



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**

**EFICÁCIA E SEGURANÇA DA UTILIZAÇÃO DE SUPLEMENTOS  
ALIMENTARES NA MELHORIA DA PERFORMANCE  
DESPORTIVA – REVISÃO DE EVIDÊNCIA**

Trabalho submetido por  
**João Diogo Pardal e Seixas Caldeira**  
para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Farmacêuticas

Dezembro de 2020





# **INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

## **MESTRADO INTEGRADO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**

### **EFICÁCIA E SEGURANÇA DA UTILIZAÇÃO DE SUPLEMENTOS ALIMENTARES NA MELHORIA DA PERFORMANCE DESPORTIVA – REVISÃO DE EVIDÊNCIA**

Trabalho submetido por  
**João Diogo Pardal e Seixas Caldeira**  
para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Farmacêuticas

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutora Filipa Vicente**

Dezembro de 2020



## **Agradecimentos**

Aos meus pais, **Antónia e João**, por todo o carinho, apoio e amor incondicional que me proporcionam todos os dias. Um muito obrigado pela oportunidade de realizar este curso e por me transmitirem, todos os dias, os melhores princípios, que fizeram de mim a pessoa que sou hoje.

À minha irmã, **Beatriz**, por toda a paciência e amizade demonstrada desde sempre.

Aos meus amigos de sempre, por estarem presentes em todos os momentos da minha vida e por nunca me deixarem ficar mal.

Aos amigos que ganhei para a vida, **os Mesmos de Sempre**, por todas as memórias criadas ao longo destes 5 anos. Juntos vivemos muito e sem vocês nada disto seria possível.

Às fantásticas equipas da Farmácia Marrazes e dos Serviços Farmacêuticos do Hospital CUF Cascais, por me receberem de braços abertos e por todos os ensinamentos que me fizeram crescer a nível profissional.

À minha orientadora, **Prof. Doutora Filipa Vicente**, por todo o seu apoio, disponibilidade e paciência, demonstrados desde o início e essenciais para a realização da presente dissertação.

Por fim, o meu Muito Obrigado a uma pessoa muito especial, à minha namorada, **Sofia**, por toda a ajuda e dedicação que demonstrou para comigo, durante estes 5 anos. Estiveste ao meu lado desde o início e contigo, aprendi a crescer e a ser feliz. Sem ti nada disto seria possível.

A todos vós, o meu Muito Obrigado



## Resumo

**Introdução:** A utilização de suplementos alimentares no desporto é uma prática cada vez mais comum em todo o mundo, e que tem vindo a crescer bastante ao longo dos anos. No entanto, a sua eficácia e segurança são muitas vezes questionadas, e a suplementação nem sempre é realizada da forma mais indicada. Esta revisão de evidência tem como objetivo avaliar a eficácia e segurança da utilização de suplementos alimentares na melhoria da *performance* desportiva.

**Métodos:** Para a realização desta revisão, recorreu-se a 4 bases de dados, onde foram pesquisados estudos relacionados com a suplementação na prática desportiva. Para cada suplemento inserido nesta revisão, foram selecionados vários estudos relevantes sobre o seu impacto no desempenho desportivo dos atletas, e analisados ao pormenor de forma a comprovar a sua eficácia.

**Resultados:** Após a análise dos estudos incluídos, foi possível verificar fortes evidências de uma melhoria do desempenho nos atletas que ingeriram suplementação com cafeína, creatina,  $\beta$ -alanina, bicarbonato de sódio e proteína *whey*. Enquanto isso, a suplementação com nitrato e com citrato de sódio, apenas produziu benefícios para os atletas em determinados estudos, sendo a sua eficácia muito limitada. Relativamente à segurança, todos os suplementos se mostraram seguros dentro das doses recomendadas, apesar de pequenos efeitos adversos que em nada afetaram a *performance* do atleta.

**Conclusão:** Esta revisão de evidência demonstrou uma melhoria do desempenho desportivo em atletas que ingeriram suplementação, comparativamente ao grupo controlo de cada estudo, e mostrou que os suplementos analisados podem ser seguros dentro das doses recomendadas. No entanto, a suplementação com nitrato e com citrato de sódio, nem sempre mostrou melhorias significativas do desempenho desportivo dos atletas, sendo necessários mais estudos para comprovar a eficácia destes dois suplementos. Desta forma, foi possível avaliar a eficácia e segurança de vários suplementos no desempenho desportivo do atleta, tanto regular como de alta competição, com o objetivo de fornecer mais informação e evidência sobre a utilização dos mesmos.

**Palavras-chave:** Suplementos alimentares; Performance; Desporto; Eficácia; Segurança



## Abstract

**Introduction:** The use of dietary supplements in sports is an increasingly common practice worldwide, and it has grown considerably over the years. However, its effectiveness and safety are often questioned, and supplementation is not always performed in the most appropriate way. This evidence review aims to assess the effectiveness and safety of using dietary supplements to improve sports *performance*.

**Methods:** To carry out this review, 4 databases were used, where studies related to supplementation in sports practice were researched. For each supplement included in this review, several relevant studies were selected on their impact on athlete's sports *performance*, and analyzed in detail in order to prove their effectiveness.

**Results:** After analyzing the included studies, it was possible to verify strong evidence of improved *performance* in athletes who ingested supplementation with caffeine, creatine,  $\beta$ -alanine, sodium bicarbonate and *whey* protein. Meanwhile, supplementation with nitrate and sodium citrate has only produced benefits for athletes in certain studies, and its effectiveness is very limited. Regarding safety, all supplements were shown to be safe within the recommended doses, despite small adverse effects that in no way affected the athlete's *performance*.

**Conclusion:** This evidence review demonstrated an improvement in sports *performance* in athletes who ingested supplementation, compared to the control group of each study, and showed that the analyzed supplements can be safe within the recommended doses. However, supplementation with nitrate and sodium citrate has not always shown significant improvements in athlete's sports *performance*, and further studies are needed to prove the effectiveness of these two supplements. In this way, it was possible to evaluate the effectiveness and safety of various supplements in the athlete's sports *performance*, both regular and high competition, in order to provide more information and evidence on their use.

**Keywords:** Dietary supplements; Performance; Sports; Effectiveness; Safety



# Índice

Resumo .....	1
Abstract.....	3
Índice de tabelas .....	7
Lista de abreviaturas .....	9
1. Introdução.....	11
1.1 Definição de suplemento alimentar .....	11
1.2 Categorização dos suplementos.....	12
1.3 Regulamentação dos suplementos alimentares.....	14
1.4 Segurança e Efeitos adversos .....	15
1.5 Efeito ergogénico.....	16
1.6 Suplementos alimentares analisados nesta revisão.....	17
1.7 Mercado nacional e internacional dos suplementos alimentares.....	20
2. Objetivo .....	23
3. Metodologia de pesquisa .....	25
3.1 Bases de dados, língua e ano de publicação .....	25
3.2 Estratégia de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão.....	25
3.3 Critérios de inclusão e exclusão .....	25
4. Resultados.....	27
4.1 Cafeína.....	27
4.2 Creatina.....	29
4.3 Nitrato.....	32
4.4 $\beta$ -alanina .....	34
4.5 Bicarbonato de sódio .....	38
4.6 Citrato de sódio.....	40
4.7 Proteína Whey .....	43

5. Discussão.....	47
6. Conclusão .....	55
7. Referências bibliográficas .....	57

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Classificação dos suplementos alimentares segundo o Infarmed .....	12
Tabela 2 – Categorização dos suplementos relativamente à sua eficácia na melhoria de desempenho .....	13
Tabela 3 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com cafeína .....	28
Tabela 4 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com creatina.....	31
Tabela 5 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com nitrato .....	34
Tabela 6 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com $\beta$ -alanina .....	37
Tabela 7 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com bicarbonato de sódio	40
Tabela 8 - Tabela resumo dos resultados da suplementação com citrato de sódio .....	42
Tabela 9 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com proteína whey.....	45



## **Lista de abreviaturas**

ASAE – Autoridade de Segurança Alimentar e Económica

ATP – adenosina-trifosfato

BCAAs – aminoácidos de cadeia ramificada

DGAV – Direção Geral de Alimentação e Veterinária

EAAAs – aminoácidos essenciais

GVR – Grand View Research

HMB – ácido  $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metilbutírico

ISSN – International Society of Sports Nutrition



## 1. Introdução

Ser atleta de alta competição envolve muitos fatores como talento, muitas horas de treino, uma alimentação nutritivamente variada e completa, mas acima de tudo, muito esforço e dedicação. No entanto, num momento em que o desporto de alta competição se encontra no seu auge, o atleta que queira chegar ao topo terá de usar todas as estratégias disponíveis para assegurar o seu lugar no pódio (Vitale & Getzin, 2019).

A toma de suplementos alimentares na prática desportiva é uma estratégia bastante comum entre os atletas de alta competição. Estes, são influenciados, desde muito cedo, pelos treinadores, nutricionistas e, principalmente, pelas marcas que os patrocinam, a tomar certos produtos. Por sua vez, acabam por influenciar atletas amadores a ingerir também estes produtos, afirmando os benefícios dos mesmos, sem muitas vezes se informarem sobre a sua veracidade (Jovanov et al., 2019).

Nos últimos anos temos assistido a um aumento exponencial do consumo de suplementos, tanto por parte de atletas de alta competição, como por atletas comuns de recreio. Isto pode dever-se ao facto de, atualmente, as marcas de suplementos desportivos tenderem a patrocinar atletas de alta competição, fornecendo-lhes os seus produtos e incentivando-os a divulgarem-nos nas redes sociais.

Com o aumento da publicidade destes produtos, as marcas conseguem atingir todo o tipo de atletas, fomentando o seu consumo para fins recreativos. Um estudo realizado em Portugal, com praticantes recreativos de modalidades de ginásio, mostrou que 43.8% tomava algum suplemento alimentar (Ruano & Teixeira, 2020).

No entanto, a eficácia destes suplementos não se encontra totalmente comprovada, resultando muitas vezes numa falta de ação destes produtos na *performance* no atleta, e até num possível dano à sua saúde.

### 1.1 Definição de suplemento alimentar

De acordo com o Artigo 3º do Decreto-Lei nº. 118/2015 (Republicação do Decreto-Lei nº. 136/2003, de 28 de Junho), entende-se por “suplemento alimentar”, os géneros alimentícios que se destinam a complementar e/ou suplementar o regime alimentar normal e que constituem fontes concentradas de determinadas substâncias,

nutrientes ou outras com efeito nutricional ou fisiológico (República, 2015). De uma forma mais simples, são substâncias que se adicionam à alimentação do indivíduo, de maneira a satisfazer a necessidade de nutrientes ou vitaminas.

## 1.2 Categorização dos suplementos

De acordo com o Infarmed, os suplementos alimentares podem dividir-se em 3 grandes categorias, que podem ser observadas na tabela 1 (Martins et al., 2017).

*Tabela 1 – Classificação dos suplementos alimentares segundo o Infarmed*

<b>Vitaminas e minerais</b>	Ex.: Vitamina, A, vitamina D, cálcio
<b>Plantas e extratos botânicos</b>	Ex.: Aloe vera, Gingko biloba, Panax ginseng
<b>Fibras e probióticos</b>	Ex.: Inulina, Lactobacillus acidophilus, outras leveduras
<b>Outras substâncias</b>	Ácido docosa-hexaenóico (DHA), ácido eicosapentanóico (EPA), ácido gama-linoleico
<b>Aminoácidos e Enzimas</b>	L-arginina, taurina, coenzima Q10

No entanto, segundo a última atualização da revisão realizada pela *International Society of Sports Nutrition* (ISSN) em 2004 (Kerksick et al., 2018), podemos categorizar os suplementos, de acordo com a sua evidência, em 3 categorias: Forte evidência para suportar a eficácia e aparente segurança; Evidência limitada ou mista para suportar a eficácia; Pouca ou nenhuma evidência para suportar a eficácia e/ou segurança. Estas 3 categorias tendem a evidenciar a eficácia e segurança dos suplementos relativamente à sua capacidade de construção muscular e de melhoria do desempenho do atleta. Na Tabela 2 estão apresentados alguns dos suplementos classificados em cada uma das categorias.

Tabela 2 – Categorização dos suplementos relativamente à sua eficácia na melhoria de desempenho

<b>Categoria</b>	<b>Melhoria de desempenho</b>	<b>Construção muscular</b>
<b>Forte evidência para suportar a eficácia e aparente segurança</b>	Cafeína	Creatina
	Hidratos de carbono	EAA's
	$\beta$ -alanina	Proteína
	Creatina mono-hidratada	HMB
	Bicarbonato de sódio	
	Fosfato de sódio	
	Bebidas desportivas	
<b>Evidência limitada ou mista para suportar a eficácia</b>	Nitratos	ATP
	Glicerol	BCAA's
	Taurina	Ácido fosfatídico
	BCAA's	
	EAA's	
	HMB	
	Proteína e hidratos de carbono seguidos do treino	
<b>Pouca ou nenhuma evidência para suportar a eficácia e/ou segurança</b>	Glutamina	CLAs
	Arginina	Aspartato de zinco-magnésio
	Carnitina	Ácido D-aspartico
	Ribose	Arginina
		Glutamina

Na primeira categoria, com forte evidência científica de eficácia e segurança, inserem-se suplementos como a creatina, os aminoácidos essenciais (EAA's) e a proteína como suplementos para a construção muscular, e a  $\beta$ -alanina, a cafeína, os hidratos de carbono, a creatina, o bicarbonato de sódio, o fosfato de sódio e bebidas desportivas como suplementos para a melhoria do desempenho desportivo.

