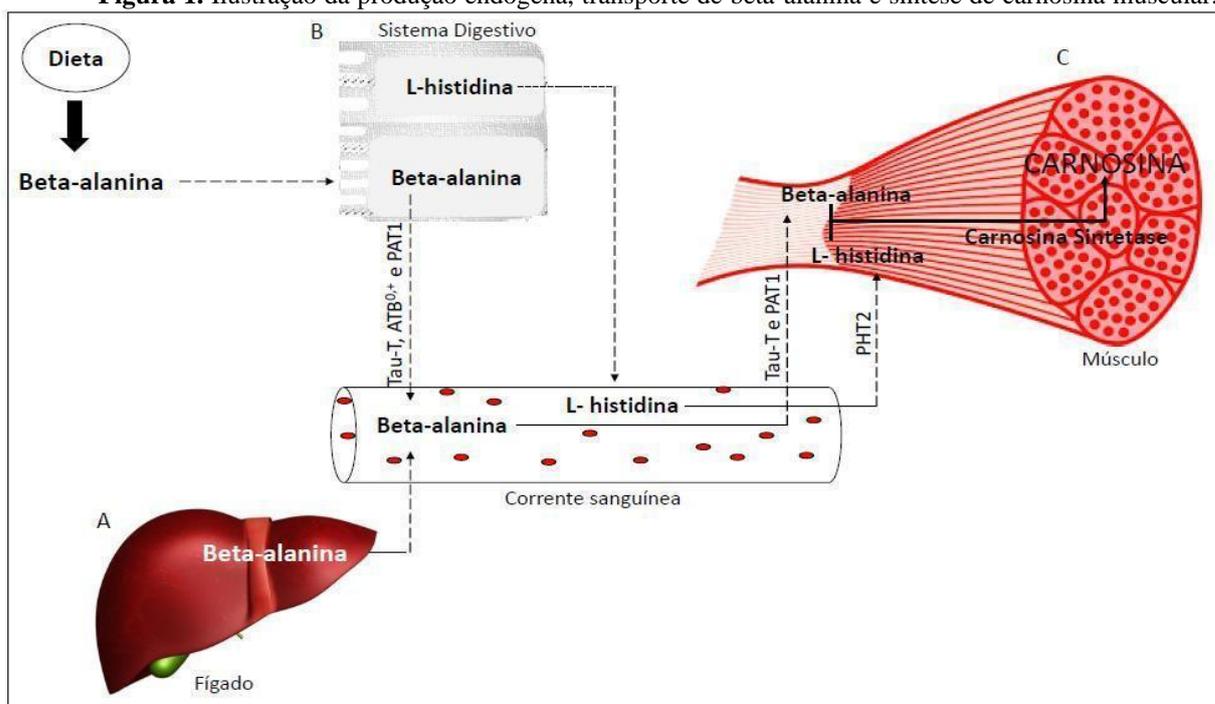
manutenção do equilíbrio ácido-base dentro das células musculares. Essa capacidade de tamponamento se deve à sua estrutura química, que lhe permite neutralizar os íons de hidrogênio (H^+), subprodutos do metabolismo energético muscular durante o exercício intenso (Miyamoto-Mikami *et al.*, 2018). A carnosina também pode bloquear outros íons, como bicarbonato e fosfato inorgânico, contribuindo para a eficiência energética e funcionalidade muscular durante o exercício, conforme observado por Hill *et al.* 2007.

Durante o exercício intenso, os músculos alcançam níveis elevados de íons de hidrogênio, o que pode causar uma queda significativa no pH do músculo, levando a fadiga muscular e à redução do desempenho. A presença de carnosina nos músculos, cuja concentração é aumentada pela suplementação de beta-alanina, pode ajudar a neutralizar esses íons de hidrogênio atrasando a queda do pH muscular, reduzindo a fadiga e melhorando a resistência e o desempenho durante o exercício (Miyamoto-Mikami *et al.*, 2018).

A beta-alanina é produzida endogenamente no fígado como resultado da degradação da uracila, sendo apenas uma pequena parte degradada em CO_2 . Experimentos mostraram que a principal função desse processo é a produção de beta-alanina, e não a degradação total de uracila. A disponibilidade de BA é influenciada majoritariamente pela alimentação, uma dieta onívora típica fornece cerca de 300 a 550 mg/d (Lancha Jr, 2019). Quando a beta-alanina é ingerida através da dieta ou suplementação, ela é absorvida no sistema digestivo e transportada para a corrente sanguínea por meio de três proteínas, sendo o transportador intestinal (ATB^{0+}) o mais importante é captada pelo tecido muscular via transportador TauT ou PAT1 (Harris *et al.*, 2007; Artioli *et al.*, 2010).

Dentro da fibra muscular, a beta-alanina é associada à l-histidina, sob a ação da enzima carnosina sintase (Anderson *et al.*, 2008). A l-histidina sendo mais abundante no organismo humano e apresentando maior afinidade com a enzima carnosina sintase, faz com que a beta-alanina seja o precursor limitante da reação de síntese da carnosina. A BA apresenta alto K_m (constante de Michaelis-Menten) em relação à l-histidina, o que acelera a realização da síntese de carnosina, porém o corpo possui uma capacidade limitada de absorção e quando a concentração de beta-alanina e carnosina no organismo são excessivas, são eliminadas pela urina (Harris *et al.*, 2006). A Figura 1 ilustra a associação da beta-alanina com a l-histidina e a síntese de carnosina no músculo.

Figura 1. Ilustração da produção endógena, transporte de beta-alanina e síntese de carnosina muscular.



Síntese endógena de beta-alanina pelo fígado (A); absorção de beta-alanina na dieta pelo sistema digestivo e seu transporte (B); captação de beta-alanina, L-histidina e síntese de carnosina pelo músculo, mediada pela enzima carnosina sintetase (C). Adaptado de Harris *et al.* (2006) e Artioli *et al.* (2010). Baseado nos dados de Asatoor *et al.* (1970), Bakardjiev e Bauer, (1994), Bauer e Schulz, (1994), Everaert *et al.* (2013).

O único efeito colateral relacionado à beta-alanina é a parestesia, uma sensação de formigamento ou ardor na pele principalmente em áreas das mãos, pés, pescoço, couro cabeludo e rosto. Isso ocorre devido à ativação de neurônios sensoriais da pele pela ativação de genes relacionados ao receptor Mas (Mrg) - Receptores Acoplados à Proteína G, apesar do desconforto gerado esse efeito é considerado inofensivo à saúde e costuma ser passageiro (Trexler, 2015).

A duração e a intensidade dessa sensação variam entre os indivíduos e geralmente diminuem após algumas semanas de suplementação e pode ser atenuada com a administração de doses fracionadas ao longo do dia ou com comprimidos de liberação sustentada (Miyamoto-Mikami *et al.*, 2018). Church *et al.* (2017) demonstrou que doses de até de 800 mg podem reduzir praticamente 100% desse efeito colateral, reforçando que o fracionamento é uma estratégia eficaz para diminuir a parestesia.

Sendo assim, a beta-alanina é um aminoácido promissor no campo do desempenho esportivo que graças às suas propriedades de tamponamento pode ajudar a melhorar a tolerância ao exercício e reduzir a fadiga muscular durante o exercício intenso. Além disso, também tem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias que podem contribuir na recuperação pós-exercício e reduzir o risco de lesões musculares (Brisola *et al.*, 2016).

3. OBJETIVOS

GERAL

Avaliar os estudos de modo a construir uma evidências sobre os efeitos da suplementação com beta-alanina no desempenho físico e na fadiga muscular em exercícios de alta intensidade, por meio de uma revisão sistemática em acordo com as diretrizes PRISMA.

ESPECÍFICOS

Determinar se a suplementação de β -alanina na dieta potencializa os marcadores moderadores no desempenho do exercício físico de alta intensidade;

Avaliar o impacto da suplementação na fadiga muscular;

Verificar a eficácia da Beta-alanina em diferentes modalidades esportivas;

Identificar uma possível dose responsiva da suplementação;

Comparar os resultados no ciclismo.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, H. Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. *Biochemistry. Biokhimiia*, 65(7), 757–765.

AMANN, M. J. Central and peripheral fatigue: interaction during cycling exercise in humans. *Medicine Science in Sports Exercise*, Hagerstown, v. 43, n. 11, p. 2039-2045, 2011.

ANDERSON CM, GANAPATHY V, THWAITES DT. Human solute carrier SLC6A14 is the beta-alanine carrier. *The Journal of Physiology*, 586:17; 4061-4067; 2008.

ANTIOXIDANTS, Free Full-Text, Carnosine, Small but Mighty—Prospect of Use as Functional Ingredient for Functional Food Formulation. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/7/1037>. Acesso em: 29 jul. 2023.

ANTONIO, Jose et al. A High Protein Diet Has No Harmful Effects: a one-year crossover study in resistance-trained males. *Journal Of Nutrition And Metabolism*, [S.L.], v. 2016, p. 1-5, 2016. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9104792>.

ARTIOLI, G. G. et al. The role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42: 1162-1173; 2010.

BAGUET A, BOURGOIS J, VANHEE L, ACHTEN E, DERAIVE W. Important role of muscle carnosine in rowing performance. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)* vol. 109,4 (2010): 1096-101. doi:10.1152/jappphysiol.00141.2010

BLANCQUAERT L, Everaert I, Missinne M, Baguet A, Stegen S, Volkaert A, Petrovic M, Vervaet C, Achten E, DE Maeyer M, DE Henauw S, Derave W. Effects of Histidine and β -alanine Supplementation on Human Muscle Carnosine Storage. *Med Sci Sports Exerc.* 2017 Mar;49(3):602-609. doi: 10.1249/MSS.0000000000001213. PMID: 28106620.

BOUZAS, J.C.M.; et al. Creatina: estratégia ergogênica no meio esportivo: uma breve revisão. *Rev. de Atenção à Saúde*, v. 13, n o 43, jan./mar. 2015, p. 52-60. 2014.

BRISOLA, Gabriel Motta Pinheiro et al. Effects of Four Weeks of β -Alanine Supplementation on Repeated Sprint Ability in Water Polo Players. *Plos One*, [S.L.], v. 11, n. 12, p. 0167968, 8 dez. 2016. *Public Library of Science (PLoS)*. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0167968>.

CARNOSINE: can understanding its actions on energy metabolism and protein homeostasis inform its therapeutic potential? *BMC Chemistry*, Full Text. Disponível em: <https://bmcchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13065-020-00674-4>. Acesso em: 29 jul. 2023.

CARVALHO, J., DE OLIVEIRA, B. N., MACHADO, A. A. N., MACHADO, E. P., DE OLIVEIRA, B. N. *Uso de suplementação alimentar na musculação: revisão integrativa da literatura brasileira*. Conexões, v. 16, n. 2, p. 213-225, 2018.

