



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
CURSO DE NUTRIÇÃO

MARIA EDUARDA PINKO SANTA HELENA

**SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA NO TREINAMENTO DE FORÇA: UMA  
REVISÃO NARRATIVA**

Porto Alegre

2024

MARIA EDUARDA PINKO SANTA HELENA

**SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA NO TREINAMENTO DE FORÇA: UMA  
REVISÃO NARRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Nutrição da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Nutrição.

Orientador: Prof. Luis Valmor Cruz Portela  
Coorientador: Me. Marcelo Salimen Rodolphi

Porto Alegre

2024

### CIP - Catalogação na Publicação

Santa Helena, Maria Eduarda Pinko  
SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA NO TREINAMENTO DE  
FORÇA: UMA REVISÃO NARRATIVA / Maria Eduarda Pinko  
Santa Helena. -- 2024.  
47 f.

Orientador: Luis Valmor Cruz Portela.

Coorientador: Marcelo Salimen Rodolphi.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade  
de Medicina, Curso de Nutrição, Porto Alegre, BR-RS,  
2024.

1. Beta-alanina. 2. Carosina. 3. Suplementos  
alimentares. 4. Treinamento de força. 5. Desempenho.  
I. Portela, Luis Valmor Cruz, orient. II. Rodolphi,  
Marcelo Salimen, coorient. III. Título.

MARIA EDUARDA PINKO SANTA HELENA

**SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA NO TREINAMENTO DE FORÇA: UMA  
REVISÃO NARRATIVA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Nutrição.

Aprovado em: 19 de fevereiro de 2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Lisiane de Oliveira Porciuncula  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Profa. Dra. Vivian Cristine Luft  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. Luis Valmor Cruz Portela - Orientador  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

*Dedico este trabalho à minha mãe  
Aline Pinko e à minha avó Lígia Pinko,  
sem vocês nada disso seria possível.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família pelo apoio incondicional, especialmente a minha mãe, Aline Pinko e minha avó, Lígia Pinko que são o meu alicerce. Sem o amor, suporte e apoio de vocês, nada disso seria possível.

Agradeço às minhas colegas de faculdade, Giovanna Sommer, Laís Kuhl, Mariana Golombieski e Maria Eduarda Pimentel. Nossa união ao longo da graduação tornou todos esses anos mais leves e significativos. A amizade que surgiu despretensiosamente na faculdade, se consolidou de uma maneira linda.

Agradeço ao meu namorado, Arthur Leorato, pelo apoio incondicional e incentivo, sendo essencial para a realização deste trabalho.

Agradeço também à minha amiga, Isadora Ferreira, por estar ao meu lado em todos os momentos, compartilhando alegrias, tristezas e sonhos. Obrigada por ser essa luz constante na minha vida.

Agradeço ao meu orientador e professor, Luis Valmor Cruz Portela por toda sua atenção, dedicação, apoio e confiança, sua experiência e prontidão foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Também expresso minha gratidão a Marcelo Salimen Rodolphi, que gentilmente compartilhou seu tempo e conhecimento para a construção deste trabalho.

Por fim, agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul por proporcionar um ambiente de aprendizado enriquecedor, o que um dia foi um sonho, hoje torna-se realidade.

## RESUMO

O consumo de suplementos alimentares com efeitos ergogênicos vem ganhando popularidade entre praticantes de exercícios físicos. Sua busca tem como objetivo a melhora do desempenho, ganho de força, aumento da massa muscular, otimização da recuperação, entre outros. Neste contexto, beta-alanina, apesar de seu uso recente como suplemento, tem se destacado como uma estratégia promissora em algumas modalidades de treinamento. A beta-alanina é um aminoácido não essencial, precursor da carnosina, um dipeptídeo que atua na regulação do pH intramuscular. Dessa forma, o aumento dos níveis de carnosina muscular, estimulado pela suplementação de beta-alanina, tem sido associado a atenuação da acidose muscular durante a prática de exercícios físicos de alta intensidade e curta duração, como o treinamento de força, retardando a fadiga muscular e permitindo um maior desempenho. Portanto, este estudo teve como objetivo revisar os efeitos da suplementação de beta-alanina no treinamento de força. A busca foi realizada no site PubMed/MEDLINE, associando termos descritores sinônimos de beta-alanina e treinamento de força. Foram considerados estudos que utilizaram a suplementação exclusiva de beta-alanina, com período de intervenção maior de 4 semanas, associados a uma modalidade de treinamento de força, incluindo indivíduos adultos de ambos os sexos. Dos 70 artigos resultantes da busca, 8 foram selecionados por se enquadrar nos critérios de seleção. Dois estudos demonstraram o aumento da concentração de carnosina muscular, quatro estudos apontaram melhora da resistência muscular associada à suplementação de beta-alanina, e dois estudos não apresentaram nenhum benefício significativo no grupo intervenção. Neste contexto, embora a beta-alanina seja considerada um suplemento com alta nível de evidência científica quanto ao seu potencial ergogênico, os seus efeitos e benefícios ainda não são uniformemente observados em todos os estudos. Uma variedade de fatores, incluindo diferenças nas estratégias de suplementação, como dose e duração da intervenção, características da população estudada, protocolos de treinamento utilizados e métodos de avaliação dos resultados podem contribuir para as diferenças nos resultados relatados. Portanto, de acordo com as evidências analisadas ao longo do trabalho, mais pesquisas são necessárias para compreender o papel da beta-alanina como suplemento particularmente para o treinamento de força. Fatores como a otimização do desempenho atlético, aumento de força e resistência muscular, em diferentes tipos de populações e com maior número de amostra, devem ser levados em conta para a obtenção de dados mais robustos, permitindo assim, uma adequada prescrição do suplemento alinhado com os seus benefícios.

**Palavras-chave:** beta-alanina; carnosina; suplementos alimentares; treinamento de força; desempenho.

## ABSTRACT

The consumption of food supplements with ergogenic effects has been gaining popularity among exercise practitioners. Its purpose is to improve performance, increase strength, enhance muscle mass, optimize recovery, among other benefits. In this context, beta-alanine, despite its recent use as a supplement, has stood out as a promising strategy in some training modalities. Beta-alanine is a non-essential amino acid and a precursor of carnosine, a dipeptide that regulates intramuscular pH. Therefore, the increase in muscle carnosine levels, stimulated by beta-alanine supplementation, has been associated with the attenuation of muscular acidosis during high-intensity and short-duration exercises such as strength training, delaying muscular fatigue and allowing for better performance. Hence, the objective of this study was to review the effects of beta-alanine supplementation in strength training. The search was conducted on the PubMed/MEDLINE website, combining synonymous descriptor terms for beta-alanine and strength training. Studies that exclusively used beta-alanine supplementation, with an intervention period of more than 4 weeks, associated with a strength training modality, and included adult individuals of both sexes were considered. Out of the 70 articles resulting from the search, 8 were selected for meeting the selection criteria. Two studies showed an increase in muscle carnosine concentration, four studies indicated an improvement in muscular endurance associated with beta-alanine supplementation, and two studies did not present any significant benefits in the intervention group. In this context, although beta-alanine is considered a supplement with a high level of scientific evidence regarding its ergogenic potential, its effects and benefits are not uniformly observed in all studies. A variety of factors, including differences in supplementation strategies such as dosage and intervention duration, characteristics of the studied population, utilized training protocols, and methods of result evaluation, may contribute to the differences in reported outcomes. Therefore, based on the evidence analyzed throughout the study, more research is needed to understand the role of beta-alanine as a supplement, particularly for strength training. Factors such as optimizing athletic performance, increasing strength and muscular endurance in different populations, and using a larger sample size should be taken into account to obtain more robust data, enabling an appropriate prescription of the supplement in line with its benefits.

**Keywords:** beta-alanine; carnosine; food supplements; strength training; performance.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Ressíntese anaeróbia de ATP via metabolização de fosfocreatina (PCr) em tecido muscular humano submetido a contração máxima isométrica	17
Figura 2	Síntese de carnosina no músculo esquelético	21
Figura 3	Biodisponibilidade e metabolismo da carnosina	22
Figura 4	Estratégia de dosagem adotada no estudo de HARRIS et al., 2007	25
Figura 5	Concentração intramuscular de carnosina após 4 e 10 semanas de suplementação de beta-alanina	25

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS	Instituto Australiano de Esporte
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATB <sup>0,+</sup>	Transportador Intestinal de Beta-Alanina
ATP	Adenosina Trifosfato
BA	Beta-Alanina
Ca <sup>2+</sup>	Cálcio
DOU	Diário Oficial da União
DEXA	Densitometria por Emissão de Raios X de Dupla Energia
g	Gramas
HG	Força de Preensão Manual Isométrica
mg	Miligrama
IMC	Índice de Massa Corporal
ISO	Força Isocinética
ISSN	Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva
PCr	Fosfocreatina
pH	Potencial Hidrogeniônico
PLA	Placebo
VIGITEL	Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico
1 RM	Uma Repetição Máxima

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>14</b>
2.1	<i>FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO</i>	14
2.2	<i>FONTES ENERGÉTICAS NO EXERCÍCIO FÍSICO</i>	15
2.3	<i>FADIGA MUSCULAR</i>	17
2.4	<i>TREINAMENTO DE FORÇA</i>	18
2.5	<i>SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR E BETA-ALANINA</i>	19
2.5.1	<i>CARNOSINA</i>	19
2.5.2	<i>BETA-ALANINA</i>	22
2.5.3	<i>SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA</i>	25
2.5.4	<i>SEGURANÇA E EFEITOS COLATERAIS</i>	27
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cada ano cresce o número de adeptos à prática de atividade física, tendo como incentivo a melhora do condicionamento físico e da estética corporal (Vigitel Brasil, 2022). Esta busca pela prática de atividade física foi acentuada após o período da pandemia da Covid-19, pois a busca por uma vida mais saudável esteve em emergência.