Na segunda categoria, com evidências de eficácia limitadas temos a adenosina-trifosfato (ATP), os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA's) e o ácido fosfatídico para o aumento da massa muscular, enquanto que os nitratos, o glicerol, a taurina, os BCAA's, os EAA's, o HMB e a proteína e os hidratos de carbono seguidos do treino, podem ter uma melhoria no desempenho do atleta.

Outros suplementos como os ácidos linoleicos conjugados (CLAs), a glutamina, o aspartato de zinco-magnésio, o ácido D-aspartico, a arginina, a carnitina, entre outros, possuem pouca ou mesmo nenhuma evidência da sua eficácia, tanto na melhoria da *performance* como no aumento da massa muscular.

### **1.3 Regulamentação dos suplementos alimentares**

Todos estes suplementos, apesar de poderem ter um impacto positivo ou, até mesmo, negativo, no desempenho e saúde do atleta, podem ser facilmente adquiridos por qualquer pessoa. Podemos encontrá-los à venda em supermercados, farmácias, dietéticas e, até mesmo, em plataformas online, a um custo geralmente acessível. Uma vez que os suplementos não estão sujeitos a controlos laboratoriais rigorosos, devido à falta de regulamentação que possuem, a sua toma pode acarretar certos riscos para a saúde do indivíduo não informado. Certos fatores como a segurança dos produtos, padrões inadequados de uso, ou até mesmo, possíveis interações entre eles, podem resultar em efeitos adversos potencialmente perigosos, agravamento de certos problemas de saúde ou interação com medicamentos. Por estas razões, é sempre aconselhável consultar um médico, farmacêutico ou nutricionista, para se informar sobre o melhor tipo de suplemento e a sua correta dosagem (Maughan et al., 2018).

Atualmente, a regulamentação dos suplementos alimentares baseia-se no Decreto-Lei nº. 118/2015 (Republicação do Decreto-Lei nº. 136/2003, de 28 de Junho), que prevê a notificação da comercialização de um novo suplemento alimentar, pelo fabricante ou responsável, à Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV). Cabe a esta entidade, a responsabilidade pela definição, execução e avaliação das políticas de segurança alimentar, enquanto que a fiscalização do cumprimento das normas estabelecidas é responsabilidade da Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE). Também descrito no Decreto-Lei mencionado acima, e relativamente à rotulagem, esta deve incluir a designação das categorias de nutrientes que caracterizem o produto, a toma diária recomendada, um aviso de que não deve ser excedida a toma diária indicada, a indicação de que os suplementos alimentares não devem substituir um regime alimentar variado e um aviso de que os produtos devem ser guardados fora do alcance das crianças. Também as quantidades, máximas e mínimas, de vitaminas e

minerais presentes nos suplementos alimentares, deve ser fixada em função da toma diária recomendada pelo fabricante (República, 2015).

Sendo considerados géneros alimentícios, os suplementos alimentares regem-se pela regulamentação alimentar, no entanto, sendo que se apresentam em formas farmacêuticas (cápsulas, comprimidos, etc), têm de ser notificados à DGAV. Contudo, há uma probabilidade acrescida da existência de suplementos alimentares no mercado que não se encontram conforme a legislação estabelecida. Isto deve-se ao facto de não existir um controlo rigoroso e apertado, como se sucede com os medicamentos, contribuindo para possíveis adulterações dos suplementos, por parte dos fabricantes, de maneira a aumentarem os seus lucros sem se preocuparem com o dano causado à saúde de quem os toma (República, 2015).

## **1.4 Segurança e Efeitos adversos**

Os suplementos alimentares podem trazer diversos benefícios, tanto para a saúde do indivíduo como para uma melhoria do seu desempenho desportivo, que uma alimentação rica e variada em nutrientes não consegue proporcionar. No entanto, muitos suplementos possuem informação escassa e, muitas vezes, sem o devido suporte científico, o que poderá levar a uma suplementação errada e desnecessária. Um indivíduo mal informado pode facilmente exceder a dose máxima recomendada, levando a que o suplemento deixe de trazer benefícios e possa originar riscos para a sua saúde. Assim, é aconselhável que o consumidor consulte um profissional de saúde sempre que pretenda começar a tomar um novo suplemento (Dwyer, Coates, & Smith, 2018).

Também devido à falta de legislação existente na comercialização dos suplementos alimentares, a ocorrência de efeitos adversos torna-se mais comum. Estes podem surgir com a toma de um suplemento, de uma associação de suplementos, da associação de suplementos com outros produtos ou com o uso inadequado do mesmo, isto é, nem sempre a ocorrência de um efeito adverso pode significar que o produto esteja adulterado, sendo comum a sua ocorrência em produtos de “qualidade”. Em 2015, Geller et al. estudaram as idas às urgências hospitalares nos Estados Unidos, devido a efeitos adversos causados pela toma de suplementos alimentares. Entre os sintomas

observados, destacaram-se os sintomas cardíacos (palpitações, dores no peito ou taquicardia) causados pela toma de suplementos para emagrecimento e energéticos naturais (p.e. guaraná). No entanto, também a ingestão não supervisionada por crianças, e a dificuldade de deglutição em adultos mais velhos, constituíram uns dos principais motivos das idas às urgências hospitalares. Isto mostra que, a utilização de suplementos alimentares deve ser devidamente supervisionada por um profissional de saúde e, interrompida sempre que o indivíduo sinta algum sintoma indesejável. Nestes casos, torna-se importante a comunicação destas reações, que pode ser realizada num formulário para notificação de reações adversas, disponibilizado no portal da DGAV. Esta notificação é considerada de extrema importância e deverá ser sempre realizada, com o objetivo de avaliar a segurança do suplemento em causa na saúde pública, prevenindo futuros acontecimentos semelhantes.

## **1.5 Efeito ergogénico**

No entanto, uma suplementação correta, adequada ao indivíduo, à modalidade e integrada num plano de treino e de alimentação adequados podem não ter efeitos adversos e permitir ao indivíduo beneficiar do seu efeito na melhoria da *performance*.

O atleta procura no suplemento um efeito ergogénico, expressão que deriva dos termos gregos, “*ergon*” que significa trabalho e “*gennan*” que significa produzir. Assim sendo, considera-se um suplemento ergogénico, um suplemento com capacidade de melhorar o desempenho de quem o toma, ajudando na recuperação e diminuindo a fadiga causada pelo esforço físico realizado. Visto isto, apenas podemos classificar um suplemento como “ergogénico”, caso este demonstre evidência de eficácia no desempenho físico do atleta, através de estudos realizados anteriormente (Kerksick et al., 2018).

A escolha do suplemento pelo atleta irá variar, consoante a modalidade praticada e o efeito que este deseja obter com a suplementação. De entre os efeitos desejados podemos salientar o aumento da massa muscular, o aumento da capacidade de recuperação muscular, a diminuição da perceção da fadiga, o aumento de energia e a melhoria da saúde do atleta. Deste modo, atletas que pratiquem modalidades em que seja necessária uma grande quantidade de força (p.e. praticantes de halterofilismo), devem procurar tomar suplementos que aumentem a massa muscular, enquanto que

atletas que necessitem de aumentar a sua capacidade de resistência (p.e. ciclistas) devem procurar suplementos que diminuam a sua perceção de fadiga.

## 1.6 Suplementos alimentares analisados nesta revisão

Nesta revisão foram estudados alguns dos suplementos com maior evidência de eficácia na *performance* desportiva do atleta. A cafeína, a creatina, o nitrato, a  $\beta$ -alanina, o bicarbonato de sódio, o citrato de sódio e a proteína *whey* foram os suplementos com efeito ergogénico escolhidos para integrar esta revisão.

A cafeína é um estimulante natural, presente na dieta diária de muito adultos, e que pode ser encontrada em diversos alimentos como café, chá, bebidas energéticas ou cacau. Designada quimicamente como 1,3,7-trimetilxantina, este composto atua por ação antagonista nos recetores de adenosina e, é responsável pela libertação de endorfina no cérebro, causando uma sensação de bem-estar e prazer. É considerada a substância psicoativa legal mais consumida por todo o mundo e, ao longo de vários estudos, este suplemento tem demonstrado fortes evidências da sua eficácia, tanto nos exercícios aeróbicos como nos anaeróbicos. É principalmente conhecida por aumentar a energia e reduzir a perceção de esforço, aumentando assim o desempenho do atleta em treinos de resistência. Visto ser um estimulante do sistema nervoso central, este suplemento tende também, a aumentar a capacidade de concentração e o estado de alerta do indivíduo, levando a uma possível diminuição do tempo de reação e a um aumento de precisão no exercício (López-González et al., 2018).

A creatina é também um dos suplementos com maior evidência da sua eficácia, tanto no aumento da massa muscular como na melhoria da *performance* desportiva. Este composto é produzido, essencialmente, pelo fígado, rins e pâncreas, e pode ser encontrado principalmente em carnes vermelhas e frutos do mar. A sua forma mais conhecida e comercializada é a creatina mono-hidratada e, apesar da sua eficácia fortemente evidenciada em diversos estudos no desempenho desportivo, este suplemento mostrou diversos benefícios terapêuticos em populações saudáveis e doentes, desde bebés a idosos. No entanto, este suplemento é apenas recomendado a jovens praticantes de atividade física, que tenham conhecimento sobre o uso adequado de creatina e que não ultrapassem as doses recomendadas (Kreider et al., 2017).

O nitrato, por sua vez, é um dos suplementos com evidência limitada sobre a sua eficácia e segurança na dieta de um desportista. Uma vez ingerido, o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é reduzido a óxido nítrico (NO), causando um aumento da concentração deste composto na corrente sanguínea, responsável pela vasodilatação e, conseqüentemente, melhorando a circulação sanguínea. Vegetais como espinafre, rúcula, agrião, rabanete e beterraba constituem a fonte alimentar primária de nitrato, sendo a sua suplementação realizada, maioritariamente, recorrendo a sumo natural de beterraba. Atualmente, a suplementação com nitrato encontra-se bem documentada em diversos estudos, e a sua toma para melhoria do desempenho em treinos de resistência de curta duração está bem suportada. No entanto, à medida que a duração do treino e o calibre do atleta aumentam, parece verificar-se uma diminuição dos efeitos desta suplementação. Assim, torna-se essencial perceber quando é que se deve realizar uma suplementação com nitrato, analisando as características do atleta, bem como a intensidade do treino e a correta dosagem deste suplemento (McMahon, Leveritt, & Pavey, 2016).

A  $\beta$ -alanina é um aminoácido não essencial que é sintetizado pelo fígado e obtido através do consumo de carne branca (aves) e carne vermelha. Este composto participa na síntese da carnosina ( $\beta$ -alanil-L-histidina), um dipéptido encontrado abundantemente no músculo esquelético. A carnosina é responsável por um potencial de tamponamento intramuscular, isto é, previne uma redução da diminuição acentuada do pH intramuscular (acidose) durante a realização do exercício, permitindo um aumento do desempenho desportivo. Sendo a carnosina dependente da disponibilidade de  $\beta$ -alanina, esta suplementação torna-se indiretamente responsável pela ação de tamponamento muscular e conseqüente redução da fadiga em exercícios de alta intensidade, mostrando assim, fortes evidências de eficácia na melhoria do desempenho desportivo do atleta. No entanto, doses elevadas deste suplemento podem causar uma sensação de parestesia no indivíduo e, apesar de não causar nenhum risco para a saúde do mesmo, é recomendável o seu fracionamento em várias doses de  $\beta$ -alanina ao longo do dia, de maneira a minimizar este efeito (Trexler et al., 2015).

O bicarbonato de sódio é um composto químico natural, classificado como sal, que pode ser facilmente encontrado à venda devido aos seus variados usos, tanto a nível

doméstico como alimentar. O bicarbonato de sódio, tal como a carnosina (mencionado acima), tem a capacidade de retardar a diminuição de pH nas células musculares. Devido ao seu pH aproximado de 8.4, este composto possui uma capacidade de tamponamento intramuscular, reduzindo a diminuição do pH e retardando a acidose (formação de ácido láctico) no músculo, responsável pela fadiga. Assim acredita-se que a suplementação com bicarbonato de sódio possa ser benéfica para o atleta, visto ter uma capacidade de retardar a percepção de fadiga, e assim, aumentar o desempenho na prática desportiva. Apesar disto, o bicarbonato de sódio tem a desvantagem de provocar algum desconforto gastrointestinal em doses mais elevadas, sendo por isso, a sua suplementação um pouco limitada (Siegler, Marshall, Bishop, Shaw, & Green, 2016).