CHURCH, D. D., HOFFMAN, J. R., VARANOSKE, A. N., WANG, R., BAKER, K. M., LA MONICA, M. B., BEYER, K. S., DODD, S. J., OLIVEIRA, L. P., HARRIS, R. C., FUKUDA,

D. H., & STOUT, J. R. (2017). Comparison of Two β -Alanine Dosing Protocols on Muscle Carnosine Elevations. *Journal of the American College of Nutrition*, 36(8), 608–616. <https://doi.org/10.1080/07315724.2017.1335250>

DEBOLD, E. P. et al. Muscle Fatigue from the Perspective of a Single Crossbridge. *Medicine and science in sports and exercise*, v. 48, n. 11, p. 2270–2280, nov. 2016.

FIELD, A. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage, 2013.

GLADDEN, L. B. *Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium*. *J Physiol*, v. 558, p. 5–30, 2004.

GOODGER, Kate et al. Burnout in Sport: A Systematic Review. *Sport Psychologist*, v. 21, n. 2, p. 127-151, 2007. DOI: 10.1123/tsp.21.2.127.

HARRIS RC, TALLON MJ, DUNNETT M, et al. The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*, 3: 279-289; 2006.

HOBSON, R. M.; SAUNDERS, B.; BALL, G.; HARRIS, R. C.; SALE, C.. Effects of β -alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids*, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 25-37, 24 jan. 2012. Springer Science and Business Media LLC.

KASPER, Dennis L.; FAUCI, Anthony S.; HAUSER, Stephen L.; LONGO, Dan L.; JAMESON, J. Larry; LOSCALZO, Joseph. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 20. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill Education, 2018.

KNAPIK, Joseph J. et al. Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 103-123, 6 out. 2015. Springer Science and Business Media LLC.

LANCHA JUNIOR, A. H. et al. Nutritional Strategies to Modulate Intracellular and Extracellular Buffering Capacity During High-Intensity Exercise. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), v. 45 Suppl 1, p. S71-81, nov. 2015.

LANCHA JUNIOR, A. H. et al. *Nutrição e metabolismo do exercício*. 4. ed. São Paulo: Manole, 2019.

LEAF, Alex et al. Os efeitos da alimentação excessiva na composição corporal: o papel da composição de macronutrientes - *uma revisão narrativa*. *Int J Exerc Sci.*, Online, v. 8, n. 10, p. 75-96, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5786199/>. Acesso em: 25 out. 2021.

LOTURCO I, DIAZ D, IZQUIERDO M. Effects of Plyometric Training and Beta- Alanine Supplementation on Maximal-Intensity Exercise and Endurance in Female Soccer Players. *Journal of Human Kinetics* volume, 58: 99-109; 2017.

MARRIOTT, M.; KRUSTRUP, P.; MOHR, M. J. Ergogenic effects of caffeine and sodium bicarbonate supplementation on intermittent exercise performance preceded by intense arm cranking exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, London, v. 12, n. 1, p. 13, 2015.

MATTHEWS, J. J. et al. The Physiological Roles of Carnosine and β -Alanine in Exercising Human Skeletal Muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 51, n. 10, p.

MCHUGH, M. P., & Nesse, M. (2008). Effect of stretching on strength loss and pain after eccentric exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(3), 566-573.

MIYAMOTO-MIKAMI et al. "Gene expression profile of muscle adaptation to high-intensity intermittent exercise training in young men." *Scientific reports* vol. 8,1 16811. 14 Nov. 2018, doi:10.1038/s41598-018-35115-x.

NADERI, Alireza et al. Timing, Optimal Dose and Intake Duration of Dietary Supplements with Evidence-Based Use in Sports Nutrition. *Journal Of Exercise Nutrition & Biochemistry*, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 1-12, dez. 2016. Korea Society for Exercise Nutrition.

NORDSBORG, Nikolai; BANGSBO, Jens; PILEGAARD, Henriette. Effect of high-intensity training on exercise-induced gene expression specific to ion homeostasis and metabolism. *Journal of applied physiology*, v. 95, n. 3, p. 1201-1206, 2003.tic Review. Sport Psychologist. 21. 127-151. 10.1123/tsp.21.2.127.

ROSAS F, RAMÍREZ-CAMPILLO R, MARTÍNEZ C, CANIUQUEO A, CAÑAS- JAMET R, MCCRUDDEN E, MEYLAN C, MORAN J, NAKAMURA FY, PEREIRA LA, RIBEIRA, M. Análise de microalbuminúria em praticantes de atividade física sob suplementação proteica. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 52, n. 1, p. 71-6, 2020.

RENAUD JM, ØRTENBLAD N, MCKENNA MJ, OVERGAARD K. Exercise and fatigue: integrating the role of K⁺, Na⁺ and Cl⁻ in the regulation of sarcolemmal excitability of skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol*. 2023 Nov;123(11):2345-2378. doi: 10.1007/s00421-023-05270-9. Epub 2023 Aug 16. PMID: 37584745; PMCID: PMC10615939.

RIBEIRO, Alex S. et al. Effects of Different Dietary Energy Intake Following Resistance Training on Muscle Mass and Body Fat in Bodybuilders: a pilot study. *Journal Of Human Kinetics*, [S.L.], v. 70, n. 1, p. 125-134, 30 nov. 2019. Walter de Gruyter GmbH.

ROBERGS, R. A. et al. of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, v. 287, p. 502–516, 2004.

RODRIGUES A; CHAVES B. Benefícios da suplementação de whey protein para a saúde humana. *EFDeportes.com* [Internet], v. 18, n. 187, p. 1-10. 2019. Disponível em: <http://efdeportes.com/efd187/beneficios-da-suplementacao-de-whey-protein.htm>. Acesso em: 25 out. 2021.

ROZENEK R. et al. Effects of high-calorie supplements on body composition and muscular strength. *J Sports Med Phys Fitness*, v. 42, p. 340–7. 2002. Disponível em: <https://paulogentil.com/pdf/Effects%20of%20high-calorie%20supplements%20on%20body%20composition%20and%20muscular%20strength.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.

SALE C, HILL CA, PONTE J, HARRIS RC. Beta-alanine supplementation improves isometric endurance of the knee extensor muscles. *J Int Soc Sports Nutr*, 9: 26; 2012.

SAUNDERS, B. et al. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, v. 51, p. 658–669, 2017.

SILVA, A. B. (2020). Estratégias de Registro de Medicamentos e Suplementos: Um Exame Crítico. *Journal of Health Regulation*, 12(3), 245-262. DOI: 10.1234/jhr.2020.56789.

SOUZA, R. S. *Consumo de suplementos alimentares associado à atividade física: uma revisão de literatura*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso.

TREXLER, E. T.; SMITH-RYAN, A. E.; STOUT, J. R.; HOFFMAN, J. R.; WILBORN, C. D.; SALE, C.; KREIDER, R. B.; JÄGER, R.; EARNEST, C. P.; BANNOCK, L.; CAMPBELL, B.; KALMAN, D.; ZIEGENFUSS, T. N.; ANTONIO, J. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, v. 12, 30, 15 jul. 2015. DOI: 10.1186/s12970-015-0090-y. Disponível em: <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-015-0090-y>.

THOMPSON, R.; SMITH, K.; DAVIDSON, T. Fisiopatologia da rabdomiólise: implicações para o tratamento. *Clinical Journal of Sport Medicine*, v. 40, n. 1, p. 56-62, 2019.

VIRTANEN, P. et al. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods*, v. 17, p. 261-272, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>. Acesso em: 29 de abril de 2024.

WEST, John B. *Fisiologia respiratória princípios básicos: Volume Único*. 9ª Edição. Artmed, 2013.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D. G.; LÄNNERGREN, J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause?. *News in Physiological Sciences*, v. 17, n. 1, p. 17-21, 2002. DOI: 10.1152/physiologyonline.2002.17.1.17.

5. APÊNDICES

5.1 Artigo: Revista Science & Sports (Qualis B1)

<https://www.elsevier.com/journals/science-and-sports/0765-1597/guide-for-authors>

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE B-ALANINA NO DESEMPENHO DO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE

EFFECTS OF B-ALANINE SUPPLEMENTATION ON PHYSICAL EXERCISE PERFORMANCE: A SYSTEMATIC REVIEW WITH META-ANALYSIS

EFFETS DE LA SUPPLÉMENTATION EN B-ALANINE SUR LA PERFORMANCE PHYSIQUE: UNE REVUE SYSTÉMATIQUE AVEC MÉTA-ANALYSE

Biana Roque de Vasconcelos³, Evelin Vasconcelos⁴, Ricardo Fernandes⁵, Pablo Crhistiano Lollo Barboza⁶,

RESUMO

Objetivos: Avaliar os estudos existentes para construir evidências sobre os efeitos da suplementação com beta-alanina no desempenho físico e na fadiga muscular em exercícios de alta intensidade, por meio de uma revisão sistemática em acordo com as diretrizes PRISMA.

Atualidades: A suplementação com beta-alanina (β -alanina) é utilizada como uma estratégia ergogênica por praticantes de esportes, visando ampliar a capacidade de desempenho. No entanto, há necessidade de compreender melhor os resultados dessa suplementação em diferentes esportes. **Métodos:** Foram escolhidas as seguintes bases de dados: EMBASE, PubMed/Medline e EBSCO SPORTDiscus. Além disso, buscas na literatura cinzenta foram realizadas para ampliar a cobertura do tema, utilizando os descritores: "Beta-alanina e exercício" combinados pelo operador booleano AND. Foram encontrados 2.242 artigos. Após a remoção das duplicatas (n=462), restaram 1.780 trabalhos, dos quais 1.757 foram excluídos

³ Faculdade de Ciências da Saúde (FCS), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970, Dourados, MS, Brasil. Email: biana490@gmail.com

⁴ Faculdade de Direito e Relações Internacionais (FADIR), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) universitária

⁵ Professor na Faculdade de Ciências da Saúde (FCS), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970, Dourados, MS, Brasil

⁶ Professor na Faculdade de Educação (FAED) e na Faculdade de Ciências da Saúde (FCS), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

após a análise de títulos e resumos. A leitura completa foi feita em 23 estudos, e 13 atenderam aos critérios para inclusão na revisão. **Resultados:** Os resultados sugerem que a suplementação de β -alanina não demonstrou benefícios significativos no desempenho do exercício físico e na melhora da fadiga. Observou-se que os efeitos positivos foram inconclusivos e limitados, influenciados por variáveis como população, tipo e duração do exercício e dosagem. **Conclusão:** Esta revisão destaca o potencial da beta-alanina como suplemento, mas também demonstra a necessidade de pesquisas futuras para melhor elucidar sua eficácia e condições ideais de uso.