Concomitantemente, a busca pela melhora do desempenho físico e conquista do corpo perfeito tem estimulado o uso de suplementos nutricionais como forma de complementar a dieta (SCHNEIDER *et al.*, 2008). Porém, os suplementos são consumidos majoritariamente sem recomendação ou orientação de um profissional capacitado. No entanto, o consumo sem a orientação profissional pode levar a resultados pouco efetivos em termos de ganho de performance, e ainda, causar efeitos indesejados para os indivíduos. Entre os potenciais motivos para a ausência de resultados no uso dos suplementos, estão a falta de planejamento de utilização que leve em consideração um regime apropriado de dose e tempo de utilização, conhecimento exato da composição do suplemento, e estabelecimento de uma estratégia de acordo com as necessidades de cada indivíduo e o gênero (SCHULER; DA ROCHA, 2018). Além disso, devido a falta de regulação sobre a indústria de suplementos nutricionais no mundo todo, existem produtos com conteúdos e propriedades duvidosas. Assim, tem sido detectada a presença de substâncias proibidas nos suplementos, o que pode ser associado aos riscos de desenvolver doenças cardiovasculares, hepáticas e renais, além de morte precoce. Um trabalho recente relatou que 67,9% dos suplementos à venda estavam adulterados nos Estados Unidos (TUCKER *et al.*, 2018). Além disso, mais de 23.000 pessoas são admitidas por ano nos serviços de emergência dos Estados Unidos devido ao consumo de suplementos (GALLER *et al.*, 2015). Portanto, o conhecimento dos riscos e a regulação por parte dos órgãos de saúde governamentais são aspectos importantes para o adequado manejo e recomendações dietéticas dos suplementos nutricionais. No entanto, pouco se avançou nesta direção nos últimos anos (MOLINERO; MÁRQUEZ, 2009)

Entre os suplementos que atualmente têm ganho maior destaque nas mídias e em estudos científicos está a beta-alanina. Ela foi aprovada para consumo no

mercado brasileiro desde 2020, segundo a Resolução - RE nº 4.502, aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), publicada no dia 09 de novembro no Diário Oficial da União (DOU). A beta-alanina é um aminoácido não essencial sintetizado pelo fígado, mas que também pode ser obtido através do consumo de carne vermelha e branca (HARRIS *et al.*, 2007). Após a absorção, este aminoácido é transportado para o músculo esquelético, e, uma vez nos miócitos, forma carnosina em uma reação catalisada pela carnosina sintetase. Os níveis intramusculares de carnosina são regulados de acordo com a disponibilidade de beta-alanina, o que sugere que um consumo aumentado pela dieta resultaria em concentrações maiores no tecido (SALE *et al.*, 2012).

A carnosina está presente em humanos em concentrações próximas de  $17,5 \pm 4,8 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ dm}$  em mulheres e  $21,3 \pm 4,2 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ dm}$  em homens (MANNION *et al.*, 1992). Uma das reconhecidas propriedades funcionais da carnosina seria a de atuar no tamponamento do pH intracelular do músculo esquelético uma vez que a alta demanda energética e metabolismo glicolítico durante o exercício físico tende a diminuir o pH de maneira significativa (SALE *et al.*, 2010). No exercício físico de alta intensidade, o consumo de glicose e de glicogênio leva a produção de piruvato que é prontamente convertido em lactato, gerando um aumento na concentração de cátions de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) no tecido muscular esquelético. Se não for tamponado, a consequente diminuição no pH intracelular provoca a acidose que irá interferir nas condições ideais para a atividade das enzimas metabólicas causando deficiência energética, redução de força e fadiga muscular (SALE *et al.*, 2012; SPRIET *et al.*, 1989). Nesse sentido, a carnosina atuaria no tamponamento de prótons intracelulares, reduzindo a acidose, facilitando a catálise enzimática, biossíntese de adenosina trifosfato (ATP) e, conseqüentemente, reduzindo a fadiga (SALE *et al.*, 2010). Em resumo, a suplementação com a beta alanina seria justificada por ser um precursor da carnosina, molécula endógena que desempenha um papel importante durante exercícios de força onde a alta demanda energética a partir de vias metabólicas anaeróbicas, particularmente glicólise e glicogenólise, causa o aumento da concentração de lactato e  $\text{H}^+$  no músculo esquelético (KENDRICK *et al.*, 2008).

O treinamento de força, por sua vez, consiste em um método eficiente de desenvolvimento da aptidão musculoesquelética, trabalhando flexibilidade, força e

resistência muscular, gerando melhorias em diversos aspectos da aptidão física e qualidade de vida do indivíduo. Esta estratégia de treinamento pode ser prescrita com objetivos estéticos ou para atletas de alta performance, mas também para promoção de saúde tanto preventivamente como para tratamento de patologias (ACSM, 2009). Além disso, o treinamento de força pode ser amplamente aplicado em diversos grupos populacionais, como jovens, adultos, idosos, cardiopatas, diabéticos e hipertensos, trazendo resultados positivos para qualidade de vida (UGHINI *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2018; GONÇALVES *et al.*, 2012; SALVADEO *et al.*, 2014; NEVES *et al.*, 2016).

Embora a suplementação com beta alanina já seja utilizada em diversos países há mais tempo do que no Brasil, diversas questões ainda permanecem abertas em relação a sua real efetividade como suplemento capaz de modular a resposta do exercício de força. Sabe-se que a prescrição de atividade física e suplementação nutricional precisa ser adaptada de acordo com as particularidades de cada indivíduo.

Portanto, este trabalho tem como objetivo revisar e descrever o panorama atual da utilização de beta-alanina como suplemento para melhora de desempenho, especificamente em resposta a exercícios de força.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO**

A contração muscular durante o exercício físico consiste em um processo composto por uma sequência de mecanismos fisiológicos, tendo o tecido muscular como encarregado pela atividade motora do organismo.

Como estímulo primário, ocorre o envio de impulso nervoso à junção neuromuscular, onde ocorre a liberação do neurotransmissor acetilcolina para a membrana da fibra muscular. Dessa forma, quando o estímulo nervoso chega ao músculo, é conduzido aos retículos sarcoplasmáticos, liberando íons de cálcio para o sarcoplasma (McARDLE *et al.*, 2016).

O cálcio desempenha um papel essencial para a contração muscular, pois a sua ligação no complexo troponina fará com que ocorra a desobstrução do sítio de

ligação da actina, fazendo com que a miosina possa se acoplar a actina, característica conhecida como teoria do filamento deslizante, a qual leva a formação de pontes cruzadas entre os dois tipos de filamentos. Entretanto, para a formação das pontes cruzadas e conseqüentemente a ligação actina-miosina, é necessário o consumo de ATP. Dessa forma, quando ocorre o acoplamento das cadeias proteicas actina e miosina, é gerada contração dos filamentos de actina sobre os filamentos de miosina, tal movimento é responsável por contrair e relaxar o sarcômero e, assim, promover a contração muscular (McARDLE *et al.*, 2016; COSTILL *et al.*, 2020).

O ciclo de contração-relaxamento, impulsionado pela energia da hidrólise do ATP, permite uma sustentação eficiente dos movimentos. A amplificação da força muscular ocorre através do recrutamento de mais unidades motoras pelo sistema nervoso (COSTILL *et al.*, 2020). Após a contração, a remoção do cálcio desfaz as pontes cruzadas, permitindo que a fibra muscular retorne ao seu comprimento original. A complexa interação entre o sistema nervoso, os filamentos proteicos e as vias metabólicas é vital para o desempenho atlético e a funcionalidade corporal (COSTILL *et al.*, 2020).

Dessa forma, o sistema muscular converte energia química da hidrólise do ATP em energia mecânica (DUCHATEAU *et al.*, 2006). Os principais substratos endógenos ou nutricionais utilizados para a biossíntese de ATP, são a fosfocreatina (PCr), os carboidratos, ácidos graxos, e corpos cetônicos (JEUKENDRUP *et al.*, 2021).

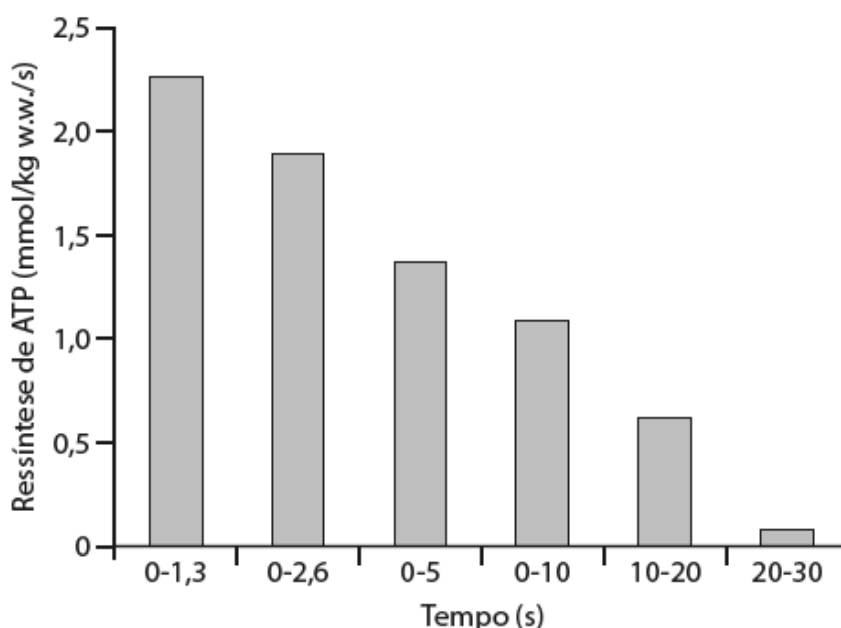
## 2.2 FONTES ENERGÉTICAS NO EXERCÍCIO FÍSICO

Durante a prática de exercício físico, o metabolismo energético é recrutado como forma de sustentar as demandas aumentadas de energia geradas pela atividade física. Tendo como objetivo a biossíntese, utilização e regeneração de ATP, considerado como a principal molécula de transferência energia para o trabalho celular (MEIRELLES; GOMES, 2004).

Ao iniciarmos um exercício físico, ocorre o aumento da demanda energética, o que estimula a atividade das vias metabólicas para suprir ATP. Neste contexto, primeiramente é gerada a rápida mobilização das reservas de ATP presentes nas células musculares, proporcionando energia imediata para as contrações

musculares iniciais (DUFFIELD *et al.*, 2005). Posteriormente, a fosfocreatina (PCr), armazenada nas células musculares, é metabolizada para regeneração de ATP. No entanto, a PCr se esgota rapidamente em aproximadamente 10 segundos de contração muscular intensa, como demonstrado na figura 1 abaixo (GLAISTER, 2005; JEUKENDRUP *et al.*, 2021).

Figura 1 - **Ressíntese anaeróbia de ATP via metabolização de fosfocreatina (PCr) em tecido muscular humano submetido a contração máxima isométrica.**



Fonte: Adaptado de JEUKENDRUP *et al.*, 2021.

Dessa forma, durante a prática de exercícios físicos, a persistência do estímulo leva à ativação da via glicolítica anaeróbica (LIMA-SILVA *et al.*, 2007). Processo metabólico que corresponde a quebra de glicose através de uma série de reações químicas, tendo como objetivo a produção de ATP (MCARDLE *et al.*, 2016). Portanto, essa via metabólica é particularmente relevante durante exercícios físicos de intensidade moderada e alta (CROWTHER *et al.*, 2002; ROBERGS *et al.*, 2004).