Tal como o bicarbonato de sódio, o citrato de sódio aparenta ter os mesmos efeitos a nível do pH intramuscular, devido à sua alcalinidade. No entanto, os seus efeitos a nível de desempenho no atleta, não se encontram tão evidenciados como na suplementação com bicarbonato de sódio, mas este considera-se uma boa alternativa ao anterior, visto que a sua toma provoca apenas ligeiros sintomas a nível gastrointestinal em doses mais elevadas (Cunha et al., 2019).

A proteína do soro do leite, mais conhecida como proteína *whey*, é um subproduto da precipitação de caseína durante a produção do queijo, considerado como desperdício no passado. Este composto é constituído, essencialmente, pelas proteínas  $\alpha$ -lactoalbumina e  $\beta$ -lactoglobulina, fontes principais de aminoácidos essenciais. Visto que as proteínas possuem uma função reparadora e construtiva do tecido muscular, este tipo de suplemento é indicado para atletas que procuram aumentar a sua massa muscular. Existem 3 tipos de proteína *whey*: Concentrada, Isolada e Hidrolisada. A proteína *whey* concentrada é considerada a mais simples entre as 3, visto que passa apenas por uma fase de filtração, conservando assim lactose, gorduras e minerais. No entanto, esta oferece um teor proteico menor e a sua digestão torna-se mais demorada do que os outros tipos de proteína. Por sua vez, a proteína *whey* isolada apresenta um grau de pureza próximo dos 100%, visto que passa por processos rígidos de filtração, nos quais os seus constituintes, como a lactose, os hidratos de carbono, as gorduras e o colesterol, são eliminados. Assim este tipo de proteína, torna-se mais rico em aminoácidos essenciais e, conseqüentemente, mais fácil de digerir. Por último, a proteína *whey* hidrolisada, é uma versão que passou por um processo de hidrólise que

consiste na quebra dos aminoácidos em segmentos menores, os péptidos. Este processo torna a sua absorção mais rápida e torna este tipo de proteína mais indicada para atletas que treinem em intervalos mais curtos. A proteína *whey* possui fortes evidências da sua eficácia no aumento da massa muscular, contudo, o seu consumo excessivo pode levar a diversos efeitos indesejáveis, como acne, aumento de peso, problemas no fígado e pedras nos rins (Jäger et al., 2017).

## **1.7 Mercado nacional e internacional dos suplementos alimentares**

O mercado dos suplementos alimentares tem vindo a crescer bastante ao longo dos últimos anos, tornando-se, em pouco tempo, num mercado valorizado em milhares de milhões de dólares. Num estudo publicado em Fevereiro de 2020 pela *Grand View Research* (GVR), estimou-se que, em 2019, o mercado global dos suplementos alimentares atingiu um valor aproximado de 123.28 mil milhões de dólares. Espera-se que este valor aumente bastante até 2027, a uma taxa de crescimento anual de 8.2%, atingindo um valor de mercado de cerca de 230.7 mil milhões de dólares (Research, 2020).

Enquanto isso, o mercado nacional de suplementos alimentares é um dos mais baixos da Europa. No entanto, é um valor bastante significativo, tendo em conta a população portuguesa, e que também tem vindo a crescer ao longo dos anos. Num estudo publicado em Março de 2019 pelo grupo *Marktest*, o consumo de vitaminas e suplementos na população portuguesa, entre 2013 e 2018, mais do que duplicou, e assim se espera que continue ao longo dos próximos anos (Marktest, 2019). Outro estudo, desta vez publicado pela ISSN em 2020, revelou que os suplementos mais tomados por frequentadores de ginásio em Portugal, são a proteína, os BCAAs e os complexos vitamínicos (Ruano & Teixeira, 2020). Segundo este estudo, as principais razões da toma destes suplementos são o aumento da massa muscular, o aumento da velocidade de recuperação muscular e a melhoria do desempenho desportivo, sendo que a maioria dos atletas procura esta informação, não só no nutricionista, como também na internet, correndo um risco de obter informação errada sobre a eficácia desse suplemento. Por sua vez, um estudo conduzido por Sousa, Fernandes, Moreira, & Teixeira, em 2013, avaliou a prevalência do uso de suplementos alimentares, o tipo de suplementos usados, as razões do seu uso e a fonte de aconselhamento nutricional entre

os atletas portugueses. A maioria dos atletas incluídos neste estudo (66%), afirmou consumir suplementos alimentares regularmente, sendo os multivitamínicos os mais utilizados, devido à sua capacidade de produzir energia e de aumentar a capacidade de recuperação muscular. Neste estudo, o médico foi a principal fonte de informação para aconselhamento nutricional, seguido do treinador.

Relativamente à prevalência global do consumo de suplementos alimentares utilizados no desporto, foi realizado um estudo publicado em 2019, onde 348 atletas de 4 países (Sérvia, Alemanha, Japão e Croácia) foram entrevistados sobre o seu consumo. Em 2019, Jovanov et al. mostraram que a proteína foi o suplemento mais utilizado pelos atletas (54.5%), seguido das vitaminas e minerais (37.4%) e dos aminoácidos (26.2%), enquanto que o nitrato e a  $\beta$ -alanina foram os menos utilizados, com percentagens de 3.1 e 5.2%, respetivamente. Neste estudo podemos também observar que suplementos como a proteína, creatina, aminoácidos, cafeína e nitrato são mais procurados por atletas do sexo masculino, enquanto que os complexos vitamínicos e minerais são mais procurados pelos do sexo feminino.

Considerando que a toma de suplementos alimentares é, neste momento, um fenómeno global em atletas de competição, mas também na prática recreativa, é crucial ter em conta se o suplemento dá resposta ao objetivo que leva o indivíduo a procurar aquele produto, ou seja, se de facto o suplemento é eficaz na melhoria do rendimento desportivo.



## 2. Objetivo

A realização desta revisão tem como objetivo avaliar a eficácia da utilização de suplementos alimentares e o seu impacto na *performance* desportiva do atleta de competição e de recreio, assim como a sua segurança.

Sendo uma revisão de evidência, foram analisados diversos estudos que utilizaram determinados suplementos alimentares, sendo eles, a cafeína, a creatina, o nitrato, a  $\beta$ -alanina, o bicarbonato de sódio, o citrato de sódio e a proteína *whey*.



### 3. Metodologia de pesquisa

A metodologia utilizada nesta revisão de evidência baseou-se na recomendação PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises).

#### 3.1 Bases de dados, língua e ano de publicação

A pesquisa da bibliografia utilizada para a realização desta revisão foi realizada através das seguintes bases de dados: *PubMed*, *Cochrane Library*, *Science Direct* e *Google Scholar*. Foram considerados artigos disponíveis no regime “*free full text*” e todos os que era possível aceder através do acesso *B-On*, disponível para os alunos do Instituto Universitário Egas Moniz.

Consideraram-se os artigos publicados entre 2015 e 2020, escritos em língua portuguesa ou inglesa.

#### 3.2 Estratégia de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão

A estratégia de pesquisa utilizada foi semelhante para todos os suplementos analisados, tendo sido utilizados termos como: “suplemento a ser estudado” (*caffeine*, *creatine*, *nitrate*, ...) combinado com “*supplementation*”, “*sports*” e “*performance*”.

O modelo PICOS foi utilizado para determinar os critérios de inclusão mediante cada um dos suplementos analisados – P (População), I (Intervenção), C (Comparadores), O (Outcome), S (Design de Estudo).

#### 3.3 Critérios de inclusão e exclusão

Consideraram-se os seguintes critérios de inclusão:

- População praticante de atividade física regular
- Forma de suplementação disponível no mercado
- Suplementação apenas com o suplemento a ser analisado durante o período de estudo

Foram excluídos os artigos:

- Publicados antes de 2015
- Em que a amostra tinha indivíduos não praticantes de desporto em regime regular
- Que referiram a toma de suplementos de difícil acesso no mercado (formas não disponíveis)
- Referentes a estudos em que se verificava a utilização de mais do que um suplemento além do que estava a ser estudado

Depois de obtidos os resultados da pesquisa para cada suplemento a ser estudado, foram analisados cuidadosamente os seus títulos e resumos para uma posterior seleção. Procedeu-se então à leitura cuidadosa dos artigos selecionados para uma seleção final, tendo em conta os critérios de inclusão.

## 4. Resultados

### 4.1 Cafeína

No total, 5 estudos foram obtidos pela pesquisa realizada sobre o impacto da suplementação com cafeína na melhoria do desempenho desportivo, sendo que, após a aplicação dos critérios de exclusão, apenas 4 estudos integraram esta revisão. Nestes 4 estudos, a suplementação com cafeína foi testada em diversas modalidades, tais como: desportos de combate (jiu-jitsu, taekwondo e judo), futebol, ciclismo, ténis, basquete e exercícios individuais de força e resistência. As doses de cafeína utilizadas variavam entre 1 a 7 mg/Kg, nas formas de bebidas cafeinadas e cápsulas, com a sua toma a ser realizada entre 30 a 60 minutos antes da realização da atividade física (conforme a Tabela 3). Durante a realização destes estudos foram avaliados parâmetros relacionados com a função da cafeína tais como a melhoria da *performance*, a perceção de fadiga, o dano muscular, a força e potência muscular e perceções mentais como o foco, concentração, estado de alerta e motivação.

No estudo conduzido por López-González et al., em 2018, a ingestão de doses entre 3 a 6 mg/Kg de cafeína antes do treino, levou a um aumento da atividade glicolítica e da concentração de lactato no sangue. Observou-se então um aumento da força de prensão manual e aumento de força, potência e resistência muscular dos braços levando a concluir que a suplementação com cafeína em desportos de combate origina um aumento do desempenho geral dos lutadores.

Em 2019, Mielgo-Ayuso, et al. mostraram que a suplementação com cafeína em futebolistas provocou um aumento da capacidade de corrida repetida, um aumento de distâncias de corrida, uma maior precisão no passe e um aumento no salto vertical. Isto levou a um aumento significativo da potência muscular e a uma melhoria no desempenho dos atletas durante os jogos.

Segundo a revisão sistemática realizada por Grgic, Trexler, Lazinica, & Pedisic, em 2018, foram avaliados em 149 atletas a força e em 145 a potência muscular. A administração de cafeína sob diferentes formas (bebida, gel e cápsulas) numa posologia de 2 a 7 mg/Kg, provocou um aumento da força e potência muscular e, conseqüentemente, uma melhoria da *performance*. Em desportos que envolvam o salto,

observou-se um impacto positivo dos efeitos da cafeína. Apesar desta conclusão verificou-se ainda que existe um elevado grau de variabilidade interindividual.

Ainda sobre a cafeína e de acordo com Mielgo-Ayuso, Marques-Jiménez, et al., em 2019, onde foram analisadas modalidades de resistência ao esforço físico, como ciclismo, triatlo, ténis, basquetebol e futebol, num total de 221 participantes e administrando diferentes formas de cafeína em doses de 3 a 6 mg/Kg, 30 a 60 minutos antes do treino, verificaram-se diferenças do efeito da mesma entre sexos. No desempenho aeróbico e no índice de fadiga, verificou-se um efeito semelhante, da suplementação com cafeína, entre homens e mulheres. No que diz respeito a exercícios que exijam um maior esforço físico e uma maior produção de energia, verificou-se um maior efeito da utilização da cafeína em homens, conseguindo-se um melhor desempenho e uma menor percepção da fadiga.

*Tabela 3 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com cafeína*

<b>Estudo</b>	<b>Modalidade desportiva</b>	<b>Forma e Posologia</b>	<b>Resultados</b>
López-González et al., 2018	Desportos de Combate (Jiu-jitsu, Taekwondo, Judo)	Suplementos com cafeína Doses de 3 a 6 mg/Kg, ingeridas 30 a 60 minutos antes do treino	Melhoria no desempenho, Força, Resistência e Potência muscular de braços
Mielgo-Ayuso, Calleja-Gonzalez, Coso, et al., 2019	Futebol	Bebidas e comprimidos com cafeína Doses de 1 a 7,2 mg/Kg, ingeridas 5 a 60 minutos antes do treino	Melhoria no desempenho, Potência muscular, Capacidade de corrida repetida, Distâncias de corrida e precisão no passe
Grgic et al., 2018	Exercícios de ginásio	Cápsulas, Bebidas e Gel com cafeína Doses de 2 a 7 mg/Kg, ingeridas 60 minutos antes do treino	Melhoria no desempenho, Força e Potência Muscular
Mielgo-Ayuso, Marques-Jiménez, et al., 2019	Modalidades de Resistência (Ciclismo, Triatlo, Ténis, Basquetebol, Futebol)	Bebidas com cafeína, café turco e cafeína em pó Doses de 3 a 6 mg/Kg, ingeridas 30 a 60 minutos antes do treino	Melhoria no desempenho e uma menor percepção da fadiga

## 4.2 Creatina

Após a pesquisa de estudos sobre a suplementação com creatina, nas bases de dados mencionadas acima, foram obtidos 8 estudos relevantes. No entanto, após aplicados os critérios de exclusão, apenas 5 foram selecionados para fazerem parte desta revisão. Nestes estudos, a suplementação com creatina foi analisada nas modalidades de futebol, canoagem, baseball, basquetebol e exercícios individuais de ginásio.