Palavras-chave: Atletas; Aminoácidos; Suplementos Nutricionais.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate existing studies to build evidence on the effects of beta-alanine supplementation on physical performance and muscle fatigue during high-intensity exercises through a systematic review following PRISMA guidelines. **News:** Beta-alanine (β -alanine) supplementation is used as an ergogenic strategy by sports practitioners aiming to enhance performance capacity. However, there is a need to better understand the results of this supplementation in different sports. **Methods:** The following databases were chosen: EMBASE, PubMed/Medline, and EBSCO SPORTDiscus. Additionally, grey literature searches were conducted to broaden the theme coverage, using the descriptors: "Beta-alanine and exercise" combined with the boolean operator AND. A total of 2,242 articles were found. After removing duplicates (n=462), 1,780 papers remained, of which 1,757 were excluded after title and abstract analysis. Full-text reading was conducted for 23 studies, and 13 met the criteria for inclusion in this review. **Results:** The results suggest that beta-alanine supplementation did not show significant benefits in physical exercise performance and fatigue improvement. It was observed that the positive effects were inconclusive and limited, influenced by variables such as population, type and duration of exercise, and dosage. **Conclusion:** This review highlights the potential of beta-alanine as a supplement but also demonstrates the need for future research to better elucidate its efficacy and optimal usage conditions.

Keywords: Athletes; Amino Acids; Nutritional Supplements

RÉSUMÉ

Objectifs: Évaluer les études existantes pour construire des preuves sur les effets de la supplémentation en bêta-alanine sur la performance physique et la fatigue musculaire lors d'exercices de haute intensité à travers une revue systématique suivant les directives PRISMA.

Actualités: La supplémentation en bêta-alanine (β -alanine) est utilisée comme stratégie ergogénique par les pratiquants de sport visant à améliorer la capacité de performance.

Cependant, il est nécessaire de mieux comprendre les résultats de cette supplémentation dans différents sports. **Méthodes:** Les bases de données suivantes ont été choisies: EMBASE,

PubMed/Medline, et EBSCO SPORTDiscus. De plus, des recherches dans la littérature grise ont été effectuées pour élargir la couverture du thème, en utilisant les descripteurs: "Bêta-alanine et exercice" combinés avec l'opérateur booléen AND. Un total de 2 242 articles ont été

trouvés. Après suppression des doublons ($n=462$), 1 780 articles sont restés, dont 1 757 ont été exclus après analyse des titres et résumés. La lecture complète a été effectuée pour 23 études,

et 13 ont répondu aux critères pour inclusion dans cette revue. **Résultats:** Les résultats suggèrent que la supplémentation en bêta-alanine n'a pas montré de bénéfices significatifs sur

la performance physique et l'amélioration de la fatigue. Il a été observé que les effets positifs étaient inconclusifs et limités, influencés par des variables telles que la population, le type et la

durée de l'exercice, et le dosage. **Conclusion:** Cette revue met en évidence le potentiel de la bêta-alanine en tant que supplément, mais démontre également la nécessité de recherches

futures pour mieux élucider son efficacité et ses conditions d'utilisation optimales.

Mots-clés: Athlètes; Acides Aminés; Suppléments Nutritionnels

INTRODUÇÃO

A suplementação com beta-alanina (β A ou β -Alanina) é amplamente utilizada como uma estratégia ergogênica por praticantes de esportes, visando aumentar a capacidade de desempenho¹. A β -alanina é um aminoácido não proteínogênico e é o substrato limitante da taxa na síntese de carnosina intramuscular. Estudos indicam que uma suplementação de 4 a 10 semanas com BA aumenta a concentração de carnosina muscular².

Embora pesquisas apontem a eficiência da suplementação de β -alanina em atividades de alta intensidade, ainda existem discordâncias sobre seus efeitos em diferentes modalidades esportivas dificultando a recomendação da suplementação em diferentes exercícios³.

A carnosina atua como um agente tamponante físico-químico devido ao seu anel imidazólico pKa de 6,83 e relativa semelhança com o pH intracelular (6,5) e exerce um papel importante no desempenho do exercício e na homeostase muscular⁴. No músculo esquelético humano, atuam como um tampão de pH intracelular, modulando o metabolismo energético, regulando o manuseio de Ca e a sensibilidade dos miofilamentos e eliminando espécies reativas. Evidências sugerem que a carnosina também pode atuar como um trocador Ca-H citoplasmático e formar conjugados estáveis com aldeídos reativos induzidos por exercícios. A natureza enigmática da carnosina significa que ainda há muito a aprender sobre suas ações e aplicações em exercícios, saúde e doenças⁵.

É importante ressaltar que a produção endógena de β -alanina ocorre principalmente pela degradação hepática de uracil e resulta em apenas pequenas quantidades de síntese de carnosina no músculo⁶. A β -alanina também está presente em produtos de carne e peixe; no entanto, confiar na ingestão de BA da dieta pode não ser suficiente ou eficiente, pois 200 g de frango precisam ser consumidos para aumentar a biodisponibilidade plasmática da concentração de β -alanina na mesma extensão que um suplemento de 800 mg⁶. Para resultados positivos no desempenho físico, a recomendação é ingerir diariamente 3,2–6,4 g/dia de β -alanina por 2–4 semanas⁷. Assim, a suplementação exógena de β -alanina parece ser a mais eficaz para aumentar as concentrações de carnosina muscular⁸.

Com base no exposto, torna-se importante compreender melhor os resultados da suplementação com β -alanina para o desempenho do exercício físico em diferentes esportes. Sendo assim, o objetivo principal deste estudo é realizar uma revisão sistemática das evidências sobre os efeitos da suplementação com beta-alanina no desempenho físico e na fadiga muscular em exercícios de alta intensidade. Especificamente, busca-se determinar se a suplementação de β -alanina na dieta melhora os marcadores moderadores no desempenho do exercício físico de alta intensidade; avaliar o impacto da suplementação na fadiga muscular; verificar sua eficácia em diferentes modalidades esportivas, e comparar os resultados dos estudos na modalidade esportiva, ciclismo.

Como resultados, esperamos obter novas evidências científicas e uma análise atual sobre os efeitos da suplementação com beta-alanina no desempenho do exercício físico e na fadiga

muscular, buscando contribuir nas futuras tomadas de decisões, podendo poupar tempo e recursos para os praticantes, caso a eficácia seja comprovada na modalidade praticada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Design do Estudo: Este estudo consiste em uma revisão sistemática realizada seguindo as diretrizes do método (PRISMA) *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses*¹⁰. A revisão foi desenvolvida em três etapas principais: planejamento, execução e escrita.

Planejamento: Durante a etapa do planejamento foi realizado todo o aprofundamento teórico necessário para iniciar a revisão, e também uma pesquisa preliminar nas bases de dados para verificar se há estudos compatíveis com o objeto da pesquisa. A equipe de trabalho foi composta por três pessoas responsáveis pela extração dos dados e seleção dos artigos, assim como, definição os critérios de inclusão e exclusão e posterior análise e descrição dos dados. O orientador e o coorientador, orientaram em todo processo da pesquisa.

Os critérios de elegibilidade para seleção dos artigos foram

A formulação dos critérios de elegibilidade seguiu o acrônimo (PICOS)¹⁰ (anexo 1).

P (População): Adultos saudáveis, segundo a OMS; Atletas recreativos e profissionais

I (Intervenção): Suplementação crônica de beta-alanina;

C (comparação): Grupos controle recebendo placebo;

O (Desfecho): Desempenho no exercício físico;

S (Tipo de Estudo): Ensaios clínicos randomizados duplo-cegos.

Os critérios de inclusão foram: ensaios clínicos randomizados, duplo-cegos, com grupos controle, investigando os efeitos da suplementação de β -alanina no desempenho do exercício, que apresentaram informações claras sobre a administração de BA; com participação de adultos saudáveis e/ou atletas com idade entre 18 até 59 anos, segundo a OMS; Os estudos devem apresentar a ingestão crônica de BA com no mínimo de quatro semanas de duração, conforme as recomendações da International Society of Sports Nutrition¹¹.

Os critérios de exclusão foram: estudos conduzidos com pessoas doentes ou fora da faixa etária estabelecida, pesquisas que utilizaram dose única de beta-alanina e que não utilizaram o tempo mínimo de quatro semanas de suplementação, uma vez que a carnosina é acumulativa e uma dose única não apresentaria aumentos significativos em sua concentração e que o tempo mínimo para que apresentasse benefícios é de quatro semanas^{1,3}. Também foram excluídas pesquisas que combinaram outros recursos ergogênicos e/ou anabólicos, e estudos cruzados devido ao longo período de eliminação da carnosina no músculo esquelético após a suplementação de beta-alanina⁶.

Estratégias de pesquisas

Uma busca eletrônica da literatura foi realizada em três plataformas. As bases de dados foram selecionadas considerando a área de atuação e abrangência. EBSCO SPORTDiscus (Educação Física, Medicina Esportiva; abrangência mundial) Medical Literature Analyses and Retrieval System Online, PubMed/MEDLINE (Ciências da Saúde; abrangência mundial) e EMBASE biomedical answers (Ciências da Saúde; abrangência mundial). Também consultamos a plataforma da CAPES para acessar informações adicionais da literatura cinzenta, como teses de doutorado, dissertações de mestrado e relatórios técnicos. Ainda, foi verificada a lista de referências das revisões mais relevantes para garantir que nenhum estudo importante não fosse incluído.

As buscas foram realizadas mediante o cruzamento dos seguintes Descritores de Ciências da Saúde (DeCS) e na biblioteca de Descritores de Assuntos Médicos (Medical Subject Headings - MeSH): “Beta-alanina e Exercício Físico” combinados através do operador booleano AND, na plataforma EMBASE utilizamos o filtro para estudos clínicos randomizados.

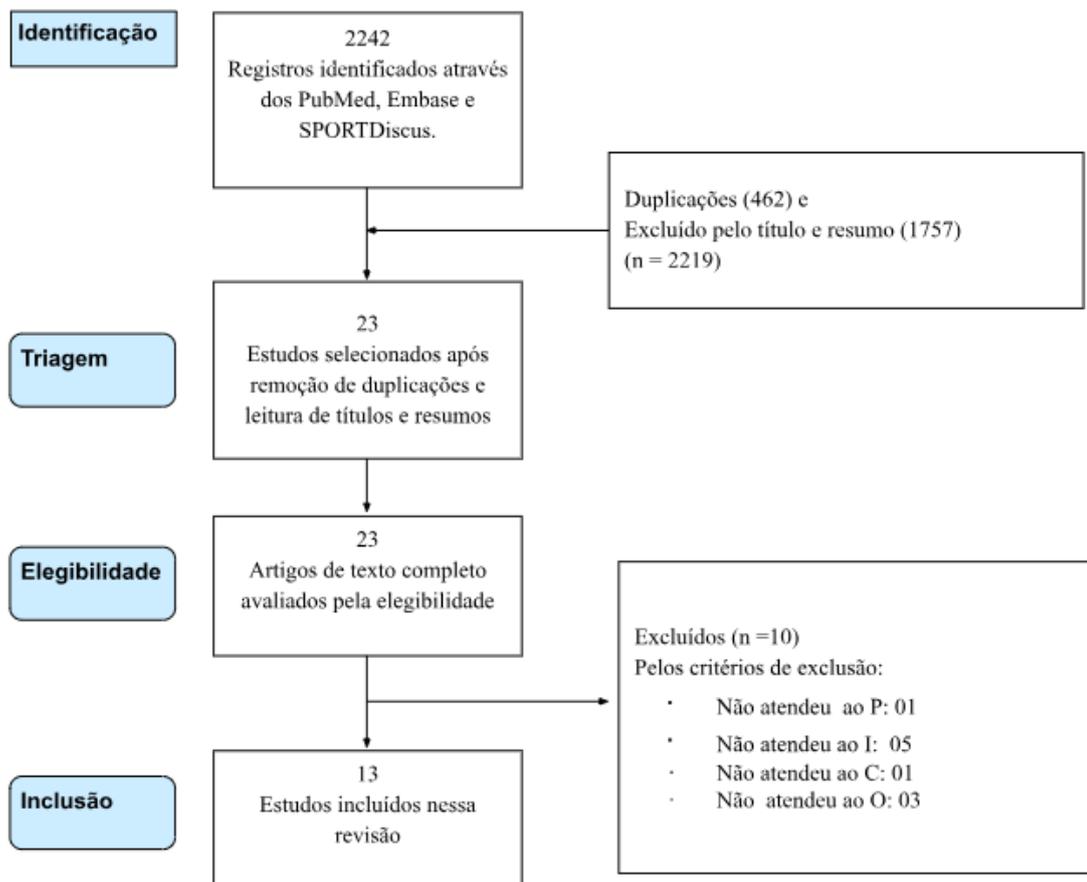
Incluímos todos os estudos com humanos, publicados em qualquer idioma até novembro de 2023. Com isso, foram encontrados 2.242 artigos, sendo 943 no EMBASE, 1.023 no PubMed e 276 no SPORTDiscus. Após a remoção de duplicatas (n=462), restaram 1.780 artigos, dos quais 1.757 foram excluídos após a análise de títulos e resumos. Os estudos com adequação questionável foram incluídos nesta fase e a decisão final foi tomada na fase seguinte. Sendo assim, foi feita a leitura na íntegra de 23 estudos, dos quais 13 atenderam os critérios de inclusão estabelecidos para esta revisão, conforme detalhado no fluxograma na figura 2.