Entretanto, a alta demanda energética associada ao exercício de alta intensidade, requer a ativação contínua da via glicolítica anaeróbica (LIMA-SILVA *et al.*, 2007). Como resultado, o piruvato, um produto intermediário da glicólise, é predominantemente convertido em ácido láctico, posteriormente em lactato e  $H^+$ . Neste contexto, o acúmulo de lactato e  $H^+$  pode contribuir para a sensação de fadiga muscular, a qual é caracterizada pela incapacidade muscular de manter níveis



elevados de força ou potência ao longo do tempo (SMITH *et al.*, 2007; JEUKENDRUP *et al.*, 2021).

### 2.3 FADIGA MUSCULAR

A fadiga muscular é um processo complexo que pode ser atribuído a diversos fatores, sendo caracterizado pela incapacidade muscular de manter níveis elevados de força ou potência ao longo do tempo, podendo gerar grande influência no desempenho de exercícios físicos (JEUKENDRUP *et al.*, 2021; MCARDLE *et al.*, 2016).

Exercícios que utilizam a glicólise anaeróbica como principal via de produção energética, como o treinamento de força, podem contribuir para o surgimento de uma acidose metabólica (MCARDLE *et al.*, 2016). Neste contexto, a alta demanda energética gerada pelo exercício e, conseqüentemente, utilização da glicólise anaeróbica, gera o aumento dos níveis de lactato e íons  $H^+$  (SALES *et al.*, 2005; FLECK; KRAEMER, 2017). A conseqüente redução do pH intramuscular, contribui para a acidificação do microambiente, uma condição que impacta diretamente a funcionalidade da fibra muscular (FLECK; KRAEMER, 2017).

A diminuição do pH, decorrente do acúmulo de íons  $H^+$ , pode gerar a inibição da enzima fosfofrutoquinase (PFK), reguladora da via glicolítica, resultando em uma redução do fluxo de intermediários e na capacidade de biossíntese de ATP, contribuindo assim para a sensação de fadiga muscular (FLECK; KRAEMER, 2017).

Além disso, a acidose também exerce influência sobre o funcionamento do sistema neuromuscular, afetando a condução dos estímulos para as fibras musculares, o que resulta em uma diminuição na capacidade de recrutamento de unidades motoras, prejudicando a força e a coordenação muscular (MCARDLE *et al.*, 2016). Outro fator importante impactado pela acidose é a liberação de cálcio, elemento essencial para a contração e relaxamento muscular, provocando uma redução gradual na capacidade de produção de força e, conseqüentemente, contribuindo também para o surgimento da fadiga (MCARDLE *et al.*, 2016).

Portanto, a fadiga muscular corresponde a um processo que envolve a interação de fatores neuromusculares e metabólicos, sendo caracterizada por influenciar diretamente a capacidade física e habilidade técnica do indivíduo, podendo estar presente durante e após o exercício (BERTUZZI *et al.*, 2009). Dessa

forma, em relação a força e potência, a fadiga afeta negativamente a capacidade de contração muscular, comprometendo a execução de movimentos explosivos (ALLEN *et al.*, 1995; MCARDLE *et al.*, 2016). Paralelo a isso, o progressivo consumo energético muscular, compromete a realização de movimentos controlados, tornando-os menos precisos. A fadiga influencia também a capacidade de sustentação de repetidas contrações musculares, afetando a resistência e capacidade de manter o ritmo constante. Entretanto, além dos efeitos físicos, a fadiga também influencia psicologicamente o desempenho esportivo, onde o aumento da percepção de esforço, pode impactar no desempenho esportivo (COSTILL *et al.*, 2020).

Logo, a utilização de recursos ergogênicos, como a suplementação de BA, pode se tornar uma estratégia para minimizar a percepção de fadiga e consequentemente os seus efeitos, trazendo benefícios para o desempenho esportivo.

#### 2.4 TREINAMENTO DE FORÇA

O treinamento de força é considerado um método eficaz para a melhora e manutenção do condicionamento físico, englobando uma série de benefícios além do desenvolvimento de força e massa muscular (KOMI, 2003). Estudos trazem como benefícios do treinamento além do desenvolvimento da força muscular, melhoria na resistência e na funcionalidade biomecânica.

No âmbito esportivo, o treinamento de força desempenha um papel crucial no aprimoramento do desempenho esportivo e na prevenção de lesões, demonstrando incrementos na potência muscular, resistência e estabilidade articular (ALENCAR, 2018). Entretanto, esta modalidade de treinamento não se limita apenas a atletas profissionais, sendo também benéfica para indivíduos que buscam a melhora da saúde músculo-esquelética e consequentemente, maior qualidade de vida (PHILLIPS *et al.*, 2010).

No contexto esportivo, a força abrange diferentes conceitos, cada um desempenhando um papel exclusivo no desempenho atlético. Logo, a força máxima representa a capacidade máxima do indivíduo em produzir força, essencial em esportes como levantamento de peso (halterofilismo), lançamentos no atletismo,

saltos, corridas de velocidade, lutas e ginástica artística (PLATONOV, 2004). A força-velocidade, por sua vez, refere-se à habilidade de gerar força no menor tempo possível, sendo crucial em esportes que demandam aceleração rápida ou explosividade, como nas modalidades de velocidade em corridas, ciclismo, natação, assim como nos esportes de esgrima, saltos do atletismo e em modalidades de lutas (PLATONOV, 2004).

Além disso, há a força-resistente, representada pela capacidade em manter um elevado nível de força pelo período mais extenso possível, podendo ser caracterizada também pela capacidade de superar a fadiga muscular. Este tipo de força mostra-se fundamental para atividades que demandam manutenção prolongada da produção de força, como corridas de longa distância, ciclismo e lutas. Tais tipos de força são aplicados de diferentes maneiras, associados ou não, de acordo com as necessidades específicas de cada esporte (PLATONOV, 2004).

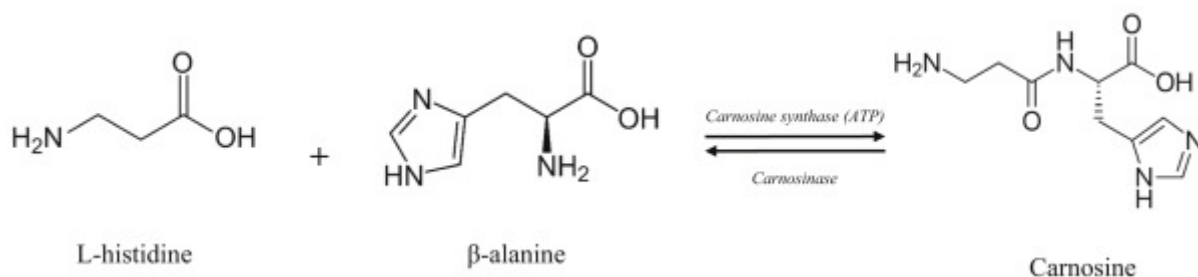
Neste contexto, o treinamento de força atua no desenvolvimento dos três tipos de força anteriormente citados. Simultaneamente ao desenvolvimento da força, é estabelecida uma base propícia para a melhoria da velocidade, flexibilidade e coordenação, habilidades essenciais na prática esportiva (PLATONOV, 2004). O papel da suplementação dietética nestas dimensões do treinamento de força ainda precisa ser melhor estudado.

## 2.5 SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR E BETA-ALANINA

### 2.5.1 CARNOSINA

A carnosina é um dipeptídeo composto pelos aminoácidos L-histidina e beta-alanina (FIGURA 2), presente em altas concentrações no tecido muscular esquelético de vertebrados e invertebrados (HARRIS *et al.*, 2006), podendo também ser encontrada em menor concentração no tecido cardíaco e cerebral (RODWELL, 2021). Tem como um de seus papéis fisiológicos o tamponamento de pH, agindo como defesa antioxidante e auxiliando na melhora do equilíbrio ácido-base em exercícios de alta intensidade (ABE, 2000; BOLDYREV *et al.*, 1993; GUALANO *et al.*, 2010).

Figura 2: Síntese de carnosina no músculo esquelético.

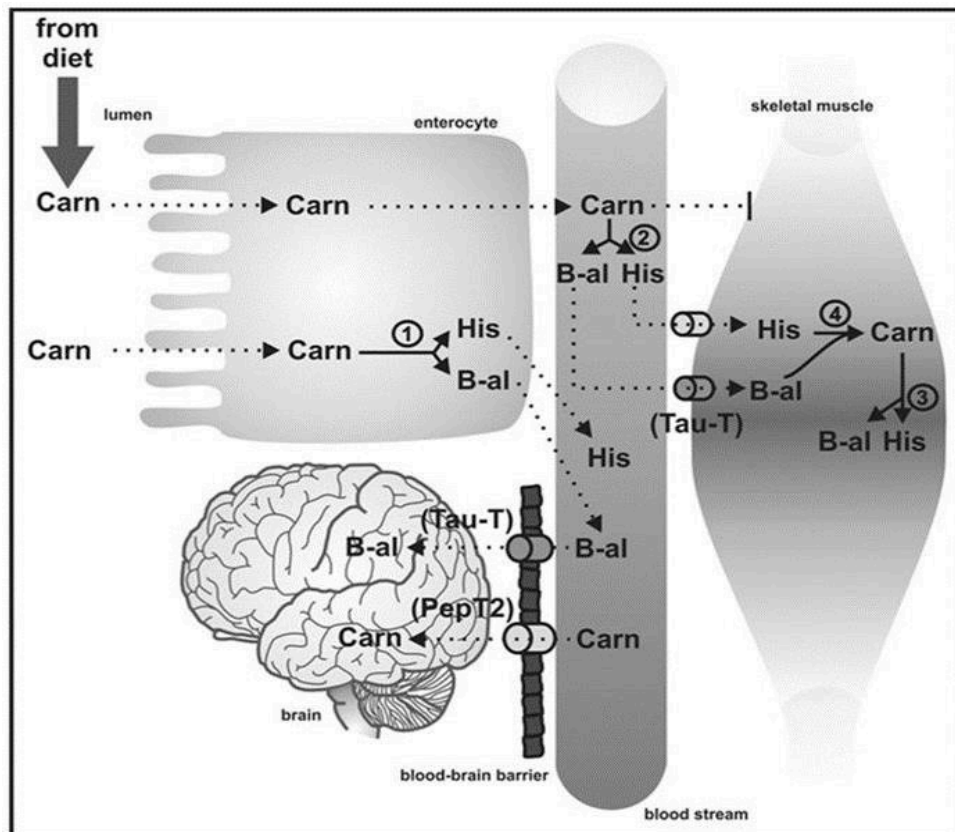


Fonte: Adaptado de HOFFMAN *et al.*, 2019.

Sua síntese ocorre no músculo esquelético a partir de uma reação catalisada pela enzima carnosina-sintase, tendo como fator limitante a disponibilidade de beta alanina (BAUER *et al.*, 1994). Além disso, também pode ser obtida de maneira exógena a partir da dieta, tendo como suas principais fontes alimentares a carne bovina, frango e peixes (ABE, 2000), encontrada em níveis entre 125 e 400mg/100g de carne (Volpe *et al.*, 2005).