Nos estudos analisados recorreu-se principalmente à creatina mono-hidratada onde foram utilizadas doses de carga de 20 a 30 g/dia durante 3 a 7 dias, seguidas de uma dose de manutenção de 2 a 5 g/dia. Parâmetros como aumento da força e do peso máximo levantado foram alguns dos analisados, para testar uma possível melhoria do desempenho dos atletas que consumiram creatina (Tabela 4).

No estudo conduzido por Mielgo-Ayuso, Calleja-Gonzalez, Marqués Jiménez, et al., em 2019, foi estudada a suplementação com creatina em 168 futebolistas para testar o seu efeito nos mesmos. Foram dadas doses de carga de 20 a 30 g/dia durante 5 a 7 dias, sendo estas divididas por 3 a 4 doses por dia. Após este período de doses de carga, foram dadas doses de manutenção de 5g, 1 vez/dia durante 5 a 9 semanas. Esta suplementação demonstrou uma melhoria no desempenho dos testes físicos relacionados com o metabolismo anaeróbico dos jogadores, um aumento da capacidade de realizar o exercício, assim como, um período de recuperação mais rápido. Sendo assim, pode-se estabelecer esta posologia de creatina como ótima para a obtenção de benefícios no desempenho da atividade física.

Dois estudos distintos, realizados em 2015 e 2016 por Lanhers et al., avaliaram a eficácia da suplementação com creatina no desempenho da força nos membros inferiores e nos membros superiores, respetivamente. Estes estudos realizaram a sua pesquisa utilizando um grupo experimental e um grupo placebo para se observarem as alterações derivadas da suplementação com creatina após a realização de exercícios com menos de 3 minutos. A forma de suplementação mais utilizada nestes estudos foi a creatina mono-hidratada, numa dose de carga média de  $20.5 \pm 9.7$  g/dia (Lanhers et al., 2015) e de  $20.9 \pm 4.5$  g/dia (Lanhers et al., 2016) durante 5 a 7 dias. No primeiro estudo verificou-se uma melhoria do desempenho na força dos membros inferiores, principalmente na zona dos quadríceps. Observou-se um aumento do peso máximo

levantado durante o agachamento e do peso total levantado no “*leg press*” de 8 e 3%, respetivamente. No segundo estudo observou-se uma melhoria do desempenho na força dos membros superiores, principalmente na zona do peitoral, traduzindo-se num aumento da capacidade de execução do supino de aproximadamente 5,3%, com a suplementação de creatina. Sendo assim, foi observada uma melhoria no desempenho na força dos membros inferiores e superiores, em exercícios com uma duração inferior a 3 minutos, independentemente das características da população, protocolos de treino, doses e duração da suplementação.

Foram também estudados os efeitos da suplementação com creatina em 17 praticantes de canoagem (C. Wang, Lin, Hsu, Yang, & Chan, 2017). Neste estudo, foram tomadas doses de 5g de creatina mono-hidratada sem sabor, com 5g de dextrose dissolvida em água, 4 vezes por dia durante 6 dias e, no grupo placebo, carboximetilcelulose em vez de creatina. Para a dose de manutenção, os praticantes tomaram doses individuais de 2g de creatina mono-hidratada ou carboximetilcelulose, com 2g de dextrose dissolvida em água, uma vez por dia até ao fim do estudo. Após análise cuidada dos resultados, observou-se um aumento da força máxima em remada no banco, bem como uma redução dos tempos de potenciação pós-ativação individuais, traduzindo-se num aumento da força máxima da parte superior do corpo. Assim, verifica-se que a suplementação com creatina a curto prazo (20g/dia durante 6 dias) tem efeitos benéficos no desempenho da força da parte superior do tronco em sessões de treino complexas.

No estudo conduzido por C. Wang, Fang, Lee, Yang, & Chan, em 2018, avaliou-se o efeito da suplementação com creatina no desempenho físico, composição corporal, potenciação pós-ativação e dano muscular em 30 atletas universitários (basebol, basquetebol e tchoukbol). Para isto, foram consumidas doses de 20g de creatina e o equivalente em carboximetilcelulose pelo grupo placebo, divididas em 4 doses por dia, durante 6 dias, seguidas de 2g por dia do suplemento até ao fim do estudo. Após a realização do estudo e da interpretação dos seus resultados, foi possível afirmar que houve um aumento da força muscular máxima e uma redução do dano muscular, após as 4 semanas de treino com suplementação com creatina.

Tabela 4 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com creatina

<b>Estudo</b>	<b>Modalidade desportiva</b>	<b>Forma e Posologia</b>	<b>Resultados</b>
Mielgo-Ayuso, Calleja-Gonzalez, Marqués Jiménez, et al., 2019	Futebol	Creatina mono-hidratada Dose de carga de 20 a 30 g/dia durante 5 a 7 dias, divididas por 3 a 4 doses por dia Dose de manutenção de 5g/dia durante 5 a 9 semanas	Melhoria no desempenho dos testes físicos relacionados com o metabolismo anaeróbico Aumento da capacidade de realizar o exercício Diminuição do período de recuperação
Lanhers et al., 2015	Exercícios com menos de 3 minutos	Creatina mono-hidratada Dose de carga média de 20.5 ± 9.7 g/dia durante 5 a 7 dias	Melhoria do desempenho na força dos membros inferiores, principalmente na zona dos quadríceps Aumento de 8% do peso máximo levantado durante o agachamento Aumento de 3% do peso total levantado no “leg press”
Lanhers et al., 2016	Exercícios com menos de 3 minutos	Creatina mono-hidratada Dose de carga média de 20.9 ± 4.5 g/dia durante 5 a 7 dias	Melhoria do desempenho na força dos membros superiores, principalmente na zona do peitoral Aumento do desempenho no supino de aproximadamente 5,3%
C. Wang et al., 2017	Canoagem	Creatina mono-hidratada Dose de carga de 20g/dia durante 6 dias, divididas por 4 doses de 5g às refeições Dose de manutenção de 2g/dia até ao final do estudo	Aumento da força máxima em remada no banco Redução dos tempos de potenciação pós-ativação
C. Wang et al., 2018	Basebol, Basquetebol e Tchoukbol	Creatina mono-hidratada Dose de carga de 20g/dia durante 6 dias, divididas por 4 doses de 5g cada Dose de manutenção de 2g/dia até ao final do estudo	Aumento da força muscular máxima Redução do dano muscular

### **4.3 Nitrato**

Na suplementação com nitrato, foram reunidos 6 estudos, sendo que, apenas 4 foram escolhidos para integrar esta revisão, visto que os restantes não cumpriram os critérios necessários de inclusão. Assim, para estudar a suplementação com nitrato, procedeu-se à análise dos estudos inseridos na Tabela 5. Em todos eles recorreu-se a uma suplementação com sumo de beterraba como fonte de nitrato, com concentrações de 4.0 a 12.5 mmol deste composto. Sendo um suplemento com evidência limitada sobre a sua eficácia, procedeu-se à análise destes estudos para comprovar se o nitrato pode, ou não, trazer benefícios no desempenho do atleta, principalmente em treinos de resistência.

Num estudo realizado em 2016, por McQuillan, Dulson, Laursen, & Kilding, averiguou-se a eficácia da suplementação com nitrato em 8 ciclistas. Para isto, procedeu-se à toma de sumo de beterraba, como fonte de nitrato, para um grupo de ciclistas, enquanto que o grupo placebo tomou um sumo semelhante, em aspeto e sabor, mas sem nitrato na sua constituição. A dose tomada por dia foi de 70 mL de sumo de beterraba e o equivalente em placebo durante 6 a 8 dias. Após a realização do estudo, verificou-se que a suplementação com sumo de beterraba como fonte de nitrato, constitui uma estratégia benéfica para ciclistas que competem em eventos contra-relógio de alta intensidade e curta duração. Apesar disto, a suplementação com nitrato deverá ser avaliada mediante as necessidades do atleta.

Thompson et al., em 2016, estudaram a suplementação com nitrato em atletas de futebol, *rugby* e hóquei para avaliar os seus efeitos no desempenho dos mesmos. Para isso os atletas ingeriram um sumo de beterraba rico em nitrato (no grupo experimental) e um sumo de beterraba sem nitrato (no grupo placebo). As doses de nitrato no grupo experimental foram cerca de 6.4 mmol em 70 mL por dia, durante 5 dias. Observou-se uma melhoria do desempenho total da corrida em *sprint* com várias distâncias, normalmente percorridas nos desportos em questão, uma melhoria do desempenho em testes específicos para desportos de equipa, e uma melhoria no tempo de reação de tomada de decisões.

Para estudar os efeitos da suplementação com nitrato procedeu-se também à análise do estudo realizado por McMahon et al., em 2016. Neste estudo foram analisados os efeitos desta suplementação no desempenho em diversos treinos de resistência como ciclismo, corrida em passadeira, corrida ao ar livre, remo, etc. Como forma de suplementação a maioria recorreu a sumo de beterraba como fonte de nitrato, mas houve também outras escolhas como água com nitrato, nitrato de sódio, extrato de romã, nitrato de potássio e porções de beterraba. Assim sendo, houve também uma grande variabilidade nas doses de nitrato administradas, variando entre 4.1 e 19.5 mmol por dia. Como resultados desta revisão podemos realçar uma melhoria na capacidade de executar exercícios de resistência com a suplementação de nitrato, no entanto, esta não produziu uma melhoria significativa no desempenho de treinos de contra-relógio.

Foram também estudados os efeitos deste tipo de suplementação em praticantes de natação competitiva (Lowings, Shannon, Deighton, Matu, & Barlow, 2017). Para isto foram submetidos a um ensaio aleatorizado, duplamente cego, 10 nadadores que tomaram sumo de beterraba rico em nitrato (grupo experimental) ou sumo de beterraba sem nitrato (grupo placebo). Foram consumidos 140 mL de sumo, 3 horas antes do início do exercício, por 2 vezes num período de 4 semanas. Após se proceder à análise dos resultados verificou-se que a suplementação com nitrato provocou um aumento da sua biodisponibilidade, mas não produziu qualquer efeito no desempenho do contra-relógio em natação de curta distância. No entanto, foi considerado como “possível”, um efeito benéfico desta suplementação na segunda metade do contra-relógio.

Tabela 5 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com nitrato

<b>Estudo</b>	<b>Modalidade desportiva</b>	<b>Forma e Posologia</b>	<b>Resultados</b>
McQuillan et al., 2016	Ciclismo	Sumo de beterraba Doses de 4.0mmol de nitrato em 70mL de sumo, durante 8 dias	Melhoria do desempenho dos ciclistas na execução de um exercício de alta intensidade e curta duração (contra-relógio)
Thompson et al., 2016	Futebol, rugby e hóquei	Sumo de beterraba Doses de 6.4mmol de nitrato em 70mL de sumo, durante 5 dias	Aumento do desempenho em sprints de curta duração e corridas intermitentes de alta intensidade Diminuição do tempo de reação de tomada de decisão
Mcmahon et al., 2016	Ciclismo, corrida em passadeira, corrida ao ar livre, remo, caiaque, treino de resistência de joelho, mergulho, caminhada	Sumo de beterraba, água com nitrato, nitrato de sódio, extrato de romã, nitrato de potássio e porções de beterraba Doses de nitrato de 4.1 a 19.5 mmol por dia	Melhoria na execução de exercícios de resistência Falta de eficácia na execução de contra-relógio
Lowings et al., 2017	Natação	Sumo de beterraba Doses de 12.5mmol de nitrato em 70ml de sumo, durante 2 dias	Aumento da biodisponibilidade de nitrato no organismo Sem eficácia demonstrada nos exercícios contra-relógio

#### 4.4 $\beta$ -alanina

Para o estudo do impacto da  $\beta$ -alanina no desempenho do atleta, foram recolhidos 9 estudos com títulos relevantes para inclusão nesta revisão. No entanto, após aplicação dos critérios de exclusão, apenas 5 foram incluídos nesta revisão, estudando o impacto desta suplementação em modalidades como ciclismo, polo aquático, *rugby*, futebol, natação e exercícios de ginásio. Com uma suplementação entre 3.2 e 6.4 g/dia de  $\beta$ -alanina, durante 4 a 6 semanas, foi possível testar, se parâmetros como o aumento da força, a diminuição da perceção do esforço e fadiga e a melhoria na recuperação, contribuíram para um aumento do desempenho desportivo do atleta (conforme Tabela 6).