Extração dos Dados:

Dois revisores extraíram os dados de forma independente, utilizando um formulário padronizado no Microsoft Excel. Um revisor pesquisou os bancos de dados, e removeu as duplicatas. Depois, dois revisores avaliaram cegamente a elegibilidade dos estudos pelos títulos e resumos através da plataforma Rayyan¹². Após o término da seleção individual o cegamento foi desativado para comparação dos resultados. As discrepâncias foram resolvidas por consenso, com um terceiro revisor deliberando quando necessário.

Os dados extraídos incluíram: autor, título e ano; desenho do estudo; tamanho da amostra; idade e sexo dos participantes; tipo e duração do exercício físico; dosagem e tempo de ingestão de Betalanina; nível de exaustão e se houve efeito significativo considerando $P \leq 0,05$. O processo foi delineado em um fluxograma PRISMA¹⁰ adaptado para o propósito. Para a extração de dados foi utilizada uma planilha do Microsoft® Excel® LTSC MSO (16.0.14326.20164) 64 bits. Na tabela 3 foram apresentadas as informações encontradas nos artigos que compuseram as referências deste trabalho.

Fig. 2 Fluxograma de seleção de estudos. Adaptado do fluxograma PRISMA.



Análise dos Dados:

Todas as medidas de resultados foram convertidas em tamanhos de efeito para padronizar os dados. Tempo de duração da intervenção em semanas; quantidade total ingerida da suplementação em gramas; o tempo do exercício em segundos. Foram analisadas as seguintes variáveis: Duração e intensidade do exercício, tipo de exercício, tempo de uso de Beta-alanina, dose e frequência. Desempenho físico e fadiga. As estatísticas descritivas, como médias e desvios padrão, foram calculadas usando Python (bibliotecas Pandas e NumPy).

Foram efetuados testes de ANOVA para investigar a relação entre a dosagem de beta-alanina e a idade dos participantes com a significância dos efeitos observados utilizando a biblioteca SciPy do Python. Adicionalmente, foi realizada uma meta-análise para analisar os resultados dos estudos individuais e fornecer uma estimativa geral do efeito da suplementação de beta-alanina em exercícios de alta intensidade. A pesquisa foi registrada no PROSPERO (Registro internacional Prospectivo de Revisões Sistemáticas)¹⁴.

As fórmulas utilizadas para o cálculo das médias (μ) e dos desvios padrão (σ) foram:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

Onde N é o número de observações e x é cada valor observado.

Para a ANOVA, foram formuladas as seguintes hipóteses:

Hipótese Nula (H^0): Não há diferença significativa nas médias entre os grupos.

Hipótese Alternativa (H^1): Existe pelo menos uma diferença significativa nas médias entre os grupos.

Risco de Viés:

Para avaliar o risco de viés foi utilizado o (RoB 2.0)¹³. A principal autora realizou a verificação e abrangeu o processo de randomização, a adesão à intervenção proposta, a integridade e a objetividade dos dados de desfecho, e o relato seletivo de resultados. A análise dos artigos indicou que 11 estudos apresentaram um baixo risco de viés em todos os domínios, enquanto 2 pesquisas demonstraram risco incerto. Estes resultados indicam que as conclusões apresentadas são metodologicamente confiáveis, reforçando as evidências científicas sobre os possíveis benefícios ou limitações da suplementação de beta-alanina. Os resultados da análise estão na Tabela 2 em anexo.

RESULTADOS

Para melhor visualização e compreensão as principais informações de cada estudo foram sintetizadas e organizadas na tabela 3 da seguinte maneira: 1) Autor e ano; 2) Desenho de estudo; 3) Tamanho da amostra (N) 4) Idade e sexo dos participantes; 5) Tipo de exercício; 6) Intervenção detalhada; 7) Dosagem de Beta-alanina em gramas e Tempo de ingestão em semanas; 9) Nível de exaustão e variáveis avaliadas e 10) Resultados.

Tabela 3 - Características dos Estudos Incluídos

Autor (ano) País	Desenho	Amostra (N)	Idade e sexo dos participantes	Tipo de exercício	Controle	Intervenção	Dosagem e Tempo de ingestão de Beta Alanina	Nível de exaustão	Efeito Significativo
Norberto M.S. et.al. (2020) ¹ ; BRASIL	Ensaio clínico randomizado, duplo-cego, controlado por placebo	13 Nadadores profissionais	08 Homens 20,25 ± 1,98 e 05 mulheres 20,0 ± 2,92 anos	Natação	Nadadores competitivos que ingeriram cápsulas de placebo (amido), com a mesma aparência, tamanho e peso das cápsulas de beta-alanina. Todos os, seguiram o mesmo protocolo de treinamento durante o período de suplementação.	Luta máxima de nado livre de 400 m e um esforço total de nado amarrado de 30 segundos (30TS) com um intervalo de 48 horas entre cada esforço, antes e depois do período de suplementação.	4,8 g/dia – 1 de β-alanina 6 semanas	(VO ₂ max), Desempenho no nado de 400 metros, Força máxima (PF), Força média (MF), Índice de fadiga (FI), Impulso (IM); Alta intensidade	Não P = 0,008 O grupo controle apresentou mudanças significativas apenas devido ao treinamento, com redução de Lactato, participação anaeróbica láctica, e índice de fadiga, mas essas mudanças não foram atribuídas à suplementação.
Samadi et al. (2022) ² ; IRÃ	Desenho experimental prospectivo e de intervenção	20 militares recreativamente ativos	Homens entre 19 e 25 anos 21.5 ± 1.5	Treinamento militar Sprint	Consumiu um placebo isocalórico composto por farinha de arroz. A dose foi distribuída da mesma forma que a beta-alanina, em oito cápsulas ao longo do dia.	Seis sprints máximos de 35 m com um intervalo de 10 s entre cada sprint	6,4 g de BA/dia (beta-alanina, pnc, 8 cápsulas, 800 mg cada) 4 semanas	Potência máxima e média (RAST), 1RM supino e leg press, desempenho no salto vertical Alta intensidade	Não Pico de Potência P = 0.722 Índice de Fadiga P = 0.533

Milioni et al. (2019) ²⁰ ; Brasil	Randomizado, duplo-cego e controlado	18 Fisicamente ativos,	Homens entre 18 e 40 anos. 25 ± 5	Treinamento de resistência HIIT E sprints repetidos	Placebo (dextrose), administrado de forma idêntica ao grupo β-alanine	Pré e pós-suplementação de HIIT +, os participantes realizaram os seguintes testes com 48h de recuperação entre eles: 1) T INC ; 2) teste de corrida supramáxima até a exaustão; e 3) duas séries de sprints all-out (rsas) de 6 × 35 m	6,4 g/dia de suplementação de β-alanine divididos em 4 doses de 800 mg cada por 4 semanas	Força máxima, volume de treino, vvo2max, RPE, massa corporal, massa magra, massa gorda, TBW, ICW, ECW, R, e Xc Alta intensidade	Sim Redução significativa no tempo total (p = 0.0001), melhor tempo (p = 0.002) e tempo médio (p = 0.0001) dos sprints repetidos;
Beasley et al. (2018) ⁴ EUA;	Estudo randomizado e controlado	27 Remadores	Homens com média de 24 anos 24 ± 2	Remo	Utilizou um placebo composto por farinha de milho. A dose diária foi distribuída da mesma forma que a beta-alanine	Remar a distância máxima em 30 minutos em ritmo auto selecionado	BA (2.4 g/dia e 4.8 g em dias alternados. 4 semanas	Distância, potência média, potência relativa, frequência cardíaca, RPE, VO2, lactato pós-exercício; exercício exaustivo Alta intensidade	Parcial Aumento significativo na distância e potência média no grupo BA1 (p=0.002 e p=0.04 respectivamente; Potência relativa e RPE não significativos (p=0.29 e p=0.07 respectivamente)
Sas-Nowosiel ski et al.	Randomizado, duplo-	15 Escaladores de elite	13 homens e	Escalada em campus board e	Placebo isocalórico composto por maltodextrina,	Exercícios intermitentes de alta força e alta	4,0 g/ dia 4 semanas .	Número total de movimentos no campus board,	Sim Aumento significativo no