Entretanto, a carnosina ao ser ingerida de maneira exógena, é clivada em beta-alanina e L-histidina por meio da ação da enzima carnosinase (FIGURA 3), presente na mucosa do jejuno e plasma sanguíneo (ASATOOR *et al.*, 1970). Dessa forma, estudos sugerem baixa eficácia na suplementação de carnosina para aumento dos níveis de concentração de carnosina intramuscular, entretanto, a suplementação de BA mostra-se benéfica para este objetivo, pois atua como fator limitante para síntese endógena de carnosina (GARDNER *et al.*, 1991).

Figura 3 - Biodisponibilidade e metabolismo da carnosina.



Legenda: 1: ação da enzima carnosinase jejunal; 2: ação da enzima carnosinase sérica; 3: ação da enzima carnosinase tecidual; 4: ação da enzima carnosina sintase; Tau-T: transportador taurina/BA; PepT2: transportador de carnosina; Carn: carnosina; B-al: beta-alanina; His: histidina.

Fonte: Adaptado de SALE *et al.*, 2013.

A carnosina é encontrada em concentrações próximas de  $17,5 \pm 4,8 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ dm}$  em mulheres e  $21,3 \pm 4,2 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ dm}$  em homens (MANNION *et al.*, 1992). Estudos realizados por Everaert em 2011 e Harris em 1992 sugerem que mulheres apresentam uma redução de 20 a 25% nos níveis de carnosina comparados aos homens. Além disso, fatores como idade, tipo de fibra muscular, dieta, suplementação, exercício, treinamento e gênero são determinantes para o nível basal de concentração de carnosina no músculo de cada indivíduo (HARRIS *et al.*, 2012).

Neste contexto, estudos sugerem que ocorre uma redução nos níveis de concentração de carnosina muscular em idosos, redução a qual pode estar associada a transição muscular gradual para fibras do tipo I de contração lenta, modificação que ocorre com o avanço da idade (DEVARE *et al.*, 2010), tornando

eficiente a suplementação de BA para aumento dos níveis de carnosina (HARRIS *et al.*, 2006). Além disso, estima-se que vegetarianos também podem apresentar níveis reduzidos de carnosina devido a restrição do consumo de proteína animal. No estudo realizado por Inge Everaert em 2011, os vegetarianos apresentaram uma concentração de carnosina 26% menor quando comparados a onívoros (EVERAERT *et al.*, 2011), apontando outro possível público com benefício na suplementação de BA.

### 2.5.2 BETA-ALANINA

A BA consiste em um aminoácido não essencial e não proteínogênico produzido endogenamente no fígado através do metabolismo de degradação da uracila, entretanto, a taxa de síntese endógena de BA é baixa, fazendo com que haja uma baixa concentração plasmática (HARRIS *et al.*, 2006). Neste contexto, a concentração gerada pela síntese endógena de BA é insuficiente para produção de grande quantidade de carnosina (FRITZSON, 1957). Portanto, a ingestão exógena de BA a partir de alimentos fonte, ou por meio de suplementação, se mostra importante para aumento de sua disponibilidade no organismo, e conseqüentemente, produção de carnosina.

Por sua vez, a BA atua como fator limitante para a síntese de carnosina, pois está presente em concentração 40x menor do que a L-histidina nas células musculares, além de apresentar menor afinidade com a enzima carnosina-sintase quando comparada à L-histidina (HARRIS *et al.*, 2006).

Ao ser ingerida, a BA é absorvida nas porções intestinais jejuno e íleo através de enterócitos, sendo transportada para a corrente sanguínea através das proteínas Tau-T, PAT1 e ATB<sup>0,+</sup>. A proteína ATB<sup>0,+</sup> atua como principal transportador intestinal, entretanto, é dependente de Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> para seu funcionamento (GUANAPATIA *et al.*, 2008). A proteína Tau-T realiza o transporte de BA no tecido muscular esquelético, porém também realiza o transporte do aminoácido não-essencial taurina, fazendo com que o consumo simultâneo das duas substâncias possa influenciar a absorção de ambos (HARRIS *et al.*, 2006). Ao ser absorvida no intestino e levada para a circulação, a BA é absorvida por alguns tecidos, sobretudo, pelo tecido muscular (NAVAB *et al.*, 1984).

Harris *et al.* (2006), tornam-se pioneiros ao publicar o primeiro estudo sobre suplementação de BA e seus efeitos nos níveis de carnosina em modelo humano, o qual sugere que a suplementação de BA resultou em aumentos significativos nos níveis de carnosina muscular. Neste estudo, foi investigada a relação entre dose de suplementação aguda e nível de concentração plasmática de BA, onde foram administradas três doses diferentes (10, 20 e 40 mg.kg<sup>-1</sup> de peso corporal) e demonstrado aumento na concentração de BA nos três grupos. No entanto, os grupos que receberam as doses de 20 e 40 mg.kg<sup>-1</sup> de peso corporal além do aumento da concentração plasmática de BA, também foi relatado o sintoma de parestesia como efeito adverso, caracterizado pela sensação de formigamento da pele, enquanto o grupo que consumiu 10 mg.kg<sup>-1</sup> de peso corporal não apresentou tal sintoma. Dessa forma, foi considerada como dose máxima por vez, o consumo de 10 mg.kg<sup>-1</sup> de peso corporal (HARRIS *et al.*, 2006).

Além disso, Harris *et al.* (2006) investigaram a suplementação crônica de BA e seus efeitos nos níveis de concentração de carnosina no tecido muscular. Neste estudo foram administradas as doses de 3,2 g.d<sup>-1</sup> de BA dividido em 4 vezes ao dia e 6,4 g.d<sup>-1</sup> dividido em 8 vezes ao dia, assegurando a administração máxima por vez de 10 mg.kg<sup>-1</sup>, sugerida como dose segura pela primeira etapa do estudo. Como resultado, foi demonstrado que no grupo suplementado com 3,2 g.d<sup>-1</sup> de BA apresentou um aumento de 40% no nível de concentração de carnosina muscular, enquanto no grupo suplementado com 6,4 g.d<sup>-1</sup> houve um aumento de 60% (HARRIS *et al.*, 2006).

Posteriormente, em 2007, Harris *et al.* publicam um novo estudo utilizando protocolo de suplementação crônica durante um período maior, sendo 10 semanas, utilizando a dose de 4 g.d<sup>-1</sup> na primeira semana, 4,8 g.d<sup>-1</sup> na segunda semana, 5,6 g.d<sup>-1</sup> na terceira semana e 6,4 g.d<sup>-1</sup> nas próximas 7 semanas até a conclusão do período (FIGURA 4). Estudo o qual demonstrou um aumento de 58,8% nos níveis de carnosina muscular após 4 semanas de suplementação, e 80,1% de aumento ao final de 10 semanas de suplementação em relação ao basal (FIGURA 5) (HARRIS *et al.*, 2007).

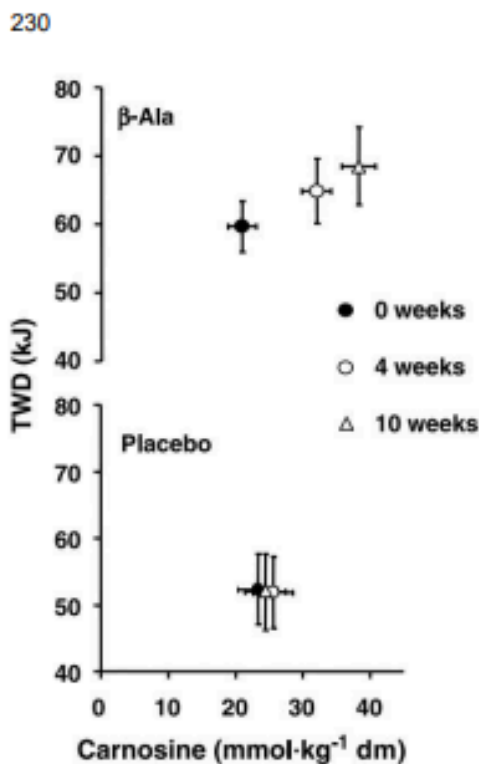
Figura 4 - Estratégia de dosagem adotada no estudo de HARRIS *et al.*, 2007.

Week	Dosing times								Per day
	9 am	10 am	11 am	12 am	3 pm	4 pm	5 pm	6 pm	
1	800 mg	400 mg	400 mg	400 mg	800 mg	400 mg	400 mg	400 mg	4.0 g
2	800 mg	400 mg	400 mg	800 mg	800 mg	400 mg	400 mg	800 mg	4.8 g
3	800 mg	400 mg	800 mg	800 mg	800 mg	400 mg	800 mg	800 mg	5.6 g
4	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	6.4 g
5-10	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	6.4 g

Total: 146 g  $\beta$ -alanine ( $\beta$ -Ala) or maltodextrin (P)

Fonte: Adaptado de HARRIS *et al.*, 2007

Figura 5 - Concentração intramuscular de carnosina após 4 e 10 semanas de suplementação de beta-alanina.



Fonte: Adaptado de HARRIS *et al.*, 2007



O estudo publicado por Harris *et al.* (2007) também sugere que a suplementação de BA, ao longo de 4 e 10 semanas, demonstrou um impacto positivo e progressivo no desempenho do exercício de alta intensidade, refletido pelo trabalho total realizado a 110% da potência máxima no ciclismo. Durante o período de 4 semanas, observou-se um aumento significativo de +13% no trabalho total realizado, com um incremento adicional de +3,2% ao longo de 10 semanas de suplementação. Resultados os quais contrastam com os resultados obtidos no grupo controle, onde permaneceu inalterado ao final de 4 e 10 semanas. Portanto, é relevante destacar que o aumento do trabalho total realizado, decorrente da suplementação de BA, foi correlacionado ao aumento nos níveis de carnosina muscular, indicando uma possível associação entre os efeitos ergogênicos da BA e a elevação dos níveis intramusculares de carnosina (HARRIS *et al.*, 2007).

### 2.5.3 SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA

A busca pela otimização do desempenho esportivo por meio da suplementação remonta à antiguidade, quando soldados e atletas exploravam substâncias em busca de vantagens competitivas. Nos anos de 500-400 a.C., soldados e atletas gregos, recorriam a utilização de produtos derivados do fígado de veados e corações de leões, acreditando que tais substâncias proporcionavam coragem, velocidade e força. No entanto, grande parte das evidências científicas em torno da utilização de suplementos nutricionais como recurso ergogênico, são derivadas do século 20, a partir de pesquisas que compreenderam o trabalho muscular e a influência de macronutrientes e micronutrientes (APPLEGATE; GRIVETTI, 1997).