Na revisão sistemática conduzida por Zanella, Alves, & Souza, em 2017, foram analisados 23 estudos, onde foi estudada a suplementação com  $\beta$ -alanina em diversas modalidades como ciclismo, futebol, remo, entre outras. A dose média de  $\beta$ -alanina administrada foi de  $4.8 \pm 1.3\text{g}$  e o período médio de intervenção foi de  $5.2 \pm 1.8$  semanas. As evidências observadas neste estudo indicam uma melhoria na percepção de esforço e nos parâmetros bioquímicos relacionados com a fadiga muscular, principalmente em protocolos que usam doses entre 4.5 e 6.4 g/dia de  $\beta$ -alanina durante 4 semanas. Além disto, a suplementação com  $\beta$ -alanina parece melhorar o desempenho do atleta, especialmente em atletas menos regulares.

Estudou-se também o efeito da suplementação com  $\beta$ -alanina em 22 atletas de polo aquático (Brisola, Milioni, Papoti, & Zagatto, 2016). Para isso, dividiram-se em 2 grupos de 11 atletas cada: um grupo experimental que tomou 4.8 g/dia de  $\beta$ -alanina, divididas por 6 doses nos primeiros 10 dias, e 6.4 g/dia de  $\beta$ -alanina, divididas por 4 doses nos restantes 18 dias, e um grupo placebo que tomou o equivalente, mas sem  $\beta$ -alanina na sua constituição. Consultando os resultados do estudo, parece não haver uma melhoria significativa do desempenho dos atletas em exercícios como natação em curta distância, força ou capacidade máxima de realização de saltos. No entanto, este tipo de suplementação mostrou uma certa capacidade de aumentar a força média, no teste de natação máxima em 30s e no tempo de natação de 200m, parâmetro que pode estar ligado a movimentos de natação mais rápidos.

Em 2016, Glenn et al. estudaram a suplementação com  $\beta$ -alanina. Neste estudo, 22 ciclistas do sexo feminino com idades superiores a 47 anos, foram divididas em 2 grupos de 11, para uma melhor percepção dos seus efeitos. Recorreu-se a doses de 3.2g deste suplemento por dia durante 28 dias, no grupo experimental, e o equivalente em dextrose no grupo placebo. Os resultados deste estudo demonstraram uma melhoria no treino isocinético na parte inferior do corpo, bem como uma melhoria no desempenho da força nas ciclistas, levando a uma capacidade de gerar um maior torque em várias repetições de pedalada.

Para se poder entender os efeitos da suplementação com  $\beta$ -alanina em atletas de *rugby*, procedeu-se à análise do estudo realizado por Smith, Harty, Stecker, & Kerksick,

em 2019. Neste estudo foram recrutados 15 jogadores, dos quais 8 foram aleatoriamente escolhidos para realizarem uma suplementação de 6.4g/dia de  $\beta$ -alanina, divididas em 4 doses por dia, durante 6 semanas, enquanto que os restantes 7 jogadores tomaram um suplemento semelhante em cor e aspeto, mas com malto-dextrina na sua constituição em vez da  $\beta$ -alanina, para o grupo placebo. Analisando os resultados do estudo, pode-se observar uma melhoria na recuperação após exercícios de alta intensidade, por parte do grupo que tomou a suplementação com  $\beta$ -alanina. Contudo, os resultados mostraram também, que a  $\beta$ -alanina teve um impacto mínimo na composição corporal, força máxima e resistência à força no atleta.

Maté-muñoz et al. estudaram, em 2018, a suplementação com  $\beta$ -alanina em 30 atletas ativos, para conhecer os seus efeitos na sua *performance* desportiva. Para isso, recorreu-se a um regime de 5 semanas de suplementação, com 6.4 g/dia de  $\beta$ -alanina no grupo experimental, e o equivalente em sacarose para o grupo placebo. No final do estudo, observou-se um aumento da potência, dos quilogramas levantados numa repetição e do nº de *sets* executados por parte dos participantes.

Tabela 6 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com  $\beta$ -alanina

<b>Estudo</b>	<b>Modalidade desportiva</b>	<b>Forma e Posologia</b>	<b>Resultados</b>
Zanella et al., 2017	Ciclismo, futebol, remo, natação, etc	Forma não especificada Doses de $4.8 \pm 1.3$ g/dia de $\beta$ -alanina, durante $5.2 \pm 1.8$ semanas	Melhoria na percepção de esforço e da fadiga muscular Melhoria do desempenho geral
Brisola et al., 2016	Polo aquático	Cápsulas Doses de 4.8g/dia de $\beta$ -alanina, divididas por 6 doses nos primeiros 10 dias, e 6.4g/dia de $\beta$ -alanina, divididas por 4 doses nos restantes 18 dias	Sem melhoria de desempenho em exercícios como natação em curta distância, força ou capacidade máxima de realização de saltos Possível capacidade de aumentar a força média
Glenn et al., 2016	Ciclismo	Forma não especificada Doses de 3.2g/dia de $\beta$ -alanina, durante 28 dias	Melhoria no treino isocinético na parte inferior do corpo e do desempenho da força nas ciclistas
Smith et al., 2019	Rugby	Forma não especificada Doses de 6.4g/dia de $\beta$ -alanina, divididas em 4 doses por dia, durante 6 semanas	Melhoria na recuperação após exercícios de alta intensidade Impacto mínimo na composição corporal, força máxima e resistência à força no atleta
Maté-muñoz et al., 2018	Exercícios de ginásio	Cápsulas Doses de 6.4 g/dia de $\beta$ -alanina durante 5 semanas	Aumento da potência, dos quilogramas levantados numa repetição e do nº de sets executados por parte dos participantes

#### 4.5 Bicarbonato de sódio

No total, 10 estudos foram obtidos pela pesquisa realizada sobre o impacto da suplementação com bicarbonato de sódio na melhoria do desempenho desportivo, sendo que, após a aplicação dos critérios de exclusão, apenas 5 deles integraram esta revisão. A suplementação com bicarbonato de sódio foi estudada nas modalidades de ciclismo, futebol e em diversos testes de ginásio de alta intensidade, para analisar o seu efeito no desempenho do atleta. Para tal, recorreu-se a doses de 0.2 a 0.4 g/Kg de bicarbonato de sódio, visto que doses superiores a estas tendem a provocar algum desconforto gastrointestinal, e doses inferiores não demonstram qualquer tipo de efeito visível. Assim, procedeu-se a uma análise cuidada dos resultados, dos estudos mencionados abaixo e inseridos na Tabela 7.

No estudo realizado por Mohr, em 2015, foram estudados os efeitos da suplementação com bicarbonato de sódio em 10 jogadores de futebol. Para tal, foram utilizadas doses de 0.4 g/Kg de bicarbonato de sódio, ingeridas antes do treino. Após a análise dos resultados, verificou-se um aumento significativo na capacidade de corrida de alta velocidade nos primeiros 5 minutos, marcador bastante importante nas partidas de futebol. Para além disto, não foi observado um aumento de desempenho significativo nos jogadores, verificando-se uma resposta individualizada relativamente à suplementação com bicarbonato de sódio.

Miller et al., em 2016, referem-se à suplementação de 11 atletas para avaliar o seu desempenho em *sprint* repetido no ciclismo. O protocolo deste estudo incluía uma suplementação de 0.3 g/Kg de bicarbonato de sódio e o equivalente em placebo, para se poder perceber o seu efeito em atletas de alta competição. Concluído o estudo, conseguiu-se verificar uma melhoria no desempenho dos exercícios de ciclismo em *sprint*, e acredita-se ter o mesmo efeito em outras variadas atividades relacionadas com o *sprint*. Contudo, esta suplementação deverá ser tomada com cuidado e na correta dosagem, visto dar origem a alguns problemas gastrointestinais.

Para testar a suplementação com bicarbonato de sódio em exercícios de alta intensidade, utilizou-se o teste Yo-Yo, um teste físico que exige esforços intermitentes, como modelo de estudo (Krustrup, Ermidis, & Mohr, 2015). No total foram recrutados

13 atletas e foram utilizadas doses de 0.4 g/Kg de bicarbonato de sódio no grupo experimental. Neste estudo, o grupo placebo não tomou qualquer tipo de suplementação visto que, a suplementação com bicarbonato de sódio causa um desconforto gastrointestinal ligeiro. No final do estudo foi possível verificar uma melhoria significativa no desempenho do teste Yo-Yo, um aumento dos níveis de lactato sanguíneo à exaustão e uma diminuição do esforço percebido durante o exercício intermitente de alta intensidade.

Num estudo efetuado por Fontanella et al., em 2019, foi avaliado o efeito da suplementação em diversos exercícios de ginásio, realizados por atletas regulares. Recorreu-se a uma suplementação de bicarbonato de sódio de 0.3g/Kg, dissolvido numa bebida e tomado antes do treino programado, com o objetivo de estudar o seu efeito no desempenho das repetições, na percepção de esforço e na concentração de lactato no sangue. Como resultados, não foi observada nenhuma melhoria a nível de desempenho, nem alterações dos níveis de lactato no sangue, durante e após o treino. Assim, recomendou-se o uso deste suplemento em rotinas de exercício mais longas e intervalos mais curtos para aumentar o seu benefício no desempenho desportivo do atleta.

Foi também importante testar a eficácia da suplementação com bicarbonato de sódio em doses mais baixas para se perceber qual a dose mínima necessária para produzir algum benefício. J. Wang et al., em 2019, remetem-nos para a suplementação de uma amostra de 20 atletas universitários, com doses de 0.2 g/Kg de bicarbonato de sódio dissolvido numa bebida com sabor, ou o equivalente em cor e sabor, mas sem bicarbonato de sódio, para o grupo placebo. Este estudo teve uma duração de 6 semanas em que os atletas consumiram a bebida, entre os 60 e 90 minutos antes do treino, num ritmo lento para evitar possíveis desconfortos gastrointestinais. No fim, os resultados observados mostraram um aumento do desempenho anaeróbico, incluindo um aumento de potência muscular, retardamento do cansaço e melhoria da taxa de libertação de lactato no sangue após o exercício anaeróbico.

*Tabela 7 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com bicarbonato de sódio*

<b>Estudo</b>	<b>Modalidade desportiva</b>	<b>Forma e Posologia</b>	<b>Resultados</b>
Mohr, 2015	Futebol	Cápsulas Doses de 0.4 g/Kg de bicarbonato de sódio antes do treino	Aumento na capacidade de corrida de alta velocidade nos primeiros 5 minutos Sem melhoria significativa de desempenho
Miller et al., 2016	Ciclismo	Bebida Doses de 0.3 g/Kg de bicarbonato de sódio antes do treino	Melhoria no desempenho dos exercícios de ciclismo em sprint
Krustrup et al., 2015	Teste Yo-Yo	Cápsulas Doses de 0.4 g/Kg de bicarbonato de sódio antes do treino	Melhoria do desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade Aumento dos níveis de lactato sanguíneo à exaustão e diminuição do esforço percebido durante o exercício
Fontanella et al., 2019	Exercícios de ginásio	Bebida Doses de 0.3 g/Kg de bicarbonato de sódio antes do treino	Nenhuma melhoria a nível de desempenho nem alterações dos níveis de lactato no sangue, durante e após o treino
J. Wang et al., 2019	HIIT - Treino intervalado de alta intensidade	Bebida Doses de 0.2 g/Kg de bicarbonato de sódio antes do treino, durante 6 semanas	Aumento do desempenho anaeróbico Aumento de potência muscular Retardamento do cansaço Melhoria da taxa de libertação de lactato no sangue após o exercício anaeróbico

#### **4.6 Citrato de sódio**

Com o objetivo de tentar encontrar uma alternativa para a suplementação com bicarbonato de sódio, que tende a causar um desconforto gastrointestinal no indivíduo que a toma, testou-se a suplementação com citrato de sódio. Para isto, foram encontrados 7 estudos, onde foram avaliados os efeitos desta suplementação no desempenho do atleta, sendo que, após a aplicação dos critérios de exclusão, apenas 4 estudos foram selecionados para integrar esta revisão. Nestes 4 estudos, diversos

praticantes de modalidades como ténis, ciclismo, natação e badminton ingeriram doses de 0.2 a 0.5 g/Kg de citrato de sódio, poucas horas antes da realização do exercício. Os resultados obtidos foram analisados e inseridos numa tabela resumo (Tabela 8).

Cunha et al., em 2019, utilizaram esta suplementação em 10 jogadores de ténis, para estudar os seus efeitos no desempenho dos atletas. Assim, foi proposto um protocolo de 0.5g/Kg de citrato de sódio e o equivalente em placebo, na forma de cápsulas e, ingerido antes do treino. Observou-se um aumento do desempenho geral dos jogadores, sem quaisquer sintomas gastrointestinais relatados.

O estudo realizado por Suvi et al., em 2018, utilizou este tipo de suplementação em praticantes de ciclismo. No total, 20 ciclistas foram estudados e divididos em 2 grupos. Um grupo ingeriu 0.2 g/Kg de citrato de sódio em cápsulas de gelatina, enquanto que o outro ingeriu sacarose em cápsulas semelhantes como placebo, ambos com 3 tomas durante 16 horas. No final, observou-se que a ingestão de citrato de sódio durante 16h, após a desidratação induzida pelo exercício, promove a retenção de água, melhora a reidratação, aumenta o volume plasmático e facilita a recuperação de massa muscular, mas não tem impacto na termorregulação, perceção de esforço ou contra-relógio de bicicleta de 40km.