(2021); Polônia ¹⁴	cego, controlado por placebo		2 mulheres 31 anos 31.4 ± 7.8	travessias boulder	administrado em quatro doses iguais ao longo do dia com aparência e tamanho das cápsulas iguais às de beta-alanina.	velocidade e duas travessias de boulder, difícil e fácil.		número de movimentos e tempo até a falha em travessias; Alta intensidade	número total de movimentos no campus board (p = 0.002) e no número de movimentos e tempo até a falha na travessia fácil (p = 0.025 e p = 0.044, respectivamente); tendência à significância no campus board (p = 0.066) e na travessia difícil (p = 0.072)
Varanosk e et al. (2018) ²¹ ; EUA	Estudo randomiza do e controlado	39 Fisicament e ativos	25 homens e 14 mulheres entre 21 e 23 anos 22.6 ± 2.6	Exercícios resistidos Contração isométrica máxima voluntária (MVIC) e extensão de joelho	Placebo (tabletes idênticos em aparência aos de β- alanine) administrado de forma idêntica ao grupo β-alanine	5 × 50 extensões isocinéticas voluntárias máximas unilaterais do joelho a uma velocidade angular constante de 180° s ⁻¹	6 g dia ⁻¹ Divididos em 3 doses de 2 g cada por 4 semanas	Torque máximo de contração voluntária Índice de fadiga Alta intensidade	Sim Atenuação significativa da fadiga muscular nos grupos SR e RR comparado ao placebo (p = 0.002 e p = 0.024, respectivamente)
Saunders B. Et. Al. (2017) ²² ; BRASIL	Duplo cego, randomiza do em bloco	25 Fisicament e ativos	Homens idade média 27 anos ± 4	Ciclismo CCT110%	Placebo (maltodextrina), administrado de forma idêntica ao grupo β-alanine	A cada 4 semanas, os participantes forneceram uma biópsia muscular e realizaram o CCT 110%	6,4 g·dia ⁻¹ de beta-divididos em 4 doses de 800 mg cada por 24 semanas	Capacidade de exercício de alta intensidade (TTE) Alta intensidade	Sim Melhora na Capacidade de Exercício (TTE): p = 0.05
Perim et al.	Duplo- cego,	17	Homens , média	Ciclismo	Placebo (maltodextrina),	Protocolo prolongado de	6.4 g/dia divididos em 4	Potência média (MPO) e	Não

(2021) ¹⁶ ; BRASIL	controlado por placebo, randomizado	Ciclistas treinados	de 38 anos ± 9		administrado de forma idêntica ao grupo β-alanine	ciclismo intermitente com duração de 125 min, com um sprint de 10s a cada 20 min, terminando com um contra-relógio de 4 km em 5% de inclinação simulada.	doses de 800 mg cada 4 semanas	potência de pico (PPO) durante os sprints, tempo de conclusão do contrarrelógio de 4 km, conteúdo de carnosina muscular, lactato sanguíneo, percepção de esforço (RPE) Alta intensidade	Potência média: Sprint 6 (p=0.014) Tempo de conclusão do contrarrelógio de 4 km: p=0.43
Zandona et al. (2020) ¹⁷ EUA	Duplo-cego, controlado por placebo, randomizado	44	Homens idade média de 23 anos	Corrida	Placebo (maltodextrina) administrado de forma idêntica ao grupo β-alanine	Teste em cicloergômetro composto por 4 sprints de 30 s com 4 minutos de recuperação ativa.	6,4 g/dia Em 4 doses de 1,6 g cada	Potência média, potência de pico, tempo de exaustão, percepção de esforço (RPE), concentração de lactato sanguíneo pós-exercício, conteúdo de carnosina muscular Alta intensidade	Não Teve efeito significativo nas variáveis de desempenho P > 0.05
Freitas et al., (2019) ¹⁵ Brasil	Duplo-cego, controlado por placebo, randomizado	22 Treinados recreativa mente	Homens idade média de 23.7 ± 3.9 anos	Treinamento de resistência e Exercício intermitente de alta	Placebo isocalórico de maltodextrina, administrado de forma idêntica ao grupo β-alanine	HIIT de 5.000 m (esforço e descanso de 1:1) seguido de exercício de resistência (4 séries de 80%	6.4 g/dia divididos em 4 doses de 1.6 g cada 4 semanas	Força máxima, volume de treino, vvo2max, RPE, massa corporal, massa magra, massa gorda,	Não Não preveniu a perda aguda de força durante o exercício de resistência após exercícios intermitentes de alta intensidade (p =

				intensidade (HIIT)		no leg press de 45° até a falha) no início e após 28 dias. O programa de treinamento resistido consistiu em três séries de 10 a 12 RM com 90 segundos de descanso, quatro dias por semana		TBW, ICW, ECW, R, e Xc Alta intensidade	0.281), nem aumentou a força ou as adaptações hipertrofia associadas ao treinamento de resistência (p = 0.072)
Millioni, F. Et al. (2017) ²³ Brasil	Randomizado com placebo Duplo-cego	27 Jogadores de basquete de elite	Homens com média de 17 anos ± 1	Corrida (desempenho anaeróbio-Distância) Habilidade de sprints repetidos (RSA) e tarefas técnicas (saltos e arremessos livres)	Placebo (dextrose), administrado de forma idêntica ao grupo β-alanine	Antes e após o período de suplementação, os atletas realizaram um teste RSA composto por dez sprints de 30 m com duas mudanças de direção de 180° intercaladas por 30 s de recuperação.	6,4g/dia divididos em 4 doses de 1.6 g cada Por 6 semanas	Tempo total, melhor tempo, pior tempo, tempo médio dos sprints, altura do salto, eficácia nos arremessos livres, concentração de lactato sanguíneo pós-exercício Alta intensidade	Não Desempenho de Sprints Repetidos: p < 0.05 Variáveis Técnicas (Saltos e Arremessos Livres): p > 0.05
Bellinger, p & minahan, c. L. (2016) ²⁴ ; austrália	Estudo randomizado duplo-cego controlado por placebo.	14 Ciclistas treinados	Homens, com idade média 24.8 ± 6.7 anos	Ciclismo	Placebo isocalórico composto por dextrose monohidratada. A dose diária do placebo foi distribuída da mesma	Sessões de ciclismo (desempenho anaeróbio) (1 km, 4 km e 10 km) e ciclismo	6,4 g/dia Divididos em 4 doses Por 4 semanas	Tempo até a exaustão (tte), tempo de desempenho em tte de 1 km, 4 km e 10 km, concentração de	Tendência Aumento significativo no tte (p=0.013); melhora não significativa no desempenho de 4 km tte (p=0.060); nenhuma diferença significativa

					forma que a β -alanine; 7 no grupo β -alanine e 7 no grupo placebo	supramaximal até a exaustão		lactato sanguíneo Alta intensidade	no desempenho de 1 km e 10 km tt ($p>0.05$)
Camargo, B. Et al. (2023) Brasil ²⁵	Estudo randomizado duplo-cego controlado por placebo.	19 Treinados em resistência,	Homens, com idade média 27.3 \pm 5.5 anos	Teste de Força e resistência, supino e agachamento paralelo	Placebo (maltodextrina), administrado de forma idêntica ao grupo β -alanine	(1RM) supino e agachamento	6,4 g/dia Em 4 doses de 1.6 g cada Por 8 semanas	1RM supino (1RMBENCH), 1RM agachamento paralelo (1RMSQUAT), espessura muscular do bíceps braquial (MTBB), tríceps braquial (MTTB), vasto lateral (MTVL), número de repetições a 60% de 1RM (60% 1RMBENCH e 60% 1RMSQUAT) Alta intensidade	Não Número de Repetições a 60% de 1RM no Supino (60% 1RMBENCH): $p = 0.670$ Número de Repetições a 60% de 1RM no Agachamento Paralelo (60% 1RMSQUAT): $p = 0.690$

Fonte: elaborado pelo autor

13 estudos foram incluídos nesta revisão sistemática. A amostra total foi de 300 participantes, sendo 279 homens e 21 mulheres. Todos os estudos foram realizados com atletas ou pessoas fisicamente ativas com idade entre 17 e 40 anos e tiveram desenho experimental randomizado, prospectivo, duplo-cego e controlado por placebo. A média de idade geral foi de aproximadamente 19,35 anos. Todas as pesquisas indicaram que as intervenções envolveram exercícios de alta intensidade.

Quanto ao tempo de intervenção, 10 estudos tiveram duração de 4 semanas, um estudo durou 6 semanas, uma pesquisa teve duração de 8 semanas e outra se estendeu por 24 semanas. Em específico, um estudo investigou atividades distintas, como remo⁴, natação¹ e escalada⁹ individualmente. Dois estudos conduziram avaliações de teste de força, sendo um deles em uma repetição máxima (1RM) de supino reto e agachamento²⁴, enquanto que o outro abordou extensões isocinéticas voluntárias de joelho²⁰. Dois estudos utilizaram como método avaliativo o treino intervalado de alta intensidade (HIIT)^{14, 19}. Outras três pesquisas focaram em analisar os efeitos da beta-alanina no desempenho de ciclismo^{15,21,23} e corrida^{2,16,22}.

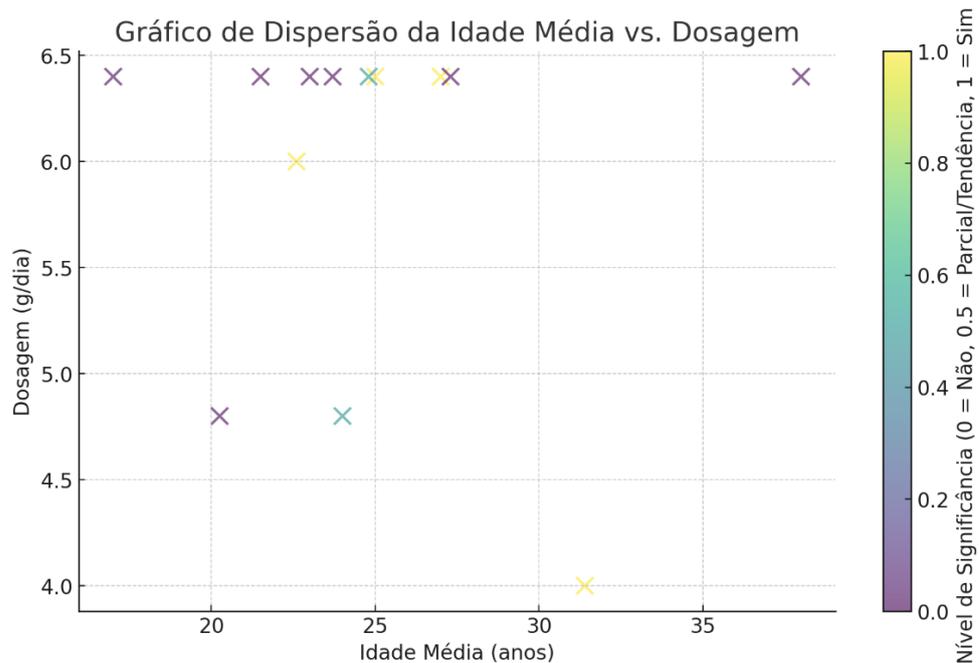
Em relação à dosagem administrada, nove estudos utilizaram 6,4 g/dia. Adicionalmente um estudo usou 6,0 g/dia²¹, enquanto que uma pesquisa administrou 4,8 gr/dia¹, outra utilizou 4,0 gr/dia⁹ e, por fim, um estudo implementou uma variação na dose, sendo de 2,4 g e 4,8 g em dias alternados⁴.

A Tabela 4 em anexo mostra os estudos com suas principais razões para exclusão após a leitura na íntegra. Em específico, um artigo foi desconsiderado, pois não tinha o desfecho para exercício físico³⁰. Adicionalmente, três estudos foram excluídos devido a questões relacionadas à intervenção, dois não atenderam a ingestão mínima sugerida de 3,6 g/dia, um dosou 1,5 g/dia³², e outro 2,0 g/dia³³, ainda o terceiro estudo foi excluído devido a dosagem ser muito discrepante dos demais com 20,0 g/dia²⁵. Três pesquisas foram excluídas por serem estudos cruzados^{28,31}, enquanto que um estudo foi eliminado por não ter grupo controle somente com Beta-alanina²⁶. Ainda, dois estudos tratavam de revisão de literatura^{27,28}.