A utilização de suplementos alimentares ergogênicos, classificados como substâncias que visam a melhora do desempenho na prática esportiva, vem sendo amplamente utilizada como recurso para melhora de performance e otimização de resultados, tanto em competições como em treinamentos (SANTOS *et al.*, 2021). Os suplementos podem ser categorizados de acordo com seus efeitos, abrangendo desde substâncias que atuam diretamente durante o exercício físico, até substâncias utilizadas para facilitar a recuperação pós treinamento (KREIDER *et al.*, 2010).

Em declaração de Consenso do Comitê Olímpico Internacional (COI) publicada em 2018, é definido o conceito de suplemento nutricional:

Um alimento, componente alimentar, nutriente ou composto não alimentar que é ingerido propositalmente além da dieta habitualmente consumida, com o objetivo de alcançar um benefício específico para a saúde e/ou desempenho (COI, 2018).

Dessa forma, a BA atua como um recurso ergogênico, sendo classificada em 2017 pelo Australian Institute of Sport (AIS) como suplemento classe A, baseando-se no nível de evidência dos benefícios da suplementação no desempenho esportivo.

Entretanto, a comercialização da BA no mercado brasileiro como suplemento alimentar foi aprovada recentemente pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), através da Resolução - RE nº 4.502, publicada em 09 de novembro de 2020 no Diário Oficial da União (DOU). Anteriormente, para sua aquisição era necessário a busca no comércio internacional ou farmácias de manipulação, fazendo com que não houvesse a segurança de origem e composição do produto.

A suplementação de BA tem como objetivo aumentar a biodisponibilidade de BA para a síntese de carnosina nos músculos. Aumentando a concentração de carnosina, é possível ampliar a capacidade de tamponamento intramuscular, retardando a acumulação de íons de hidrogênio e prolongando o tempo até a fadiga muscular (HARRIS *et al.*, 2006; HILL *et al.*, 2007).

Como citado anteriormente, durante exercícios de alta intensidade, o metabolismo anaeróbico gera íons de hidrogênio ( $H^+$ ), resultando na redução do pH e acidificação intramuscular. Esse ambiente ácido pode comprometer a capacidade contrátil e favorecer a fadiga muscular (SALE *et al.*, 2010). Embora o corpo possa sintetizar BA, a taxa de síntese muitas vezes não é suficiente para atender as demandas aumentadas de carnosina durante períodos de exercício intenso (GUALANO *et al.*, 2009).

A carnosina atua como um tampão intracelular, minimizando a acidificação intramuscular, mitigando a acidose e preservando a homeostase ácido-base nos músculos. Neste contexto, Severin *et al.*, 1953, demonstraram que em condições nas quais a carnosina estava presente, o músculo sartório de rãs quando estimulado eletricamente apresentou uma maior resistência à fadiga. Portanto, os pesquisadores sugerem que na presença de carnosina, o acúmulo de concentrações

elevadas de lactato no músculo poderia ocorrer sem comprometer a funcionalidade muscular. Em contrapartida, na ausência de carnosina, verificou-se que o lactato provocou acidificação no tecido muscular, culminando em fadiga no músculo isolado. Esses resultados destacam a potencial contribuição da carnosina no tamponamento da acidose intramuscular, bem como na atenuação da fadiga muscular induzida pelo lactato durante a estimulação elétrica do músculo sartório das rãs (SEVERIN *et al.*, 1953).

A utilização de uma estratégia adequada de suplementação de BA é essencial para a otimização de seus benefícios. Estudos atuais indicam a adoção da estratégia de consumo de 4 a 6 g de BA por dia, sendo divididas em doses de até 2 g para que os sintomas de parestesia sejam evitados, pelo período mínimo de 2 semanas de consumo diário. Tal protocolo de estratégia mostra-se resultar em um aumento de 20 a 30% nos níveis de concentração de carnosina intramuscular. Entretanto, utilizando a estratégia de suplementação durante 4 semanas, observa-se o aumento de 40 a 60% nos níveis de concentração de carnosina intramuscular (STELLINGWERFF *et al.*, 2012).

Neste contexto, a suplementação de beta-alanina tem se mostrado benéfica para a melhoria do desempenho esportivo.

#### 2.5.4 SEGURANÇA E EFEITOS COLATERAIS

Sabe-se que estratégias de suplementação nutricional, se utilizadas da forma correta e para finalidade adequada, podem trazer efeitos positivos. No entanto, os suplementos podem causar efeitos adversos para a saúde, o que implica em prescrição adequada e acompanhamento profissional de rotina (GELLER *et al.*, 2015)

A suplementação de BA é frequentemente associada à parestesia. A parestesia se define por uma sensação transitória de formigamento ou ardor da pele, geralmente perceptível em áreas como face, pescoço, dorso das mãos e extremidades. Este efeito se manifesta aproximadamente de 10 a 20 minutos após a ingestão do suplemento, perdurando por um período de 60 a 90 minutos (HARRIS *et al.*, 2006; ARTIOLI *et al.*, 2010). Estudos sugerem que o fenômeno de parestesia surge com a ingestão de uma dose superior a 800mg de BA de uma única vez,

especialmente em contextos nos quais não é empregada uma formulação de liberação lenta (HARRIS *et al.*, 2006; DÉCOMBAZ *et al.*, 2012).

Presume-se que a BA estimula receptores de neurônios sensoriais como o receptor Mas acoplado a proteína-G (MrgD), cuja expressão ocorre no gânglio da raiz dorsal, atingindo as camadas da derme e epiderme. Dessa forma, é possível supor que a ativação do MrgD pela BA seja o mecanismo capaz de induzir a parestesia (SHINOHARA *et al.*, 2004; DECOMBAZ *et al.*, 2012).

Embora a parestesia não seja prejudicial à saúde, este efeito pode ser desconfortável para alguns indivíduos e comprometer o desempenho esportivo. Paradoxalmente, acredita-se que o efeito colateral da parestesia pode atuar como um estímulo para alguns indivíduos. Coincidentemente, um estudo relata que os atletas que sentiram parestesia tiveram melhor desempenho em relação aqueles que foram suplementados e não sentiram (SILVA *et al.*, 2022).

No ano de 2016 Kelly *et al.* realizou uma pesquisa com jogadores profissionais de futebol e rugby Australianos, com o objetivo de investigar o uso de suplementação de BA. Tendo como resultado, aproximadamente 61% dos atletas relataram o uso de suplementação de BA. Entretanto, apenas 35% de fato compreendiam os benefícios da suplementação de BA, e 52% dos atletas seguiam as orientações de uso elaboradas por um nutricionista, enquanto a maior parte dos entrevistados (71%) seguiam orientações sobre uso com treinadores de força e condicionamento (KELLY *et al.*, 2016). Portanto, este estudo demonstra a frequente utilização de suplementos alimentares sem a orientação de um profissional capacitado, especialmente sem a supervisão de um nutricionista, tornando-se uma tendência preocupante. A falta de orientação profissional pode resultar em escolhas inapropriadas, doses desreguladas e potenciais efeitos colaterais adversos.

Um estudo realizado por GALLER *et al.* no ano de 2015, buscou investigar a prevalência de visitas a departamentos de emergência com queixa de efeito adverso relacionado a utilização de suplementos dietéticos. O levantamento foi realizado em hospitais dos Estados Unidos e sugeriu que anualmente ocorrem 23.000 casos de emergência relacionados à suplementação e em torno de 2.000 hospitalizações (GALLER *et al.*, 2015).

Dessa forma, sabe-se que estratégias de suplementação nutricional, se utilizadas da forma correta e para uma finalidade adequada, podem trazer efeitos positivos. Entretanto, a suplementação realizada de maneira inadequada pode

causar efeitos adversos para a saúde. Portanto, é de extrema importância o acompanhamento de um profissional capacitado para a adoção de uma estratégia adequada.

### **3 JUSTIFICATIVA**

A busca pela otimização do desempenho esportivo por meio da suplementação remonta à antiguidade, quando soldados e atletas exploravam substâncias em busca de vantagens competitivas. No entanto, grande parte das evidências científicas em torno da utilização de suplementos nutricionais como recurso ergogênico, são derivadas do século 20, a partir de pesquisas que relataram aumento da força muscular e sob a influência de macronutrientes e micronutrientes (APPLEGATE; GRIVETTI, 1997).

O mercado mundial de suplementos nutricionais cresce exponencialmente a cada ano, e estima-se que até o ano de 2025 alcance a marca de USD 252 bilhões (TERRA, 2022). Este aumento de mercado consumidor pode ser creditado a busca de um estilo de vida mais saudável, e ao envelhecimento populacional. Outro aspecto relevante para o aumento é a crença de que os produtos industrializados seriam nutricionalmente mais ricos e puros em componentes essenciais ao metabolismo. Especificamente, o mercado global de nutrição esportiva foi avaliado em US\$42,12 bilhões no ano de 2022 e deve atingir um valor de US\$77,95 bilhões até o ano de 2030, com uma taxa anual de crescimento no período de 2023-2030 estimada em 8% (VANTAGE MARKET RESEARCH, 2022). O mercado de nutrição esportiva fornece produtos nutricionais e suplementos a atletas e indivíduos ativos para melhorar seu desempenho atlético, resistência e recuperação. Este mercado inclui uma ampla gama de produtos, como proteínas em pó, barras energéticas, bebidas esportivas, aminoácidos e diversos suplementos dietéticos. O Brasil e o México são os maiores mercados consumidores das Américas depois dos Estados Unidos. No ano de 2013, a Natural Alternatives International sugeriu que a produção mundial de BA com finalidade de suplementação alcançasse 100.000 Kg a cada ano (VENDA *et al.*, 2013).

Diante de um cenário mundial de elevado consumo, ainda existem lacunas em relação a evidências científicas sólidas que sustentem o uso eficiente de suplementos. Neste contexto, está inserido a beta-alanina como recurso ergogênico para treinos de força. Brevemente, existem muitas divergências entre os estudos publicados na literatura, uma vez que utilizam diferentes estratégias de administração, utilizando regimes de tempo ou dose insuficientes em relação ao recomendado no posicionamento publicado pela Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva (ISSN) em 2015.

Portanto, considerando os benefícios propostos para a beta-alanina, é de suma importância mapear os seus potenciais efeitos associados ao treinamento de força, como uma possível estratégia de acentuar o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética, podendo compor melhorias no quadro de saúde, aptidão física, tratamento de patologias e qualidade de vida do indivíduo.

Desta forma podem ser propostas novas abordagens e protocolos de suplementação de beta-alanina no treinamento de força utilizando estratégias seguras e eficazes.

#### **4 OBJETIVO**

Este estudo tem como objetivo geral analisar os efeitos da suplementação de beta-alanina sobre o treinamento de força.

#### **5 MÉTODOS**

O autor realizou uma revisão da literatura por meio de artigos selecionados na base de dados Medline/PubMed no idioma inglês. Após a seleção foi realizada a leitura completa dos artigos para inclusão final ao trabalho. Divergências ou dúvidas, caso presentes, foram discutidas com um revisor sênior, LVCP.