Kumstát, Hlinský, Struhár, & Thomas, em 2018, compararam o efeito da suplementação com bicarbonato de sódio e com citrato de sódio, no desempenho do nadador. Para tal, recorreu-se a um estudo duplamente cego e controlado por placebo, onde 6 nadadores experientes seguiram um protocolo de suplementação. Foram divididos em 3 grupos, um que tomou 0.3 g/Kg de bicarbonato de sódio, outro que tomou 0.3 g/Kg de citrato de sódio e, o grupo placebo, que tomou cápsulas semelhantes em aspeto e sabor, mas sem qualquer tipo de suplementação. Este estudo mostrou que a suplementação com bicarbonato de sódio, 90 minutos antes de uma prova de 400 metros e nas doses prescritas, aumentou o desempenho nos atletas em 0,6%. Por sua vez, o efeito da suplementação com citrato de sódio foi inconclusivo, não tendo sido possível observar quaisquer alterações no desempenho dos atletas.

Hartono & Sukadiono, em 2017, avaliaram também, os efeitos da suplementação com bicarbonato de sódio e com citrato de sódio, no mesmo estudo. Para isso, 30

jogadores de badminton foram divididos em 3 grupos de 10 elementos cada, e submetidos a uma suplementação de 0.3 g/Kg de bicarbonato de sódio, 0.3 g/Kg de citrato de sódio ou uma bebida semelhante em aspeto e sabor, mas sem suplementação para o grupo placebo. Observou-se então que os atletas dos dois grupos experimentais atingiram um valor de pH sanguíneo muito superior aos do grupo controlo, sendo o bicarbonato de sódio significativamente maior. Os valores de lactato mostraram também que o grupo bicarbonato e o grupo citrato apresentaram uma diferença significativa em relação ao grupo placebo, mas não apresentaram grande diferença entre eles. Verificou-se então uma melhoria significativa no desempenho do atleta e do seu tempo até à exaustão no grupo com suplementação com bicarbonato de sódio, relativamente ao grupo placebo, embora o grupo com suplementação com citrato de sódio também tenha apresentado valores bastante atrativos. No entanto, a suplementação com bicarbonato de sódio deve ser tomada com precaução, visto ter efeitos gastrointestinais indesejáveis.

*Tabela 8 - Tabela resumo dos resultados da suplementação com citrato de sódio*

<b>Estudo</b>	<b>Modalidade desportiva</b>	<b>Forma e Posologia</b>	<b>Resultados</b>
Cunha et al., 2019	Ténis	Cápsulas Doses de 0.5 g/Kg de citrato de sódio antes do treino	Aumento do desempenho geral dos jogadores
Suvi et al., 2018	Ciclismo	Cápsulas Doses de 0.2 g/Kg de citrato de sódio, durante 16h	Promoveu a retenção de água, melhorou a reidratação, aumentou o volume plasmático e facilitou a recuperação de massa muscular
Kumstát et al., 2018	Natação	Cápsulas Doses de 0.3 g/Kg de citrato de sódio, durante 3 dias	Aumento do desempenho dos atletas em 0,6% numa prova de 400m com suplementação de bicarbonato de sódio Suplementação com citrato de sódio sem efeitos visíveis
Hartono & Sukadiono, 2017	Badminton	Bebida Doses de 0.3 g/Kg de citrato de sódio, durante 3 dias	Aumento dos valores de pH sanguíneo e lactato após suplementação com bicarbonato de sódio e citrato de sódio. Maior efeito no desempenho final com bicarbonato de sódio

#### 4.7 Proteína *Whey*

Relativamente à suplementação com proteína *whey*, foram encontrados 9 estudos relevantes para integrar esta revisão, mas apenas 5 foram incluídos na versão final. Nos estudos incluídos nesta revisão, foram utilizadas doses bastante distintas deste suplemento, mas sempre ingeridas depois do esforço físico, na modalidade de corrida e em diversos exercícios de resistência. Foram analisados parâmetros como melhoria do desempenho do atleta, redução do dano muscular e aumento da massa muscular, sendo este último, o principal motivo da suplementação por grande parte dos desportistas. Os resultados de cada estudo foram observados e introduzidos na Tabela 9.

Huang et al., em 2017, estudaram os efeitos da suplementação com proteína *whey* em 12 atletas universitários. No protocolo deste estudo foram utilizadas doses de 33.5 g/dia de proteína *whey* num grupo de 6 atletas e, o equivalente em placebo para outro grupo. Foram distribuídas as bebidas (ricas em proteína e placebo) aos atletas, nos 30 minutos seguidos ao treino, num período de 5 semanas. Neste estudo é de notar um papel de proteção fisiológica desempenhado pela proteína, bem como um aumento de desempenho em vários tipos de exercícios aeróbicos.

No estudo conduzido por Mcadam et al., em 2018, foram estudados os efeitos da suplementação com proteína *whey*, em soldados de recruta do exército. Dos 69 soldados incluídos no estudo, 34 foram selecionados para realizarem a suplementação com 77g/dia de proteína *whey*, enquanto que os restantes 35 realizaram a suplementação com 127g/dia de hidratos de carbono, ambas sobre a forma de bebida e divididas em 2 doses por dia. O desempenho físico dos soldados e a sua composição corporal foram analisados durante 8 semanas, nas quais foi possível observar uma melhoria do desempenho na flexão e na redução da massa gorda, em comparação com a suplementação com hidratos de carbono. No entanto, não se observou quaisquer diferenças na alteração da massa livre de gordura, no desempenho de abdominais ou no desempenho da corrida entre os dois tipos de suplementação.

A suplementação com proteína *whey* foi também estudada em atletas do sexo feminino por Brown, Stevenson, & Howatson, em 2018, onde foram reunidas 20 dançarinas de uma equipa universitária. Para a realização do estudo, as atletas foram

divididas em dois grupos, um com suplementação com proteína *whey* e outro com suplementação com hidratos de carbono, com o objetivo de entender os efeitos da proteína *whey* no desempenho das atletas. Como suplementação, foram dadas duas doses por dia de 70ml de uma bebida, com 20g de proteína *whey* na sua constituição, e outra apenas com hidratos de carbono, consoante o grupo em que estavam inseridas, durante 4 dias após o seu treino diário. Estas doses foram consumidas imediatamente após e 2 horas após o exercício. Após a conclusão do estudo foi possível observar que houve uma melhoria na recuperação da função muscular das atletas que tomaram proteína *whey*, relativamente às que tomaram apenas hidratos de carbono, resultado de uma redução no dano muscular.

No estudo realizado por West, Sawan, Mazzulla, Williamson, & Moore, em 2017, foi estudado este tipo de suplementação em 12 atletas, que realizavam treinos de resistência regularmente no seu quotidiano. Recorreu-se a um estudo duplamente cego, onde os atletas foram divididos em 2 grupos: o grupo experimental que ingeriu 25g de proteína *whey*, e o grupo placebo que ingeriu um suplemento equivalente em calorias, mas apenas com hidratos de carbono, ambos imediatamente a seguir ao treino e também na manhã seguinte. Após a análise cuidada dos resultados, verificou-se uma melhoria no desempenho da recuperação depois de um intenso período de exercícios de resistência, e uma melhoria no equilíbrio proteico ao longo de 10h de recuperação durante a noite, no grupo experimental relativamente ao grupo placebo.

Castro et al., em 2019 compararam os efeitos da suplementação das 3 diferentes formas de proteína *whey* (concentrada, hidrolisada e isolada) em atletas, numa meta-análise de 10 estudos. As doses de proteína utilizadas variaram de 0.24 a 1.28g/Kg, com uma duração média de 46.75 dias, e foram maioritariamente ingeridas após o esforço físico. Após uma análise dos estudos inseridos nesta revisão, foi possível observar um elevado poder de evidência do efeito da suplementação com proteína *whey* concentrada, na redução de massa gorda em praticantes de atividade física regular. Esta redução foi observada principalmente em regimes com baixas doses de proteína. No entanto, os atletas que ingeriram proteína, não beneficiaram de nenhum ganho de massa livre de gordura, ao contrário do que seria esperado.

Tabela 9 – Tabela resumo dos resultados da suplementação com proteína whey

<b>Estudo</b>	<b>Modalidade desportiva</b>	<b>Forma e Posologia</b>	<b>Resultados</b>
Huang et al., 2017	Corrida	Bebida Doses de 33.5 g/dia de proteína <i>whey</i> , 30 minutos a seguir ao treino, durante 5 semanas	Desempenhou um papel de proteção fisiológica, aumentando a massa muscular, e aumentou o desempenho em vários tipos de exercícios aeróbicos Promoveu a recuperação muscular
Mcadam et al., 2018	Exercícios de recruta do exército	Bebida Proteína <i>whey</i> concentrada Doses de 77g/dia de proteína <i>whey</i> , ingerida a seguir ao treino, durante 8 semanas	Melhoria do desempenho na flexão e na redução da massa gorda, em comparação com a suplementação com hidratos de carbono Não se observou quaisquer alterações da massa livre de gordura, do desempenho de abdominais ou do desempenho na corrida
Brown et al., 2018	Exercícios relacionados com a dança	Bebida Proteína <i>whey</i> hidrolisada Doses de 20g de proteína <i>whey</i> , ingeridas 2 vezes ao dia a seguir aos treinos, durante 4 dias	Melhoria na recuperação da função muscular das atletas Redução do dano muscular
West et al., 2017	Exercícios de resistência	Forma não especificada Doses de 25g/dia de proteína <i>whey</i> , ingeridas após o treino e na manhã seguinte, durante 2 dias	Melhoria no desempenho da recuperação muscular após o treino Melhoria no equilíbrio proteico ao longo de 10h de recuperação durante a noite
Castro et al., 2019	Exercícios de ginásio	Forma não especificada Doses de 0.24 a 1.28 g/Kg, com uma duração média de 46.75 dias, maioritariamente ingeridas após o treino	Nenhum ganho de massa livre de gordura observado Redução significativa da massa gorda quando ingeridas baixas doses de proteína <i>whey</i> concentrada, em praticantes de atividade física regular



## 5. Discussão

Esta revisão de evidência pretendeu avaliar a eficácia e segurança da utilização dos suplementos alimentares mencionados acima, e o seu impacto no desempenho desportivo. Visto que o seu consumo tem crescido exponencialmente ao longo dos últimos anos, torna-se assim essencial, avaliar os seus efeitos no desempenho e na saúde do atleta, de maneira a que este esteja previamente informado, antes de decidir iniciar a sua toma. Para tal, foram analisados pormenorizadamente vários estudos, considerados relevantes, para cada suplemento alimentar, e descritos os seus resultados para uma posterior análise.

Observando os resultados da suplementação com cafeína, é de notar certas semelhanças entre os estudos analisados. As formas de suplementação mais utilizadas foram cápsulas e bebidas ricas em cafeína e, visto tratar-se de um estimulante do sistema nervoso central, a sua toma foi realizada sempre pré-treino (entre 30 a 60 minutos), para que o atleta possa obter um benefício máximo da sua suplementação. Estudos realizados em atletas de modalidades onde é recrutada a força e potência muscular, relataram um aumento destes parâmetros nos exercícios realizados pelos atletas (Grgic et al., 2018; López-González et al., 2018). Em modalidades de resistência, como futebol, ciclismo, triatlo, ténis e basquetebol, estudadas por Mielgo-Ayuso, Calleja-Gonzalez, Coso, et al. e por Mielgo-Ayuso, Marques-Jiménez, et al., ambos em 2019, a toma de cafeína provocou um aumento da capacidade de corrida repetida e uma diminuição da perceção da fadiga. No estudo conduzido por Mielgo-Ayuso, Calleja-Gonzalez, Coso, et al., em 2019, é de salientar também, um aumento da precisão do passe, provavelmente derivado da capacidade da cafeína de produzir um aumento da concentração e do estado de alerta. No geral, a suplementação com cafeína 30 a 60 minutos antes do treino, produziu uma melhoria no desempenho dos atletas, verificando-se melhores resultados em doses de 3 a 6 mg/Kg, sendo que doses superiores a estas, em nada beneficiaram mais os atletas. Este regime posológico encontra-se em concordância com as diretrizes atuais, sendo estas as doses de cafeína recomendadas para um atleta ingerir antes do treino (Mielgo-Ayuso, Marques-Jiménez, et al., 2019).