Os dados coletados dos estudos incluídos na revisão mostraram uma média de idade dos participantes de 25,04 anos (DP = 5,04). A média da dosagem de beta-alanina utilizada nos estudos foi de 5,94 g/dia (DP = 0,80).

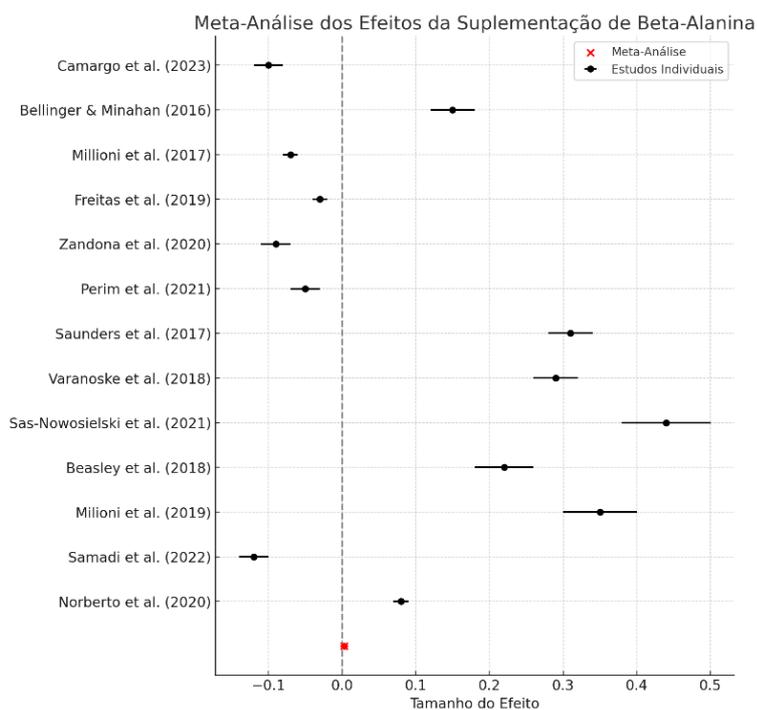
A análise ANOVA mostrou que não há uma diferença estatisticamente significativa na dosagem de beta-alanina e nem na idade média dos participantes entre os grupos com diferentes níveis de significância dos efeitos ($F = 0,546$, $p = 0,5868$); ($F = 0,191$, $p = 0,8276$), respectivamente. Vide Gráfico 1 – Gráfico de Dispersão.

Gráfico 1. Gráfico de Dispersão



A meta-análise indicou um pequeno efeito positivo da suplementação de beta-alanina sobre os parâmetros avaliados nos estudos incluídos, com um tamanho de efeito combinado de 0,0030 (DP = 0,0047), Gráfico de Floresta (Forest Plot).

Gráfico 2: Gráfico de Floresta (Forest Plot)



Para melhor compreensão dos resultados foi realizado um teste adicional de heterogeneidade, ambos testes indicaram alta heterogeneidade entre os estudos: Q de Cochran: 567.35 e I²: 97.88%.

DISCUSSÃO

Cinco estudos apresentaram resultados positivos quanto à suplementação de Beta-alanina (BA)^{14,17,20,21,22} e duas pesquisas declararam ter verificado resultado parcial ou tendência²⁴, porém com resultados foram limitados. No experimento de Sas-Nowosielski et al.¹⁴, 15 escaladores de elite foram submetidos a exercícios intermitentes de alta intensidade e duas travessias de boulder, que é uma modalidade de escalada com percursos curtos e intensos em paredes ou rochas, com níveis classificados em difícil e fácil. Foi revelado que houve um efeito significativo ($p = 0,002$) e substancial ($d = 1,55$) no desempenho do grupo que recebeu BA. Nenhuma interação significativa foi encontrada no grupo que realizou a travessia considerada “difícil”, mas uma interação significativa foi observada nas mudanças médias no número de movimentos ($p = 0,025$) e no tempo até a falha ($p = 0,044$) em uma travessia considerada “fácil”.

Ainda, a análise post hoc revelou que apenas o grupo BA melhorou significativamente desde a linha de base em número de movimentos (+9,5) e tempo até a falha (+32 s). Os tamanhos de efeito foram $d = 1,73$ e $d = 1,44$, respectivamente. Conclui-se que quatro semanas de suplementação de BA podem melhorar o desempenho durante a escalada contínua com duração de cerca de 1 min e repetidas sessões de movimentos semelhantes ao campus da parte superior do corpo. No entanto, falhou em melhorar a escalada de duração mais curta utilizando 4,0 g/d⁻¹ BA por 4 semanas¹⁴.

O estudo mais longo, 24 semanas, foi conduzido por Saunders B. et. al.²² e envolveu 25 homens ativos com suplementação de 6,4g/dia de Beta-alanina (BA). A cada 4 semanas, os participantes foram submetidos a biópsias musculares e realizaram (CCT110% - Capacidade de Ciclismo a 110% do Limiar de Lactato). Os resultados indicaram um aumento significativo no conteúdo de carnosina muscular ao longo do estudo no grupo BA, enquanto não houve alteração significativa no grupo placebo. Aumentos máximos foram observados em todas as semanas, atingindo valor absoluto máximo de $48,03 \pm 8,97$ mmol·kg⁻¹ dm.

No estudo de Milioni et al. (2019)¹⁶ dezoito homens realizaram um teste incremental de corrida até a fadiga (TINC) sprint 2x6x35m (RSA) Running-based Anaerobic Sprint Test, seguido por 4 semanas de (treinamento intervalado de alta intensidade - HIIT) com suplementação de 6,4g/dia de β -alanina. A suplementação de β -alanina aumentou significativamente o conteúdo de carnosina muscular e reduziu a fadiga neuromuscular. Isso se refletiu na melhoria dos tempos de RSA e na ativação neuromuscular espontânea após o sprint.

A capacidade do exercício, avaliada pelo (CCT110%), melhorou no grupo BA ao longo das 24 semanas, melhorando a capacidade de ciclismo de alta intensidade. Além disso, a regulação negativa da (TauT - Transportador de Taurina) foi destacada como um fator importante neste aumento, indicando a complexidade da influência genética na resposta à suplementação de beta-alanina. A variabilidade nas alterações no conteúdo de carnosina entre indivíduos sugere que outros fatores além da disponibilidade de beta-alanina também podem desempenhar um papel significativo neste processo²².

Bellinger e Minahan (2016)²⁴ investigaram os efeitos da suplementação de β -alanina em 14 ciclistas treinados após a suplementação de 6,4g/dia de β -alanina por 4 semanas, foi observado um aumento significativo no tempo até a exaustão (TTE) durante o ciclismo supramáximo, demonstrando uma melhora na resistência. No entanto, os tempos de desempenho do (TT) de 1 km e 10 km não foram afetados pela suplementação de β -alanina. Embora não seja estatisticamente significativo ($P = 0,07$), os autores concluíram que houve uma tendência positiva para a melhoria da velocidade de desempenho no contra-relógio (TT) de ciclismo de 4 km.

Além disso, Zandona et al.¹⁷ apresentou uma possível forma de suplementação com resultados positivos através da dose reduzida de beta-alanina. Os autores ressaltam em seu estudo que o grupo placebo e o grupo interrupção apresentaram menor potência ($7,28 \pm 0,66$ e $7,71 \pm 0,42$ W·kg⁻¹ vs. $8,04 \pm 0,84$ e $9,25 \pm 1,18$ W·kg⁻¹, respectivamente; $p < 0,05$) durante o terceiro sprint pós-suplementação, enquanto o grupo manutenção manteve a potência requerida ($7,47 \pm 1,03$ vs. $8,74 \pm 1,07$ W·kg⁻¹; $p > 0,05$). O grupo placebo também apresentou maior percentual de fadiga e maior percepção subjetiva de esforço. Portanto, a dose de manutenção de 1,2 g/d⁻¹ BA foi eficaz na manutenção do desempenho, enquanto uma redução no desempenho foi observada após a interrupção da suplementação. Esse foi o estudo com a menor dose sozinha apresentada e mostrou resultados positivos com a BA.

No entanto, sete estudos^{1,2,4,14,15,23,25} não encontraram resultados positivos com a suplementação, um fator relevante é que os estudos de seis e oito semanas não demonstraram resultados positivos. sendo um deles Freitas *et al.*¹⁵ que para o volume do leg press pós-HIIT, foram observados valores maiores pós-treino do que pré-treino, mas não foi observada interação grupo x tempo. Houve uma tendência não significativa para uma interação na alteração da MLG (β -alanina = 2,8% versus placebo = 1,0%, $p = 0,072$)¹¹.

Sendo assim, vinte e oito dias de suplementação de β -alanina não preveniram a perda aguda de força durante o exercício resistido após o exercício intervalado de alta intensidade, nem aumentaram a força ou as adaptações hipertróficas associadas ao treinamento resistido, também destacaram que não foram encontrados diferenças e efeitos entre os grupos (BA e PL), indicando nenhum efeito de suplementação. ANOVA de medidas repetidas, com confirmação do efeito, indicou redução no Lactato ($p: 0,001$; BF incl : 25,02); AnLa absoluto ($p: 0,002$; BF incl : 12,61), índice de fadiga ($p > 0,001$; BF incl : 63,25) e participação anaeróbia total ($p: 0,008$; BF incl : 4,89)¹⁵.

Biópsias musculares obtidas por Perim *et al.*¹⁶, pré e pós-suplementação foram analisadas quanto ao conteúdo de carnosina muscular. Os autores relataram que não houve efeitos principais no desempenho do sprint durante o teste de ciclismo intermitente (todos $P > 0,05$). Não houve interação grupo ($P = 0,69$), tempo ($P = 0,50$) ou grupo x tempo ($P = 0,26$) no tempo para completar o exercício de 4 km. O tempo para conclusão não mudou de pré para pós-suplementação para BA ou PL. A suplementação com beta-alanina aumentou o conteúdo de carnosina muscular de pré para pós-suplementação, mas não foi relacionada a mudanças de desempenho. A suplementação crônica de beta-alanina aumentou o conteúdo de carnosina muscular, mas não melhorou o desempenho do sprint de curta duração durante o ciclismo simulador de corrida de estrada, nem o desempenho do contrarrelógio de subida de 4 km conduzido no final do teste de ciclismo.

Um estudo de seis semanas com 13 nadadores competitivos, investigou se 4,8 g/dia de suplementação de beta-alanina contribuía para a melhora no desempenho em 400 m de nado livre. As variáveis analisadas incluem a contribuição anaeróbica total (TAn), a força total de natação amarrado em 30 segundos (30TS) e os componentes anaeróbios dos sistemas aláticos (AnAl) e lácticos (AnLa). Utilizaram o método estatístico ANOVA, os resultados mostraram que a suplementação de β -alanina não teve efeito significativo e as alterações observadas foram devidas à duração do treinamento. A análise mostrou reduções significativas no acúmulo

líquido de lactato sanguíneo absoluto, índice de fadiga e participação total em exercícios anaeróbicos²⁵.