Foi utilizado como critério de inclusão artigos científicos originais, revisões, posicionamentos e diretrizes, tendo como alvo indivíduos saudáveis, ambos os gêneros, de todas as faixas etárias, previamente praticantes ou não de exercício físico, suplementados exclusivamente com beta alanina. Estudos que utilizaram a suplementação de beta-alanina associada à creatina foram excluídos.

O presente projeto trata-se de uma revisão narrativa, com embasamento científico realizado através de consultas a artigos científicos indexados originais, revisões, posicionamentos, e diretrizes de referência publicados nas bases de dados Medline/PubMed no idioma inglês. Como estratégia de pesquisa na base de dados foram utilizados os seguintes termos: (“b-alanine”) OR (“beta alanine”) OR (“b alanine supplementation”) OR (“beta alanine supplementation”) OR (“carnosine”) AND (“strength training”). Com base nos critérios desta pesquisa foram encontrados 70 artigos até o ano de 2023, dos quais 8 foram selecionados.

Assim, 8 estudos foram analisados na atual revisão e os resultados descritos conforme o objetivo.

## **6 RESULTADOS**

A partir da busca, foram selecionados 8 artigos que se enquadram no objetivo de busca do estudo.

O estudo publicado por Camargo *et al.* (2023) investigou os efeitos da suplementação de BA sobre as adaptações ao treinamento de resistência, tendo como focos principais força e espessura muscular. O estudo envolveu 19 homens saudáveis e experientes em treinamento resistido ( $5,9 \pm 3,9$  anos), com uma idade média de  $27,4 \pm 5,3$  anos divididos entre os grupos BA e PLA. Este estudo teve como protocolo de suplementação a administração de 1,6g 4x ao dia de BA ou PLA (maltodextrina), totalizando 6,4 g/dia durante 8 semanas. Além disso, os participantes seguiram um protocolo de treinamento resistido pré estabelecido, contando com quatro sessões de treinamento por semana durante o período de intervenção. Durante a análise dos dados, foram avaliados parâmetros relacionados ao ganho muscular, aumento de força e capacidade de resistência, utilizando

métodos padronizados de avaliação física e testes de desempenho específicos para cada variável estudada. No entanto, não houve diferença significativa entre os grupos controle e placebo em relação aos parâmetros de adaptação ao treinamento de resistência.

No ano de 2018, Maté-Munhoz *et al.* publicaram um estudo com objetivo de avaliar os efeitos da suplementação de BA sob um programa de treinamento de força de 5 semanas. Neste estudo foram incluídos 26 homens com média de idade de  $21,85 \pm 1,6$  anos, saudáveis e treinados em força. Durante 5 semanas, o grupo PLA recebeu sacarose, enquanto o grupo intervenção foi suplementado com 6,4g/dia de BA, divididos em 8 doses de 800 mg. O protocolo de treinamento consistiu em 3 sessões semanais, envolvendo exercícios para as pernas, como agachamento com barra nas costas, step ups com barra e salto com carga. Neste estudo foram analisadas diversas variáveis como velocidade média, velocidade de pico, potência média, potência de pico, esforço relatado e carga de exercício. Tendo como resultado, observou-se no grupo BA uma melhora significativa na potência média em 1RM, resultando na capacidade de levantar uma carga de treinamento maior e em um aumento no peso levantado, além disso, o grupo BA também apresentou aumento no número de séries realizadas quando comparado ao grupo PLA.

O estudo conduzido por Outlaw *et al.* (2016), investigou os efeitos da suplementação de BA combinada com um programa de treinamento resistido em mulheres universitárias não treinadas. O estudo contou com uma amostra de 16 participantes mulheres, não treinadas, com idade média de  $21,0 \pm 2,2$  anos, designadas aleatoriamente para o grupo suplementação ou controle. A estratégia de suplementação utilizada no estudo consistiu na administração de 5g de maltodextrina para o grupo PLA, e 3,4g de BA associada a 1,6g de maltodextrina para o grupo BA 4 vezes na semana durante 8 semanas, a suplementação era realizada imediatamente antes da sessão de treinamento. O protocolo de treinamento resistido foi aplicado em 4 dias da semana durante 8 semanas, tendo para cada dia da semana um grupo de exercícios. Além disso, ao final de cada sessão de treinamento era administrado suplemento proteico contendo 28g de proteína. Trazendo como resultado o aumento significativo na resistência muscular no grupo BA, particularmente evidenciado pelo número de repetições no leg press até a fadiga. Entretanto, não houve diferença significativa entre os grupos BA e PLA



na força máxima, composição corporal e potência anaeróbica avaliada através do teste de Wingate.

Kendrick *et al.* (2008) publicaram um estudo com o objetivo de investigar o efeito de 10 semanas de treinamento resistido nos níveis de concentração de carnosina muscular e medidas de força. Participaram do estudo 26 homens jovens e saudáveis, divididos entre os grupos BA e PLA por desenho de pares combinados, com base na massa corporal e força corporal total. A estratégia de suplementação utilizada foi de 800mg de BA 8 vezes ao dia, totalizando 6,4g ao dia, durante 4 semanas, como placebo foi utilizado maltodextrina. Paralelamente, foi implementado um protocolo de treinamento que incluía quatro sessões por semana durante um período de 10 semanas. Cada semana consistia em dois treinos de membros superiores e dois treinos de membros inferiores. Como resultados, obteve-se um aumento significativo de 59% nos níveis de carnosina no grupo suplementado com BA, enquanto nenhum efeito foi revelado no grupo placebo. No entanto, não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros de exercícios medidos, na massa corporal e porcentagem de gordura corporal, decorrentes da suplementação de BA.

Posteriormente, Kendrick *et al.* (2009) publicaram outro estudo tendo como objetivo avaliar o nível de carnosina muscular após 4 semanas de suplementação de BA associado ao treinamento isocinético. A amostra contou com 14 indivíduos do sexo masculino, jovens, saudáveis e praticantes de esportes diversos, os quais foram divididos em dois grupos, BA e placebo, utilizando o modelo de pares combinados a partir dos dados de altura e massa. Tendo como estratégia de suplementação, a mesma aplicada no estudo anterior. O protocolo de treinamento contou com 3 sessões de treinamento isocinético por semana, durante as semanas 1 e 2, enquanto nas semanas 3 e 4 foram realizadas 4 sessões de treinamento isocinético por semana. Para isso, foi utilizado um dinamômetro isocinético, aplicando o treinamento de maneira unilateral, apenas na perna direita, dessa forma, utilizando a perna esquerda como perna controle. Realizada a biópsia muscular nos momentos pré e pós suplementação, em ambos os grupos, o estudo trouxe como resultado o aumento na concentração de carnosina muscular em ambas as pernas para o grupo suplementado com BA, sem diferença significativa entre a perna submetida ao treinamento isocinético e a perna controle. Em contrapartida, o grupo placebo não apresentou diferença significativa nas concentrações de carnosina.

Portanto, o estudo sugere que o treinamento realizado não gerou aumento na concentração de carnosina, sendo este um efeito gerado a partir da disponibilização de BA através da suplementação.

Recentemente, um estudo publicado por Pessôa *et al.* (2023) buscou avaliar e comparar o efeito da suplementação de BA no treinamento de força resistido tradicional e no treinamento de força resistido com restrição de fluxo sanguíneo. Dessa forma, a amostra foi composta por 19 homens saudáveis, divididos em modelo de pares combinados, e direcionados aleatoriamente para os grupos BA ou PLA. Foi utilizada como estratégia de suplementação a administração de cápsulas de liberação lenta de BA, sendo orientado o consumo de duas cápsulas de 800mg três vezes ao dia, durante 6 semanas (4,8g ao dia), enquanto para o grupo placebo foi destinado o consumo de cápsulas contendo dextrose. Para a divisão das modalidades de treinamento, foi selecionado aleatoriamente um braço para o treinamento tradicional e o outro para treinamento com restrição de fluxo sanguíneo. O protocolo de treinamento consistiu em duas sessões de treinamento por semana para cada braço, conseqüentemente, para cada modalidade de treinamento, realizadas em dias não consecutivos, durante 6 semanas, tendo como exercício comparativo “rosca bíceps”. Como resultado, foi sugerido que o protocolo de treinamento resistido tradicional gerou aumento significativo da força e no volume total de treinamento (considerando as variáveis número de série x carga x número de repetições), quando comparado aos dados obtidos do treinamento de força resistido com restrição de fluxo sanguíneo. Entretanto, não foi observado benefício significativo na suplementação de BA para as duas modalidades, avaliando volume de treinamento, trabalho total e força de 1 RM.

Um estudo conduzido por Bassinello *et al.* (2019) examinou os efeitos da suplementação de BA durante 4 semanas em indivíduos saudáveis com experiência em treinamento resistido, a análise foi realizada através de testes isométrico, isotônicos e isocinéticos pré e pós o período de suplementação. A amostra contou com 20 homens saudáveis, praticantes de treinamento resistido, os quais foram divididos em pares combinados de acordo com o nível de força medido através de 1RM, posteriormente designados aleatoriamente para o grupo beta-alanina ou placebo. Os participantes foram instruídos a permanecer com sua rotina de treinamento durante o período de intervenção. A estratégia de suplementação utilizada foi o consumo de dois comprimidos contendo 800 mg de beta-alanina

(utilizado comprimido de liberação lenta) ou placebo (maltodextrina), quatro vezes ao dia durante 4 semanas, totalizando 6,4 g ao dia. O protocolo de testes contou com teste de resistência de força isotônica da parte inferior e superior do corpo, medido através dos exercícios supino reto e leg press, enquanto o teste de resistência isocinética e isométrica foram avaliados na parte inferior do corpo a partir de um dinamômetro isocinético. Como resultado, não foi observada diferença significativa no número de repetições realizadas nos testes de força isotônica (supino e leg press), assim como também não gerou influência no trabalho total realizado no teste de resistência isocinética. Entretanto, o grupo suplementado com beta-alanina apresentou uma melhora na resistência isométrica dos membros inferiores no grupo, quando comparado ao grupo placebo. Portanto, este estudo sugere que a BA pode ter um efeito positivo na resistência muscular em atividades que demandam contração muscular estática.