Na suplementação com creatina, todos os estudos recorreram à creatina monohidratada como forma de suplementação, visto ser a mais conhecida e a mais estudada até aos dias de hoje, quanto à sua segurança e eficácia. Foram utilizadas doses de carga de 20 a 30 g/dia durante 3 a 7 dias, para se conseguir atingir a concentração alvo deste suplemento no organismo, seguidas de doses de manutenção de 2 a 5g/dia para manter esta concentração desejada até ao final do estudo. No estudo realizado por Mielgo-Ayuso, Calleja-Gonzalez, Marqués Jiménez, et al., em 2019, conseguimos relatar uma melhoria no desempenho dos testes físicos relacionados com o exercício anaeróbico, isto devido aos benefícios que a creatina tem na reserva de glicogénio muscular. Como tal, esta teve a capacidade de diminuir o período de recuperação entre exercícios e assim, aumentar a capacidade do atleta de completar os exercícios até ao fim. Lanhers et al., em 2015, e Lanhers et al., em 2016, estudaram a eficácia desta suplementação no desempenho da força nos membros inferiores e superiores, respetivamente, evidenciando um aumento significativo do peso máximo levantado em exercícios de agachamento e de supino. Em ambos os estudos observou-se um aumento da força do atleta, nomeadamente na zona dos quadricíptes e do peitoral. C. Wang et al., em 2017, verificou um aumento da força máxima de remada em praticantes de canoagem, e C. Wang et al., em 2018, um aumento da força muscular máxima e redução do dano muscular em praticantes de basebol, basquetebol e tchoukbol. Estes dois últimos estudos utilizaram regimes de suplementação de creatina iguais e, bastante semelhantes aos restantes analisados, sendo, por essa razão, uma escolha ideal para obter os benefícios deste suplemento. Também Kreider et al., em 2017, recomenda a suplementação de creatina com doses a rondar os 20 g/dia (ou aproximadamente 0.3 g/Kg/dia), divididas por 4 doses, durante 5 a 7 dias, como dose de carga, de maneira a aumentar os níveis deste suplemento nos músculos. Após a saturação de creatina a nível muscular, é recomendada a ingestão de doses de 3 a 5 g/dia, como dose de manutenção, de maneira a que esta possa ser conservada.

Para a suplementação com nitrato foram analisados estudos focados essencialmente no exercício aeróbico, visto ser o tipo de exercício que mais beneficia com a ingestão deste composto. Modalidades como ciclismo, futebol, *rugby*, corrida e natação foram algumas das escolhidas para estudar os efeitos do nitrato no atleta, utilizando sumo de beterraba como fonte principal. McQuillan et al., em 2016, e Thompson et al., em 2016, demonstraram uma melhoria no desempenho dos atletas em

exercícios de alta intensidade e de curta duração, nomeadamente fases de *sprint*, com doses de 4 e 6.4mmol de nitrato por dia, respetivamente. Pelo contrário, McMahon et al., em 2016, e Lowings et al., em 2017, não demonstraram eficácia significativa da suplementação com nitrato no desempenho de exercícios contra-relógio, apesar de apresentarem uma biodisponibilidade deste composto no organismo bastante satisfatória. Segundo Naderi, Oliveira, Ziegenfuss, & Willems, em 2016, a dose recomendada de nitrato para se obter uma melhoria no desempenho desportivo, é de 5 a 9 mmol/dia, ingerida cerca de 2 horas antes do exercício, durante 1 a 28 dias. Este regime corresponde, geralmente, a doses de 70 a 140 mL de sumo de beterraba, no entanto, doses superiores podem demonstrar eficácia no aumento do tempo até à exaustão, não estando esta confirmada. Para além do sumo de beterraba, pode-se recorrer a outras formas de suplementação disponíveis no mercado, sendo que, cada forma possui uma biodisponibilidade diferente deste composto. Posto isto, podemos considerar a eficácia da suplementação com nitrato como sendo limitada, visto que alguns estudos obtêm benefícios e outros não, sendo necessária a realização de mais estudos para podermos compreender realmente os efeitos desta suplementação.

Relativamente à suplementação com  $\beta$ -alanina, é possível observarmos uma semelhança nas doses ingeridas por dia (entre 3.2 e 6.4 g), não havendo grande discrepância entre elas. No entanto, os seus resultados diferiram uns dos outros, observando-se diferentes benefícios da suplementação em cada estudo. Zanella et al., em 2017, relataram uma diminuição da perceção de esforço e de fadiga muscular, enquanto que Brisola et al., em 2016, Glenn et al., em 2016, e Maté-muñoz et al., em 2018, demonstraram um aumento de força do atleta. Por sua vez, Smith et al., em 2019, mostraram uma melhoria na recuperação após a realização de exercícios de alta intensidade de *rugby*, juntamente com um impacto (mínimo) na força máxima, composição corporal e resistência à força no atleta. Apesar de Glenn et al., em 2016, ter utilizado uma dose de  $\beta$ -alanina inferior aos restantes, conseguiu também obter benefícios através desta suplementação. No entanto, segundo Trexler et al., em 2015, a dose recomendada deste suplemento é de 4 a 6 g/dia, durante um mínimo de 2 semanas, demonstrando os seus benefícios máximos após 4 semanas. Podemos assim afirmar, que a suplementação com  $\beta$ -alanina possui fortes evidências da sua eficácia no desempenho geral do atleta, apresentando diversos benefícios consoante a modalidade praticada.

Na suplementação com bicarbonato de sódio, foram utilizadas doses de 0.2 a 0.4g/Kg de peso corporal, nas formas de bebidas e cápsulas, em 5 estudos de diferentes modalidades. Analisando os resultados destes estudos, podemos observar um aumento no desempenho em exercícios curtos de alta intensidade, como a corrida nos primeiros minutos de uma partida de futebol por Mohr, em 2015, o *sprint* em exercícios de ciclismo por Miller et al., em 2016, o teste Yo-Yo por Krstrup et al., em 2015, e exercícios do treino HIIT por J. Wang et al., em 2019, sendo que, neste último, observou-se também um aumento da potência muscular e um retardamento do cansaço. Por outro lado, não se observaram quaisquer melhorias ou alterações, no desempenho de atletas que realizaram exercícios de ginásio (Fontanella et al., 2019), levando a crer que, a suplementação com bicarbonato de sódio, apenas traz benefícios em exercícios de resistência de curta duração, intermitentes e de alta intensidade. Podemos então comprovar, que a suplementação com bicarbonato de sódio dentro das doses recomendadas (0.3 a 0.5 g/Kg, ingeridas 60 a 180 minutos antes do treino), pode trazer benefícios para o desempenho do atleta (Naderi et al., 2016). Apesar destes benefícios que a suplementação possa trazer, é necessário que seja realizada com cuidado e dentro das doses mencionadas acima, visto que, doses superiores a estas poderão causar desconfortos gastrointestinais, comprometendo o desempenho e a saúde do atleta. É assim aconselhável, o fracionamento das doses a administrar, juntamente com uma refeição contendo hidratos de carbono, para tentar minimizar estes sintomas e poder usufruir ao máximo dos benefícios desta suplementação.

Como solução a este efeito indesejável da suplementação com bicarbonato de sódio, foi estudada a suplementação com citrato de sódio, que prevê os mesmos benefícios para o desempenho do atleta, mas sem efeitos adversos que possam causar desconforto durante a prática do exercício físico. Nesta suplementação, é recomendada uma dose entre 0.1 e 0.5 g/Kg antes do treino, sendo que, doses entre 0.3 e 0.5 demonstram um maior efeito ergogénico no desempenho do atleta (Peeling, Binnie, Goods, Sim, & Burke, 2018). No entanto, após análise dos resultados dos 4 estudos incluídos nesta revisão, podemos observar poucas melhorias no desempenho geral dos participantes. Cunha et al., em 2019, e Suvi et al., em 2018, relataram algumas melhorias nos atletas que tomaram suplementação de citrato de sódio, nomeadamente uma maior retenção de água, um aumento do volume plasmático, uma menor redução

do pH sanguíneo e uma maior capacidade de recuperação muscular. Pelo contrário, Kumstát et al., em 2018, e Hartono & Sukadiono, em 2017, não obtiveram efeitos significativos no desempenho final dos atletas que ingeriram citrato de sódio, enquanto que, os atletas que tomaram bicarbonato de sódio, apresentaram melhorias visíveis no seu desempenho. Sendo assim, apesar da suplementação com citrato de sódio não causar desconforto gastrointestinal mesmo em doses mais elevadas, esta não obtém tantos benefícios como a suplementação com bicarbonato de sódio. No entanto, mais estudos serão necessários para comprovar a eficácia da suplementação com citrato de sódio e conhecer as doses ideais deste composto para se obter benefícios.

Por último, 5 estudos foram analisados para avaliar a suplementação com proteína *whey* e compreender os seus efeitos no desempenho desportivo dos atletas. Sendo esta suplementação uma das mais conhecidas e mais recorridas no mundo do desporto, torna-se ainda mais importante comprovar os seus efeitos e verificar a sua segurança para a saúde do atleta. Assim, relativamente a alterações na massa muscular, foram relatados aumentos significativos por Huang et al., em 2017, em exercícios de corrida. Brown et al., em 2018, e West et al., em 2017, não observaram alterações deste parâmetro, visto que estes dois estudos foram realizados em apenas poucos dias, contudo, foram observadas melhorias na recuperação da função muscular, muito provavelmente causada por uma diminuição do dano muscular. Também Castro et al., em 2019, não relataram quaisquer alterações na massa livre de gordura, em atletas suplementados com os 3 tipos de proteína existentes no mercado (concentrada, hidrolisada e isolada). No entanto, a suplementação com proteína *whey* concentrada foi eficaz na redução de massa gorda, mas apenas em praticantes de atividade física regular. Mcadam et al., em 2018, relataram uma melhoria do desempenho na flexão e na redução da massa gorda e, verificaram também, um aumento da massa muscular nos seus participantes. Contudo, este aumento não diferiu muito do aumento relatado pelo grupo suplementado com hidratos de carbono. Mesmo assim, podemos afirmar que a suplementação com proteína *whey* trouxe melhorias significativas para o desempenho dos atletas e, pode ser considerado um suplemento eficaz na construção da massa muscular e na perda de massa gorda, sem efeitos adversos associados. No entanto, pode-se verificar algumas diferenças relativamente às doses de proteína utilizadas em cada estudo. A inexistência de uma dose recomendada deste suplemento, deriva do facto, de cada atleta necessitar de diferentes quantidades de proteína, dependendo,

maioritariamente, da sua estrutura física e da intensidade do seu treino (Kato, Suzuki, Bannai, & Moore, 2016). No entanto, doses demasiado elevadas podem causar efeitos indesejáveis a longo prazo, sendo recomendada uma toma deste suplemento adequada à alimentação do atleta, ou seja, a proteína em suplemento deve ser contabilizada e tida em conta, de acordo com as necessidades proteicas diárias do indivíduo e com a ingestão deste macronutriente proveniente da alimentação diária.

Todos os estudos incluídos nesta revisão demonstraram a sua importância, mostrando várias evidências de eficácia e segurança no desempenho dos atletas. Em nenhum deles se verificaram conflitos de interesses, sendo esta inexistência, uma mais valia para a realização desta revisão. Na sua maioria, eram estudos aleatorizados e duplamente cegos, utilizando-se grupos placebo (com suplementação semelhante em aspeto e sabor) para melhor entender os efeitos de cada suplemento. Em todos eles, foi estudada a suplementação de acordo com o seu efeito previsto, recorrendo-se a modalidades que possam demonstrar a eficácia de cada suplemento de forma consistente. Isto é, os estudos incluídos nesta revisão, utilizaram cada suplemento de acordo com a principal via energética utilizada, com os indicadores de *performance* dessa modalidade, e, na sua maioria, nas doses geralmente recomendadas, levando a uma correta suplementação dos atletas. Contudo, conforme citado na introdução, 66% dos atletas incluídos no estudo conduzido por (Sousa et al., 2013), são consumidores habituais de suplementos alimentares, sendo as vitaminas e minerais os mais utilizados. No entanto, estes não demonstram qualquer evidência de benefícios na *performance*, enquanto que os suplementos analisados nesta revisão, que têm comprovados efeitos potencialmente ergogénicos, parecem não ser as principais opções para a maioria dos atletas (Williams, 2004).

Em relação à ocorrência de efeitos adversos, apenas a suplementação com bicarbonato de sódio demonstrou mais relevância neste aspeto, causando um desconforto gastrointestinal em doses mais elevadas, provavelmente devido à falta de habituação. Também a ingestão de cafeína e de  $\beta$ -alanina são normalmente associadas a efeitos indesejáveis, mas que foram minimizados devido à correta posologia. A suplementação com cafeína com doses acima de 9 mg/Kg pode ser responsável por um efeito ergolítico no atleta, causando uma diminuição do desempenho desportivo. Por sua vez, a suplementação com apenas uma dose de  $\beta$ -alanina na dose diária recomendada,

pode causar uma sensação de parestesia que, apesar de “normal”, constitui um efeito indesejável para o atleta podendo comprometer o seu desempenho. Por essa razão, a sua suplementação foi fracionada em várias doses diárias, não ultrapassando os 800 mg em cada toma.

No geral, podemos afirmar que os suplementos consumidos nestes estudos, foram utilizados de uma maneira correta, sem constituírem qualquer perigo para a saúde dos atletas. Isto pode dever-se ao facto, de terem sido utilizados suplementos “à partida” de qualidade e dentro das doses recomendadas, reduzindo substancialmente qualquer risco de contaminação e, conseqüente perigo para os atletas, ao contrário do que foi verificado no estudo conduzido por Geller et al., em 2015. Por esta razão, a toma de qualquer suplemento deverá ser sempre acompanhada por um profissional de saúde, de maneira a que esta seja realizada de uma maneira correta, indo de encontro com as necessidades do atleta.