Samadi *et al.*² relataram que houve uma melhora significativa no desempenho físico no grupo BA, porém somente quando combinado com creatina (Cr) na última semana ($p < 0,05$), no grupo BA + PL não houve melhora de performance. O desempenho do salto vertical e a testosterona foram significativamente maiores no grupo (BA + Cr) em comparação com (BA + PL). Esses resultados indicam que a carga de creatina durante a última semana de suplementação de BA (28 dias) aumentou a potência muscular e parece ser superior para força muscular e desempenho cognitivo em comparação com a suplementação de BA sozinha.

Varanoske *et al.*²¹ destacaram que a mudança no conteúdo de carnosina muscular em participantes consumindo Liberação Sustentada (SR) foi significativamente diferente ($p = 0,010$) daqueles consumindo Placebo (PLA), mas nenhuma diferença significativa foi observada entre liberação tradicional rápida RR e PLA ($p = 0,077$). Embora os participantes que ingeriram SR tenham experimentado um aumento 16,4% maior na carnosina muscular do que RR, a fadiga durante contrações isométricas voluntárias máximas foi significativamente atenuada em SR e RR em comparação com PLA ($p = 0,002$ e $0,024$, respectivamente).

Sintomas de parestesia foram significativamente mais frequentes em RR em comparação com SR, sendo que este último não difere de PLA. Com isso, os autores demonstraram que apenas os participantes que consumiram a formulação SR experimentaram um aumento significativo na carnosina muscular. As diferenças na resposta da carnosina muscular entre essas formulações podem ter significado prático para populações atléticas nas quais pequenas mudanças podem ter implicações importantes no desempenho^{6,21}.

Beasley *et al.*⁴, demonstraram que a distância total de contra-relógio de remo de 30 min aumentou significativamente de T1-T3, momento inicial e final após 28 dias respectivamente, apenas dentro do grupo que recebeu $2,4 \text{ g/d}^{-1}$ de βA . Esse aumento foi observado principalmente nos primeiros 10 minutos do exercício ($7397 \pm 195 \text{ m}$ para $7580 \pm 171 \text{ m}$, $P = 0,002$, $\eta^2 = 0,196$), incluindo potência média absoluta ($194,8 \pm 18,3 \text{ W}$ para $204,2 \pm 15,5 \text{ W}$, $P = 0,04$, $\eta^2 = 0,115$) e potência média relativa ($2,28 \pm 0,15 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $2,41 \pm 0,12 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, $P = 0,031$, $\eta^2 = 0,122$).

Esses achados foram potencialmente explicados pela significância dentro do grupo para as mesmas variáveis para a primeira divisão de 10 minutos ($P \leq 0,01$) e para a distância percorrida ($P = 0,01$) no segundo intervalo de 10 minutos. No entanto, nenhuma interação condição x tempo foi observada. Nenhum efeito significativo foi encontrado para variáveis de sprint ($P > 0,05$) com valores comparáveis em T3 para distância média, potência média e lactato. Sendo assim, embora o β A diário possa conferir benefícios individuais, esses resultados demonstram um impacto limitado do β A, independentemente da estratégia de dosagem⁴.

Camargo *et.al.*²⁵ examinou os efeitos da suplementação de beta-alanina na força e na espessura muscular em 19 homens que foram submetidos a treinamento de resistência durante um período de oito semanas. A avaliação incluiu testes de uma repetição máxima (1RM) e 60% de 1RM de movimentos de supino e agachamento, bem como testes de bíceps braquial, tríceps braquial e vasto lateral que inclui medidas de espessura muscular por meio de ultrassom. Não houve aumento da espessura muscular e na força (pré-intervenção vs. pós-intervenção) no 60% 1RM supino reto (diferença média = 0,5 repetições; $p = 0,670$) e 60% agachamento 1RM (diferença média = 0,7 repetições; $p = 0,690$), embora o período de treinamento de 8 semanas tenha induzido respostas morfológicas e musculares significativas, a suplementação de beta-alanina não teve efeito adicional.

Foram realizadas três pesquisas que utilizaram o ciclismo como intervenção para estudar os efeitos da suplementação de beta-alanina no desempenho físico. Uma análise desses estudos revelou significativa heterogeneidade no método e na duração da intervenção o que pode ter influenciado nos resultados obtidos. A investigação que durou 24 semanas sugere um efeito potencialmente benéfico em tempo prolongado.

Os resultados foram organizados na Tabela 5 com intuito de fornecer uma comparação clara entre esses estudos e facilitar a identificação de padrões e especificidades que podem influenciar a resposta à suplementação de beta-alanina no ciclismo.

Tabela 5 - Comparativo dos Estudos sobre Beta-Alanina em Ciclistas

Parâmetro	(Perim et al., 2021 ¹⁶)	(Saunders et al., 2017 ²²)	(Bellinger & Minahan, 2016 ²⁴)
Objetivo do Estudo	Avaliar o efeito da beta-alanina no desempenho de ciclistas.	Investigar efeitos de 24 semanas de suplementação de BA no ciclismo.	Examinar efeitos da beta-alanina em vários testes de ciclismo.

Duração da Suplementação	04 semanas	24 semanas	04 semanas
Dosagem Diária de Beta-Alanina	6,4 gr/dia	6,4 gr/dia	6,4 gr/dia
Participantes	17 ciclistas	25 homens ativos	14 ciclistas
Principais Testes Realizados	Ciclismo intermitente, contra-relógio de 4 km.	Biópsias musculares, CCT 110%.	Supramaximal cycling bouts, TT de 1 km, 4 km e 10 km.
Efeito no Desempenho de Ciclismo	Sem efeito significativo no desempenho do ciclismo.	Melhora na capacidade de ciclismo de alta intensidade.	Aumento no tempo até a exaustão e possível benefício no TT de 4 km.
Relação entre Carnosina e Desempenho	Aumento no conteúdo de carnosina, mas sem correlação com desempenho.	Aumento consistente no conteúdo de carnosina e melhora no desempenho.	Não avaliou
Conclusões Gerais	Beta-alanina não melhorou o desempenho em ciclismo simulado.	Suplementação por 24 semanas aumentou carnosina e melhorou CCT 110%.	Efeito positivo em TTE e possível benefício em TT de 4 km.

Fonte: elaborado pelo autor.

Uma análise geral dos estudos sobre a eficácia da suplementação de β -alanina mostra uma heterogeneidade considerável nos resultados. Sete pesquisas não encontraram efeitos positivos consistentes da suplementação, destacando a complexidade dos efeitos da beta-alanina em diferentes situações de treino e adaptações fisiológicas. Ainda, foi possível perceber melhorias fisiológicas promovidos pelo treinamento físico isolado que pode ser um fator de confusão.

No entanto, teve estudos que mostraram resultados promissores, Sas-Nowosielski *et al.*¹⁴ demonstrou que houve uma melhoria significativa no desempenho contínuo da escalada, enquanto que Beasley *et al.*⁴ apontou aumentos significativos na distância total percorrida em um teste contra-relógio de 30 minutos, após quatro semanas de suplementação sugerindo benefícios potenciais, no desempenho.

Saunders B. *et al.*²² mostrou que embora o conteúdo de carnosina muscular tenha aumentado significativamente, houve grandes diferenças individuais, destacando a diversidade da resposta aos suplementos relacionada às especificidades humanas. Entretanto, a falta de efeitos significativos mais robustos demonstra que múltiplos fatores precisam ser considerados ao avaliar os efeitos da β -alanina no desempenho físico, que também devem ser considerados

no delineamento da pesquisa, como o tempo da suplementação; o tipo, duração e intensidade do exercício; as características dos participantes.

No que se trata das pesquisas que investigaram a fadiga, os resultados também foram divergentes. Três^{15,20,24} estudos verificaram resultados positivos e dois^{15,16} não encontraram benefícios com a suplementação. Beringer e Minahan²⁴, sugeriram uma melhora no tempo até a fadiga e na percepção de esforço. No entanto, Freitas *et al.* e Perim *et al.*¹⁵ não encontraram impactos positivos no cansaço após a suplementação de Beta-alanina, demonstrando, mais uma vez, a necessidade de investigar fatores específicos de exercícios físicos e das características individuais dos participantes para poder avaliar os benefícios potenciais desta suplementação.

A revisão da literatura e a meta-análise revelaram uma heterogeneidade significativa nos resultados. Essa discrepância pode ser atribuída às diferenças nos tipos de exercício, dosagem e características dos participantes. Ainda que alguns estudos, particularmente o mais prolongado, tenham indicado benefícios, como o aumento do conteúdo de carnosina muscular e a melhora no desempenho em exercícios de alta intensidade e na fadiga, a maioria não demonstrou resultados significativos. A meta-análise sugere um pequeno efeito positivo da suplementação, mas também destaca a notável variabilidade nas respostas individuais.

Limitações do Estudo: É importante ressaltar que os estudos são heterogêneos e contaram com uma amostra pequena e falta de dados sobre a aderência dos participantes à suplementação, o que pode ter limitado os resultados. Além disso, a duração das intervenções selecionadas, majoritariamente, desconsidera o ideal temporal fisiologicamente recomendado.

Direções para Pesquisas Futuras: Foi possível perceber que os efeitos positivos foram inconclusivos e limitados, necessitando de estudos mais robustos que possam esclarecer completamente. Futuras pesquisas devem focar em ensaios clínicos com amostras maiores e designs mais homogêneos. Além disso, investigar os mecanismos subjacentes aos efeitos da beta-alanina pode ajudar a entender melhor sua eficácia.

CONCLUSÕES

Com base no exposto, conclui-se que a suplementação de β -alanina não demonstrou os propostos efeitos ergogênicos e metabólicos no desempenho do exercício físico e na melhora

da fadiga. Com a significativa heterogeneidade apresentada nos resultados dos estudos não foi possível identificar uma modalidade esportiva que seja claramente beneficiada pela suplementação e tampouco determinar uma dose responsiva. Destaca-se que estes resultados sugerem que os efeitos da suplementação de β -alanina são influenciados por muitas variáveis e pesquisas futuras são necessárias para elucidar completamente sua eficácia e condições ideais de uso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo apoio financeiro e recursos concedidos para a realização desta pesquisa.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. Norberto MS, Barbieri RA, Bertucci DR, Gobbi RB, Campos EZ, Zagatto AM, et al. Beta alanine supplementation effects on metabolic contribution and swimming performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2020;17(1).
2. Samadi M, Askarian A, Shirvani H, Shamsoddini A, Shakibae A, Forbes SC, et al. Effects of four weeks of beta-alanine supplementation combined with one week of creatine loading on physical and cognitive performance in military personnel. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(13):7992.
3. Brisola GMP, Zagatto AM. Ergogenic effects of β -alanine supplementation on different sports modalities: Strong evidence or only incipient findings? *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019;33(1):253–82.
4. Beasley L, Smith L, Antonio J, Gordon D, Johnstone J, Roberts J. The effect of two β -alanine dosing strategies on 30-minute rowing performance: A randomized, controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1).
5. Matthews Josephj, Artioli Guilhermeg, Turner Markd, Sale Craig. The physiological roles of carnosine and β -alanine in exercising human skeletal muscle. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2019;51(10):2098–108.