No mesmo contexto, Glenn *et al.* (2016) publicaram um estudo com o objetivo de analisar os efeitos da suplementação de beta-alanina durante 4 semanas em mulheres atletas master. A amostra do estudo contou com a participação de 22 mulheres ciclistas, com idade >47 anos. As participantes foram divididas aleatoriamente entre o grupo beta-alanina e o grupo placebo (dextrose), neste contexto, o grupo placebo foi instruído a consumir 8g de dextrose quatro vezes ao dia, enquanto o grupo beta-alanina realizou o consumo de 800 mg de beta-alanina associado a 8g de dextrose quatro vezes ao dia totalizando 3,2 g ao dia, ambos os grupos realizaram a suplementação durante 4 semanas. Além disso, as participantes foram instruídas a manter as suas rotinas e intensidade de treinamento ao decorrer do estudo. Foram avaliados pré intervenção e, posteriormente, a cada semana de estudo, aspectos antropométricos como peso, altura, DEXA (analisando gordura corporal e massa magra), força de preensão manual isométrica (HG) através de um dinamômetro portátil, e força isocinética da parte inferior do corpo (ISO) através de um dinamômetro isocinético. Como resultado, a suplementação de beta-alanina não gerou efeito significativo na composição corporal e no teste HG, entretanto, no teste de ISO foi observado o aumento pico de torque médio e trabalho concluído no grupo beta-alanina quando comparado ao grupo controle. Portanto, levando em consideração que mulheres e idosos possuem níveis de carnosina intramuscular menores, este poderia ser um grupo que se beneficiaria da utilização da suplementação.

## 7 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação com beta-alanina ainda pode ser considerada um tema recente na área de nutrição esportiva, tendo a primeira pesquisa clínica realizada no ano de 2006 por HARRIS *et al.*, e seu consumo sendo legalizado no mercado brasileiro pela Anvisa em 2020. Apesar de chegar recentemente no mercado brasileiro, este aminoácido tem recebido cada vez mais destaque, e, atualmente, está sendo amplamente utilizado em fórmulas de pré-treino disponíveis no mercado.

Publicado em 2015, o posicionamento da ISSN sugere que a beta-alanina é um suplemento com alta evidência científica quanto ao seu potencial ergogênico e de uso seguro em populações saudáveis, em doses recomendadas.

Realizado o levantamento e análise dos estudos científicos selecionados na pesquisa, observou-se que todos os estudos utilizaram como período mínimo de intervenção, a suplementação por tempo acima de 4 semanas, conforme publicações anteriores que evidenciaram aumento significativo nos níveis de carnosina em protocolos que utilizaram este período. Neste contexto, os estudos realizados por Kendrick *et al.* (2008) e Kendrick *et al.* (2009) analisaram o nível de carnosina muscular pré e pós intervenção, apresentando aumento em ambos os estudos, e tendo como registro no primeiro estudo o aumento significativo de 59% no grupo suplementado com beta-alanina.

Além disso, apenas 2 dos 8 estudos analisados tiveram como amostra indivíduos do sexo feminino, sendo os estudos realizados por Outlaw *et al.* (2016) e Glenn *et al.* (2016). Ambos os estudos apresentaram efeito benéfico na utilização da suplementação de beta-alanina. No estudo de Outlaw *et al.* (2016) foi observado um aumento significativo na resistência muscular, evidenciado pelo aumento de repetições no aparelho leg press, no grupo suplementado com beta-alanina em relação ao grupo controle. Ademais, no estudo de Glenn *et al.* (2016) foram observadas melhoras significativas na melhora da resistência isocinética no grupo suplementado com beta-alanina.

Outros dois estudos também encontraram efeitos benéficos na suplementação de beta-alanina. No estudo de Basinello *et al.* (2019), tendo como perfil da amostra homens saudáveis e com experiência no treinamento de força, foi descrita a melhora significativa na resistência isométrica no grupo suplementado. Resultado similar ao encontrado no estudo realizado por Maté-Munhoz *et al.* (2018),

apresentando melhora significativa na potência em 1RM, assim como aumento de séries e carga no treinamento no grupo suplementado com beta-alanina.

Entretanto, os estudos realizados por Camargo et al. (2023) e Pessoa et al. (2023), não apresentaram qualquer benefício significativo no treinamento de força associado a suplementação de beta-alanina.

Os efeitos da suplementação de BA sobre a concentração de carnosina muscular e o desempenho físico não são uniformemente observados em todos os estudos analisados. Isso pode ser atribuído a uma variedade de fatores, incluindo diferenças nas estratégias de suplementação, como dose e duração da intervenção, características da população estudada, protocolos de treinamento utilizados e métodos de avaliação dos resultados.

Portanto, embora parte dos estudos analisados sugere efeitos positivos da suplementação de beta-alanina no treinamento de força, ainda é necessário esclarecer os mecanismos bioquímicos e fisiológicos envolvidos, assim como as variáveis que podem influenciar a resposta individual à suplementação, como nível de treinamento do indivíduo, idade, sexo, fatores individuais de absorção e nível basal genético. As limitações dos estudos como tamanho de amostra, homogeneização dos protocolos e balanceamento entre gênero masculino e feminino, limitam a magnitude das conclusões e possíveis recomendações a partir dos estudos analisados. Dessa forma, mais ensaios clínicos são necessários para compreender o papel da beta-alanina no treinamento de força, investigando assim, fatores como a otimização do desempenho atlético, aumento de força e resistência muscular.

Em conclusão, mais ensaios clínicos e pesquisas são necessárias para estabelecer recomendações nutricionais apropriadas para a beta-alanina como suplemento no treinamento de força para a otimização do desempenho atlético, aumento de força e resistência muscular.

## 8 REFERÊNCIAS

ABE, H. Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. **Biochemistry. Biokhimiia**, v. 65, n. 7, p. 757–765, jul. 2000.

ALENCAR, G. P. D. RELEVÂNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA E SUAS VARIÁVEIS NOS MAIS DIVERSOS OBJETIVOS. **Fiep Bulletin - online**, v. 88, n. 1, 2018.

ALLEN, D. G.; LÄNNERGRENN, J.; WESTERBLAD, H. Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. **Experimental Physiology**, v. 80, n. 4, p. 497–527, jul. 1995.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009.

ANDERSON, C. M. H.; GANAPATHY, V.; THWAITES, D. T. Human solute carrier SLC6A14 is the  $\beta$ -alanine carrier. **The Journal of Physiology**, v. 586, n. 17, p. 4061–4067, 2008.

APPLEGATE, E. A.; GRIVETTI, L. E. Search for the Competitive Edge: A History of Dietary Fads and Supplements<sup>1</sup>. **The Journal of Nutrition**, v. 127, n. 5, p. 869S–873S, 1 maio 1997.

ARTIOLI, G. G. et al. Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 6, p. 1162–1173, jun. 2010.

ASATOOR, A. M. et al. Intestinal absorption of carnosine and its constituent amino acids in man. **Gut**, v. 11, n. 3, p. 250–254, mar. 1970.

BAGUET, A. et al. The influence of sex, age and heritability on human skeletal muscle carnosine content. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 13–20, 1 jul. 2012.

BASSINELLO, D. et al. Beta-alanine supplementation improves isometric, but not isotonic or isokinetic strength endurance in recreationally strength-trained young men. **Amino Acids**, v. 51, n. 1, p. 27–37, 1 jan. 2019.

BAUER, K.; SCHULZ, M. Biosynthesis of carnosine and related peptides by skeletal muscle cells in primary culture. **European Journal of Biochemistry**, v. 219, n. 1–2, p. 43–47, 15 jan. 1994.

BERTUZZI, R. C. DE M. et al. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Rev. bras. cineantropom. desempenho hum**, p. 226–234, 2009.

BOLDYREV, A. A. Does carnosine possess direct antioxidant activity? **International Journal of Biochemistry**, v. 25, n. 8, p. 1101–1107, 1 ago. 1993.

CABERLIM FERREIRA, C. et al. Atualidades sobre a suplementação nutricional com beta-alanina no esporte. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 51, p. 271–278, 2015.

CAMARGO, J. B. B. et al. Does beta-alanine supplementation enhance adaptations to resistance training? A randomized, placebo-controlled, double-blind study. **Biology of Sport**, v. 40, n. 1, p. 217–224, jan. 2023.

CESAK, O. et al. Carnosine and Beta-Alanine Supplementation in Human Medicine: Narrative Review and Critical Assessment. **Nutrients**, v. 15, n. 7, p. 1770, jan. 2023.

COSTILL, W. Larry Kenney, Jack H. Wilmore, David L. Fisiologia do esporte e do exercício 7a ed. Editora Manole, 2020.

CROWTHER, G. J. et al. Control of glycolysis in contracting skeletal muscle. II. Turning it off. **American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism**, v. 282, n. 1, p. E74-79, jan. 2002.

DÉCOMBAZ, J. et al. Effect of slow-release  $\beta$ -alanine tablets on absorption kinetics and paresthesia. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 67–76, jul. 2012.

DERAVE, W. et al. Muscle Carnosine Metabolism and  $\beta$ -Alanine Supplementation in Relation to Exercise and Training. **Sports Medicine**, v. 40, n. 3, p. 247–263, 1 mar. 2010.

DUCHATEAU, J.; SEMMLER, J. G.; ENOKA, R. M. Training adaptations in the behavior of human motor units. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 101, n. 6, p. 1766–1775, dez. 2006.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 3, p. 299–307, mar. 2005.

EVERAERT, I. et al. Vegetarianism, female gender and increasing age, but not CNDP1 genotype, are associated with reduced muscle carnosine levels in humans. **Amino Acids**, v. 40, n. 4, p. 1221–1229, abr. 2011.

FLECK, Steven J.; KRAEMER, William J. Fundamentos do treinamento de força muscular. Grupo A, 2017.

FRITZSON, P. The catabolism of C14-labeled uracil, dihydrouracil, and beta-ureidopropionic acid in rat liver slices. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 223–228, maio 1957.

FRY, R. W. et al. Biological responses to overload training in endurance sports. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 4, p. 335–344, 1992.

GARDNER, M. L. et al. Intestinal absorption of the intact peptide carnosine in man, and comparison with intestinal permeability to lactulose. **The Journal of Physiology**, v. 439, p. 411–422, ago. 1991.

GELLER, A. I. et al. Emergency Department Visits for Adverse Events Related to Dietary Supplements. **New England Journal of Medicine**, v. 373, n. 16, p. 1531–1540, 15 out. 2015.



GLAISTER, M. Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 35, n. 9, p. 757–777, 2005.

GLENN, J. M. et al. Effects of 28-Day Beta-Alanine Supplementation on Isokinetic Exercise Performance and Body Composition in Female Masters Athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 200, jan. 2016.

GONÇALVES, A. C. C. R. et al. Exercício resistido no cardiopata: revisão sistemática. **Fisioterapia em Movimento**, v. 25, n. 1, p. 195–205, mar. 2012.

GUALANO, B.; JUNIOR, A. H. L. Suplementação de B-Alanina: uma nova estratégia nutricional para melhorar o desempenho esportivo. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 8, n. 1, 25 nov. 2009.

HARRIS, R. C. et al. The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. **Amino Acids**, v. 30, n. 3, p. 279–289, maio 2006.