6. Harris Rc, Tallon Mj, Dunnett M, et al. The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*, 3: 279-289; 2006.
7. Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli GG, Swinton PA, Dolan E, Roschel H, Sale C, Gualano B. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017 Apr;51(8):658-669. doi: 10.1136/bjsports-2016-096396. Epub 2016 Oct 18. PMID: 27797728.
8. Hoffman, J.R., Church, D.D. et al. Comparison of sustained-release and rapid-release β -alanine formulations on changes in skeletal muscle carnosine and histidine content and isometric performance following a muscle-damaging protocol. *Amino Acids* 51, 49–60 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2609-4>.
9. Sampieri, R. H.; Collado, C. F.; Lucio, M. P. B. *Metodologia da pesquisa*. 5ª ed. Porto Alegre (RS): AMGH, 2013.
10. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372.doi: 10.1136/bmj.n71.
11. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR, Wilborn CD, Sale C, Kreider RB, Jäger R, Earnest CP, Bannock L, Campbell B, Kalman D, Ziegenfuss TN, Antonio J. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015;12:30. doi: 10.1186/s12970-015-0090-y. Disponível em: <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-015-0090-y>.
12. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev*. 2016;5:210. doi: 10.1186/s13643-016-0384-4.
13. Centre for Reviews and Dissemination. PROSPERO: International prospective register of systematic reviews [Internet]. York: University of York; c2022 [cited year month day]. Available from: <https://www.crd.york.ac.uk/prospéro/>.
14. Sas-Nowosielski K, Wyciślik J, Kaczka P. Beta-alanine supplementation and sport climbing performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(10):5370.
15. Freitas MC, Cholewa J, Panissa V, Quizzini G, de Oliveira JV, Figueiredo C, et al. Short-time β -alanine supplementation on the acute strength performance after high-intensity intermittent exercise in recreationally trained men. *Sports*. 2019;7(5):108.
16. Perim P, Gobbi N, Duarte B, Oliveira LF, Costa LA, Sale C, et al. Beta-alanine did not improve high-intensity performance throughout simulated road cycling. *European Journal of Sport Science*. 2021;22(8):1240–9.
17. Zandona BA, Ramos RA, de Oliveira Cdos, McAnulty SR, Ferreira LHB, Smolarek AC, et al. Reduced dose of beta-alanine is sufficient to maintain performance in repeated sprints. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2020;36(6):1636–42.

18. Ávila-Gandía V, Torregrosa-García A, Pérez-Piñero S, Ortolano R, Abellán-Ruiz MS, López-Román FJ. One-week high-dose β -alanine loading improves world tour cyclists' time-trial performance. *Nutrients*. 2021;13(8):2543.
19. Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Hoffman, J. R., Wilborn, C. D., Sale, C., ... & Campbell, B. (2015). International Society of Sports Nutrition position stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), 30.
20. Milioni, F., de Poli, R. A. B., Saunders, B., Gualano, B., da Rocha, A. L., Sanchez Ramos da Silva, A., Muller, P. T. G., & Zagatto, A. M. (2019). Effect of β -alanine supplementation during high-intensity interval training on repeated sprint ability performance and neuromuscular fatigue. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 127(6), 1599–1610.
21. Varanoske, A. N., Hoffman, J. R., Church, D. D., Coker, N. A., Baker, K. M., Dodd, S. J., Harris, R. C., Oliveira, L. P., Dawson, V. L., Wang, R., Fukuda, D. H., & Stout, J. R. (2019). Comparison of sustained-release and rapid-release β -alanine formulations on changes in skeletal muscle carnosine and histidine content and isometric performance following a muscle-damaging protocol. *Amino acids*, 51(1), 49–60.
22. Saunders, B., DE Salles Painelli, V., DE Oliveira, L. F., DA Eira Silva, V., DA Silva, R. P., Riani, L., Franchi, M., Gonçalves, L. S., Harris, R. C., Roschel, H., Artioli, G. G., Sale, C., & Gualano, B. (2017). Twenty-four Weeks of β -Alanine Supplementation on Carnosine Content, Related Genes, and Exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(5), 896–906.
23. Milioni, F., Redkva, P. E., Barbieri, F. A., & Zagatto, A. M. (2017). Six weeks of β -alanine supplementation did not enhance repeated-sprint ability or technical performances in young elite basketball players. *Nutrition and health*, 23(2), 111–118.
24. Bellinger, P. M., & Minahan, C. L. (2016). The effect of β -alanine supplementation on cycling time trials of different length. *European journal of sport science*, 16(7), 829–836.
25. de Camargo, J. B. B., Brigatto, F. A., Zaroni, R. S., Germano, M. D., Souza, D., Bacurau, R. F., Marchetti, P. H., Braz, T. V., Aoki, M. S., & Lopes, C. R. (2023). Does beta-alanine supplementation enhance adaptations to resistance training? A randomized, placebo-controlled, double-blind study. *Biology of sport*, 40(1), 217–224.
26. Baguet A, Bourgois J, Vanhee L, Achten E, Derave W. *Important role of muscle carnosine in rowing performance*. *J Appl Physiol* (1985). 2010 Oct;109(4):1096-101. doi: 10.1152/jappphysiol.00141.2010. Epub 2010 Jul 29. PMID: 20671038.
27. Brisola GMP, Zagatto AM. Ergogenic Effects of β -Alanine Supplementation on Different Sports Modalities: Strong Evidence or Only Incipient Findings? *J Strength Cond Res*. 2019 Jan;33(1):253-282. doi: 10.1519/JSC.0000000000002925. PMID: 30431532.
28. Hobson RM, Harris RC, Martin D, Smith P, Macklin B, Gualano B, Sale C. Effect of beta-alanine, with and without sodium bicarbonate, on 2000-m rowing performance. *Int J Sport Nutr*

Exerc Metab. 2013 Oct;23(5):480-7. DOI: 10.1123/ijsnem.23.5.480. Epub 2013 Mar 26. PMID: 23535873.

29. Hooshmand, S., Halabchi, F., Hashempour, A., Rajabian Tabesh, M., & Alizadeh, Z. (2019). Improving physical activity tolerance in sedentary overweight women under beta-alanine supplementation. *Science & Sports*. doi:10.1016/j.scispo.2018.12.004.

30. Jordan, T., Lukaszuk, J., Misic, M., & Umoren, J. (2010). Effect of beta-alanine supplementation on the onset of blood lactate accumulation (OBLA) during treadmill running: Pre/post 2 treatment experimental design. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 20. doi:10.1186/1550-2783-7-20.

31. Painelli Vde S, Roschel H, Jesus Fd, Sale C, Harris RC, Solis MY, Benatti FB, Gualano B, Lancha AH Jr, Artioli GG. The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013 May;38(5):525-32. doi: 10.1139/apnm-2012-0286. Epub 2013 Apr 24. PMID: 23668760.

32. Rodríguez Rodríguez F, Delgado Ormeño A, Rivera Lobos P, Tapia Aranda V, Cristi-Montero C. Efectos de la suplementación con β -alanina en tests de Wingate en jugadoras universitarias de fútbol femenino [Effects of β -alanine supplementation on wingate tests in university female footballers]. *Nutr Hosp.* 2014 Nov 1;31(1):430-5. Spanish. doi: 10.3305/nh.2015.31.1.7479. PMID: 25561138.

33. Van Thienen R, Van Proeyen K, Vanden Eynde B, Puype J, Lefere T, Hespel P. Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Apr;41(4):898-903. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818db708. PMID: 19276843.

34. Walter AA, Smith AE, Kendall KL, Stout JR, Cramer JT. Six weeks of high-intensity interval training with and without beta-alanine supplementation for improving cardiovascular fitness in women. *J Strength Cond Res.* 2010 May;24(5):1199-207. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d82f8b. PMID: 20386120.

ANEXOS

Anexo A

Tabela 1 - Estratégia PICO

<i>ACRÔNIMO</i>	<i>DEFINIÇÃO</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
<i>P</i>	População/paciente	População adulta (acima de 18 anos e abaixo de 60 anos); Atletas recreativos e profissionais.
<i>I</i>	Intervenção	suplementação de beta-alanina
<i>C</i>	Comparação/controle	Grupos controle
<i>O</i>	Desfecho/ <i>outcome</i>	Desempenho no exercício físico e Fadiga
<i>S</i>	<i>Estudos/Studies</i>	Ensaio clínico randomizado e controlado

Anexo B

Tabela 2 - Risco de Viés

Estudos	Domínio 1:	Domínio 2:	Domínio 3:	Domínio 5:	Risco
Norberto M.S. et.al. (2020) ¹ ; BRASIL					
Samadi et al. (2022) ² ; IRÃ					
Milioni et al. (2019) ²⁰ ; EUA					
Beasley et al. (2018) ⁴ EUA;					
Sas-Nowosielski et al. (2021); EUA ¹⁸					
Varanoske et al. (2018) ²¹ ; EUA					
Saunders B. et. al. (2017) ²² ; BRASIL					
Perim et al. (2021) ¹⁶ ; BRASIL					
Zandona et al. (2020) ¹⁷ EUA					
Freitas et al., (2019) ¹⁵ Brasil					
Millioni, F. et al. (2017) ²³ Brasil					
Bellinger,P & Minahan, C. L. (2016) ²⁴ ; Austrália					
Camargo, B. et al. (2023) Brasil ²⁵					

Domínio 1: Randomização; Domínio 2: Desvio da Intervenção, Domínio 3: Dados de Desfecho Incompletos, Domínio 5: Relato Seletivo, Risco Geral de Viés; verde: Baixo risco de viés, amarelo: Risco de viés incerto e vermelho: Alto risco de viés.

Anexo C

Tabela 4 - Razões para exclusão dos estudos

Estudo	Não atendeu a	Razão para Exclusão
Avila-Gandia <i>et al.</i> (2012) ²⁵	Intervenção	20,0 g/dia
Baguet, A <i>et al.</i> (2010) ²⁶	Controle	Sem grupo controle
Brisola e Zagatto (2019) ²⁷	Tipo do estudo	Revisão
Hobson R.M. <i>et al.</i> (2013) ²⁸	Controle	Cruzado
Hooshmand, S. (2019) ²⁹	Tipo do estudo	Revisão
Jordan, T. (2010) ³⁰	Desfecho	Desempenho
Painelli, V S <i>et al.</i> (2012) ³¹	Controle	Cruzado
Rodríguez, F. R. <i>et al.</i> (2015) ³²	Controle	Cruzado
Van Thienen, R. <i>et al.</i> (2009) ³³	Intervenção	Dose 2,0 g/dia
Walter, A. A. <i>et al.</i> (2010) ³⁴	Intervenção	Dose 1,5 g/dia