HARRIS, R. C. et al. Changes in muscle carnosine of subjects with 4 weeks supplementation with a controlled release formulation of beta-alanine (Carnosyn™), and for 6 weeks post. **The FASEB Journal**, v. 23, n. S1, abr. 2009.

HARRIS, R. C. et al. Determinants of muscle carnosine content. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 5–12, 1 jul. 2012.

HILL, C. A. et al. Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. **Amino Acids**, v. 32, n. 2, p. 225–233, fev. 2007.

HOBSON, R. M. et al. Effects of  $\beta$ -alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 25–37, 2012.

HOFFMAN, J. et al. Beta-alanine and the hormonal response to exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 12, p. 952–958, dez. 2008.

HOFFMAN, J. R. et al. Short-duration beta-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. **Nutrition Research (New York, N.Y.)**, v. 28, n. 1, p. 31–35, jan. 2008.

HOFFMAN, J. R.; VARANOSKE, A.; STOUT, J. R. Chapter Five - Effects of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Carnosine Elevation and Physiological Performance. Em: TOLDRÁ, F. (Ed.). **Advances in Food and Nutrition Research**. [s.l.] Academic Press, 2018. v. 84p. 183–206.

JEUKENDRUP, Asker; GLESON, Michael. *Nutrição no esporte: diretrizes nutricionais e bioquímica e fisiologia do exercício*. Editora Manole, 2021.

JÚNIOR, C. A. S. et al. Efeito do treinamento de força em portadores de Diabetes Mellitus tipo II. **RBPFEEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 8, n. 47, 10 out. 2014.

KELLY, V. G. et al. Prevalence, knowledge and attitudes relating to  $\beta$ -alanine use among professional footballers. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 1, p. 12–16, jan. 2017.

KENDRICK, I. P. et al. The effects of 10 weeks of resistance training combined with beta-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. **Amino Acids**, v. 34, n. 4, p. 547–554, maio 2008.

KENDRICK, I. P. et al. The effect of 4 weeks  $\beta$ -alanine supplementation and isokinetic training on carnosine concentrations in type I and II human skeletal muscle fibres. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 1, p. 131–138, 1 maio 2009.

KOMI PV. *Strength and Power in Sport*. Blackwell: London, 2003.

KREIDER, R. B. et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 7, 2 fev. 2010.

LIMA-SILVA, A. E. et al. Metabolismo do glicogênio muscular durante o exercício físico: mecanismos de regulação. **Revista de Nutrição**, v. 20, p. 417–429, ago. 2007.

LL, S. et al. Muscle glycogenolysis and H<sup>+</sup> concentration during maximal intermittent cycling. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 66, n. 1, jan. 1989.

MANNION, A. F. et al. Carnosine and anserine concentrations in the quadriceps femoris muscle of healthy humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 1, p. 47–50, 1992.

MATÉ-MUÑOZ, J. L. et al. Effects of  $\beta$ -alanine supplementation during a 5-week strength training program: a randomized, controlled study. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, p. 19, 25 abr. 2018.

MATOS, V. A. F. et al. A carnosina diminui os efeitos da acidose muscular durante o exercício. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 50, p. 164–171, 2015.

MATTHEWS, M. M.; TRAUT, T. W. Regulation of N-carbamoyl-beta-alanine amidohydrolase, the terminal enzyme in pyrimidine catabolism, by ligand-induced change in polymerization. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 262, n. 15, p. 7232–7237, 25 maio 1987.

MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 7, p. 439–455, abr. 2018.

MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. *Fisiologia do Exercício - Nutrição, Energia e Desempenho Humano*, 8ª edição. Grupo GEN, 2016.

MEIRELLES, C. D. M.; GOMES, P. S. C. Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisitando o impacto das principais variáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 2, p. 122–130, abr. 2004.

**Mercado de vitaminas e suplementos movimentará 252 bilhões de dólares em 2025.** *Disponível em:*

<<https://g1.globo.com/bemestar/blog/longevidade-modo-de-usar/post/2021/05/20/mercado-de-vitaminas-e-suplementos-movimentara-252-bilhoes-de-dolares-em-2025.ghtml>>. Acesso em: 19 jan. 2024.

MOLINERO, O.; MÁRQUEZ, S. Use of nutritional supplements in sports: risks, knowledge, and behavioural-related factors. **Nutricion Hospitalaria**, v. 24, n. 2, p. 128–134, 2009.

NACIONAL, I. **RESOLUÇÃO-RE Nº 4.502, DE 4 DE NOVEMBRO DE 2020 - DOU - Imprensa Nacional.** *Disponível em:* <<https://www.in.gov.br/web/dou>>. Acesso em: 21 dez. 2023.

NAVAB, F. et al. Mechanisms of transport of L-histidine and beta-alanine in hamster small intestine. **The American Journal of Physiology**, v. 247, n. 1 Pt 1, p. G43-51, jul. 1984.

NEVES, R. V. P. et al. Treinamento de Força em Ratos Espontaneamente Hipertensos com Hipertensão Arterial Grave. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 106, p. 201–209, 2 fev. 2016.

OUTLAW, J. J. et al. Effects of  $\beta$ -Alanine on Body Composition and Performance Measures in Collegiate Women. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 9, p. 2627, set. 2016.

PARK, Y. J.; VOLPE, S. L.; DECKER, E. A. Quantitation of carnosine in humans plasma after dietary consumption of beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 12, p. 4736–4739, 15 jun. 2005.

PESSÔA, K. et al. Does Beta-Alanine Supplementation Potentiate Muscle Performance Following 6 Weeks of Blood Flow Restriction or Traditional Resistance Training? **International Journal of Exercise Science**, v. 16, n. 2, p. 999–1011, 2023.

PHILLIPS, S. M.; WINETT, R. A. Uncomplicated Resistance Training and Health-Related Outcomes: Evidence for a Public Health Mandate. **Current sports medicine reports**, v. 9, n. 4, p. 208–213, 2010.

PLATONOV, V. N. **Teoria Geral do Treinamento Desportivo Olímpico**. Artmed, 2004.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, n. 3, p. R502-516, set. 2004.

ROVERATTI, M. C. et al. Effects of beta-alanine supplementation on muscle function during recovery from resistance exercise in young adults. **Amino Acids**, v. 51, n. 4, p. 589–597, 1 abr. 2019.

SALE, C. et al.  $\beta$ -alanine supplementation improves isometric endurance of the knee extensor muscles. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, p. 26, 14 jun. 2012.

SALE, C. et al. Carnosine: from exercise performance to health. **Amino Acids**, v. 44, n. 6, p. 1477–1491, 1 jun. 2013.

SALE, C.; SAUNDERS, B.; HARRIS, R. C. Effect of beta-alanine supplementation on muscle carnosine concentrations and exercise performance. **Amino Acids**, v. 39, n. 2, p. 321–333, 1 jul. 2010.

SALES, R. P. et al. Efeitos da suplementação aguda de aspartato de arginina na fadiga muscular em voluntários treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 347–351, dez. 2005.

SANTOS, M. DE L. DE A. et al. Consumo Consumo de suplementos alimentares por praticantes de musculação. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 14, n. 87, p. 365–372, 2020.

SCHNEIDER, C. et al. Consumo de suplementos nutricionais por participantes de exercícios físico em academias de musculação de Balneário Camboriú - SC. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 2, n. 11, 2008.

SCHULER, A. C.; ROCHA, R. E. R. DA. Fatores associados à utilização de suplementos alimentares por universitários. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 12, n. 73, p. 590–597, 29 out. 2018.

SEVERIN, S. E.; KIRZON, M. V.; KAFTANOVA, T. M. Effect of carnosine and anserine on action of isolated frog muscles. **Doklady Akademii nauk SSSR**, v. 91, n. 3, p. 691–694, 21 jul. 1953.

SHINOHARA, T. et al. Identification of a G protein-coupled receptor specifically responsive to beta-alanine. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 279, n. 22, p. 23559–23564, 28 maio 2004.

SILVA, W. F. M. DA et al.  $\beta$ -alanina e parestesia: efeito colateral ou ergogênico? Uma análise acerca da percepção de praticantes de musculação na performance esportiva. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e17111931706–e17111931706, 6 jul. 2022.

SILVA, F. et al. Recomendações para o treino de força em idosos: uma breve revisão da literatura. **Revista Científica da Universidade do Mindelo**, v. 5, n. 2, p. 43–55, 2018.

SMITH, Colleen; MARKS, Allan D.; LIEBERMAN, Michael. Bioquímica médica básica de Marcas. Grupo A, 2007.

SPORTS NUTRITION MARKET - GLOBAL INDUSTRY ASSESSMENT E FORECAST. Vantage Market Research, 2022. *Disponível em:* <https://www.vantagemarketresearch.com/industry-report/sports-nutrition-market-1532>. *Acesso em:* 21 de dezembro de 2023.

STELLINGWERFF, T. et al. Effect of two  $\beta$ -alanine dosing protocols on muscle carnosine synthesis and washout. **Amino Acids**, v. 42, n. 6, p. 2461–2472, jun. 2012.

SUPLEMENTOS: SETOR DEVE MOBILIZAR US\$ 252 BILHÕES EM 2025. Terra, 2022. *Disponível em:* <https://www.terra.com.br/noticias/suplementos-setor-deve-mobilizar-us-252-bilhoes-e-m-2025,8060d3481b4ec40bf869daee1b4333a7mz6835b5.html>. Acesso em: 21 de dezembro de 2023.

TALLON, M. J. et al. Carnosine, taurine and enzyme activities of human skeletal muscle fibres from elderly subjects with osteoarthritis and young moderately active subjects. **Biogerontology**, v. 8, n. 2, p. 129–137, 1 abr. 2007.

TREXLER, E. T. et al. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 12, p. 30, 2015.

TUCKER, J. et al. Unapproved Pharmaceutical Ingredients Included in Dietary Supplements Associated With US Food and Drug Administration Warnings. **JAMA network open**, v. 1, n. 6, p. e183337, 5 out. 2018.

UGHINI, C. C.; BECKER, C.; PINTO, R. S. Treinamento de força em crianças: segurança, benefícios e recomendações. **Conexões**, v. 9, n. 2, p. 177–197, 2011.

VARANOSKE, A. N.; STOUT, J. R.; HOFFMAN, J. R. Chapter 28 - Effects of  $\beta$ -Alanine Supplementation and Intramuscular Carnosine Content on Exercise Performance and Health. Em: BAGCHI, D.; NAIR, S.; SEN, C. K. (Eds.). **Nutrition and Enhanced Sports Performance (Second Edition)**. [s.l.] Academic Press, 2019. p. 327–344.

ZANDONÁ, B. A. et al. Efeito da suplementação de beta-alanina no desempenho: uma revisão crítica. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 12, n. 69, p. 116–124, 6 fev. 2018.

ZANELLA, P.; ALVES, F.; GUERINI DE SOUZA, C. Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: A systematic review. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 57, 5 jul. 2016.