## 6. Conclusão

Esta revisão de evidência permitiu demonstrar como os suplementos alimentares podem ser eficazes e seguros, quando ingeridos nas respectivas doses recomendadas e de acordo com a necessidade da modalidade praticada.

Cada um dos suplementos analisados nesta revisão, demonstrou benefícios em certos indicadores de desempenho desportivo. Entre os suplementos analisados nesta revisão, a cafeína, a creatina, a  $\beta$ -alanina e a proteína *whey* foram os que apresentaram fortes evidências de eficácia e segurança na melhoria do desempenho do atleta. Também o bicarbonato de sódio demonstrou fortes evidências de eficácia na melhoria do desempenho, embora a sua toma possa causar um ligeiro desconforto gastrointestinal, sem dano para a saúde do atleta. Por sua vez, o nitrato e o citrato de sódio apresentaram evidência limitada de eficácia na melhoria do desempenho do atleta, sendo necessários mais estudos de maneira a entender realmente os efeitos da sua suplementação.

Assim sendo, a utilização destes suplementos poderá ser recomendada, nomeadamente a atletas de alta competição, nas doses corretas e sempre com supervisão de um especialista, de maneira a assegurar a sua adequação, eficácia e segurança para o atleta.



## 7. Referências bibliográficas

- Brisola, G. M. P., Milioni, F., Papoti, M., & Zagatto, A. M. (2016). Effects of 4 Weeks of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Swim Performance Parameters in Water Polo Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 943–950. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0133>
- Brown, M. A., Stevenson, E. J., & Howatson, G. (2018). Whey protein hydrolysate supplementation accelerates recovery from exercise-induced muscle damage in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 1–37. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0412>
- Castro, L. H. A., Araújo, F. H. S. De, Olimpio, M. Y. M., Primo, R. B. D. B., Pereira, T. T., Lopes, L. A. F., ... Oesterreich, S. A. (2019). Comparative Meta-Analysis of the Effect of Concentrated, Hydrolyzed, and Isolated Whey Protein Supplementation on Body Composition of Physical Activity Practitioners. *Nutrients*, 1–29. <https://doi.org/10.3390/nu11092047>
- Cunha, V. C. R., Aoki, M. S., Zourdos, M. C., Gomes, R. V, Barbosa, W. P., Massa, M., ... Capitani, C. D. (2019). Sodium citrate supplementation enhances tennis skill performance : a crossover , placebo-controlled , double blind study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0297-4>
- Dwyer, J. T., Coates, P. M., & Smith, M. J. (2018). Dietary Supplements: Regulatory Challenges and Research Resources. *Nutrients*, 1–24. <https://doi.org/10.3390/nu10010041>
- Fontanella, L. R., Azara, C., Scudese, E., Silva, D. D. O., Nogueira, C. J., Costa, M. S. E., & Senna, G. W. (2019). Sodium bicarbonate supplementation in resistance exercise performance , perceived exertion and blood lactate concentration. *Motriz*, 26(1), 1–8. <https://doi.org/10.1590/s1980-6574202000010215>
- Geller, A. I., Shehab, N., Weidle, N. J., Lovegrove, M. C., Wolpert, B. J., Timbo, B. B., ... Budnitz, D. S. (2015). Emergency Department Visits for Adverse Events Related to Dietary Supplements. *The New England Journal of Medicine*, 1531–1540. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa1504267>
- Glenn, J. M., Gray, M., Stewart, R. W. J., Moyen, N. E., Kavouras, S. A., DiBrezza, R., ... Stone, M. S. (2016). Effects of 28-Day Beta-Alanine Supplementation on

- Isokinetic Exercise Performance and Body Composition in Female Master Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 200–207. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001077>
- Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power : a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0216-0>
- Hartono, S., & Sukadiono. (2017). The Effects of Sodium Bicarbonate and Sodium Citrate on Blood pH , HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> , Lactate Metabolism and Time to Exhaustion. *Sport Mont*, 15(1), 13–16.
- Huang, W., Chang, Y.-C., Chen, Y.-M., Hsu, Y.-J., Huang, C.-C., Kan, N.-W., & Chen, S.-S. (2017). Whey Protein Improves Marathon-Induced Injury and Exercise Performance in Elite Track Runners. *International Journal of Medical Sciences*, 14(7), 648–654. <https://doi.org/10.7150/ijms.19584>
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand : protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1–25. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Jovanov, P., Đorđić, V., Obradovi, B., Barak, O., Pezo, L., Marić, A., & Sakač, M. (2019). Prevalence , knowledge and attitudes towards using sports supplements among young athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7, 3–5. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0294-7>
- Kato, H., Suzuki, K., Bannai, M., & Moore, D. R. (2016). Protein Requirements Are Elevated in Endurance Athletes after Exercise as Determined by the Indicator Amino Acid Oxidation Method. *PLOS One*, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157406>
- Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., ... Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update : research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1–57. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>
- Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., ... Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand : safety and efficacy of creatine supplementation in exercise , sport , and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1–18.

- <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
- Krustrup, P., Ermidis, G., & Mohr, M. (2015). Sodium bicarbonate intake improves high-intensity intermittent exercise performance in trained young men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2, 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0087-6>
- Kumstát, M., Hlinský, T., Struhár, I., & Thomas, A. (2018). Does Sodium Citrate Cause the Same Ergogenic Effect as Sodium Bicarbonate on Swimming Performance? *Journal of Human Kinetics*, 65, 89–98. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0022>
- Lanhers, C., Pereira, B., Naughton, G., Trousselard, M., Lesage, F.-X., & Dutheil, F. (2015). Creatine Supplementation and Lower Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Sports Medicine*, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0337-4>
- Lanhers, C., Pereira, B., Naughton, G., Trousselard, M., Lesage, F.-X., & Dutheil, F. (2016). Creatine Supplementation and Upper Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0571-4>
- López-González, L. M., Sánchez-Oliver, A. J., Mata, F., Jodra, P., Antonio, J., & Domínguez, R. (2018). Acute caffeine supplementation in combat sports: a systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0267-2>
- Lowings, S., Shannon, O. M., Deighton, K., Matu, J., & Barlow, M. J. (2017). Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Swimming Performance in Trained Swimmers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise*, 27(4), 377–384. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0251>
- Marktest, G. (2019). Consumidores de vitaminas e suplementos duplicam em 5 anos. Retrieved February 11, 2020, from <https://www.marktest.com/wap/a/n/id~24c6.aspx>
- Martins, A. S., Ponte, A. L., Mousinho, C., Bragança, F., Hergy, F., Guerra, L. N., ... Araújo, V. (2017, March). Suplementos alimentares: O que são e como notificar reações adversas, 21, 1–4.
- Maté-muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Garnacho-castaño, M. V., Veiga-herreros, P., Lozano-estevan, M. C., García-Fernández, P., ... Domínguez, R. (2018). Effects of  $\beta$  -alanine supplementation during a 5-week strength training program: a randomized , controlled study. *Journal of the International Society of Sports*

- Nutrition*, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0224-0>
- Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., ... Engebretsen, L. (2018). IOC Consensus Statement : Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28, 104–125. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
- Mcadam, J. S., McGinnis, K. D., Beck, D. T., Haun, C. T., Romero, M. A., Mumford, P. W., ... Sefton, J. M. (2018). Effect of Whey Protein Supplementation on Physical Performance and Body Composition in Army Initial Entry Training Soldiers. *Nutrients*, 1–13. <https://doi.org/10.3390/nu10091248>
- McMahon, N. F., Leveritt, M. D., & Pavey, T. G. (2016). The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0617-7>
- McQuillan, J. A., Dulson, D. K., Laursen, P. B., & Kilding, A. E. (2016). The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Physiology and Performance in Trained Cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(5), 684–689. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0202>
- Mielgo-Ayuso, J., Calleja-Gonzalez, J., Coso, J. Del, Urdampilleta, A., León-Guereño, P., & Fernández-Lázaro, D. (2019). Caffeine Supplementation and Physical Performance, Muscle Damage and Perception of Fatigue in Soccer Players: A Systematic Review. *Nutrients*, 1–15. <https://doi.org/10.3390/nu11020440>
- Mielgo-Ayuso, J., Calleja-Gonzalez, J., Marqués Jiménez, D., Caballero-García, A., Córdova, A., & Fernández-Lázaro, D. (2019). Effects of Creatine Supplementation on Athletic Performance in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 1–17. <https://doi.org/10.3390/nu11040757>
- Mielgo-Ayuso, J., Marques-Jiménez, D., Refoyo, I., Coso, J. Del, León-Guereño, P., & Calleja-González, J. (2019). Effect of Caffeine Supplementation on Sports Performance Based on Differences Between Sexes : A Systematic Review. *Nutrients*, 1–17. <https://doi.org/10.3390/nu11102313>
- Miller, P., Robinson, A. L., Sparks, S. A., Bridge, C. A., Bentley, D. J., & McNaughton, L. R. (2016). The Effects of Novel Ingestion of Sodium Bicarbonate on Repeated Sprint Ability. *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 561–568. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001126>
- Mohr, M. (2015). Effect of sodium bicarbonate ingestion on measures of football

- performance - with reference to the impact of training status. *FRÓÐSKAPARRIT - FSJ*, 102–122. <https://doi.org/10.18602/fsj.v62i0.30>
- Naderi, A., Oliveira, E. P. De, Ziegenfuss, T. N., & Willems, M. E. T. (2016). Timing , optimal dose and intake duration of dietary supplements with evidence-based use in sports nutrition. *J Exerc Nutrition Biochem*, 20(4), 1–12. <https://doi.org/10.20463/jenb.2016.0031>
- Peeling, P., Binnie, M. J., Goods, P. S. R., Sim, M., & Burke, L. M. (2018). Evidence-Based Supplements for the Enhancement of Athletic Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 178–187. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0343>
- República, D. da. Decreto-Lei n.º 118/2015 (2015). Portugal: Diário da República. Retrieved from <https://dre.pt/home/-/dre/67541745/details/maximized>
- Research, G. V. (2020). Dietary Supplements Market Size, Share & Trends Analysis Report By Ingredient (Vitamins, Minerals), By Form, By Application, By End User, By Distribution Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027. Retrieved February 11, 2020, from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/dietary-supplements-market>
- Ruano, J., & Teixeira, V. H. (2020). Prevalence of dietary supplement use by gym members in Portugal and associated factors. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00342-z>
- Siegler, J. C., Marshall, P. W. M., Bishop, D., Shaw, G., & Green, S. (2016). Mechanistic Insights into the Efficacy of Sodium Bicarbonate Supplementation to Improve Athletic Performance. *Sports Medicine - Open*, 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40798-016-0065-9>
- Smith, C. R., Harty, P. S., Stecker, R. A., & Kerksick, C. M. (2019). A Pilot Study to Examine the Impact of Beta-Alanine Supplementation on Anaerobic Exercise Performance in Collegiate Rugby Athletes. *Sports*, 1–12. <https://doi.org/10.3390/sports7110231>
- Sousa, M., Fernandes, M. J., Moreira, P., & Teixeira, V. H. (2013). Nutritional Supplements Usage by Portuguese Athletes. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 83(1), 48–58. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000144>
- Suvi, S., Mooses, M., Timpmann, S., Medijainen, L., Narõškina, D., Unt, E., & Ööpik, V. (2018). Impact of sodium citrate ingestion during recovery after dehydrating exercise on rehydration and subsequent 40-km cycling time-trial performance in

- the heat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(6), 1–41.  
<https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0584>
- Thompson, C., Vanhatalo, A., Jell, H., Fulford, J., Carter, J., Nyman, L., ... Jones, A. M. (2016). Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. *Elsevier*, 61(3), 55–61.  
<https://doi.org/10.1016/j.niox.2016.10.006>
- Trexler, E. T., Smith-ryan, A. E., Stout, J. R., Hoffman, J. R., Wilborn, C. D., Sale, C., ... Antonio, J. (2015). International society of sports nutrition position stand : Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1–14.  
<https://doi.org/10.1186/s12970-015-0090-y>
- Vitale, K., & Getzin, A. (2019). Nutrition and Supplement Update for the Endurance Athlete : Review and Recommendations. *Nutrients*, 1–20.  
<https://doi.org/10.3390/nu11061289>
- Wang, C., Fang, C.-C., Lee, Y.-H., Yang, M.-T., & Chan, K.-H. (2018). Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance. *Nutrients*, 1–10.  
<https://doi.org/10.3390/nu10111640>
- Wang, C., Lin, S., Hsu, S., Yang, M., & Chan, K. (2017). Effects of Creatine Supplementation on Muscle Strength and Optimal Individual Post-Activation Potentiation Time of the Upper Body in Canoeists. *Nutrients*, 1–10.  
<https://doi.org/10.3390/nu9111169>
- Wang, J., Qiu, J., Yi, L., Hou, Z., Benardot, D., & Cao, W. (2019). Effect of sodium bicarbonate ingestion during 6 weeks of HIIT on anaerobic performance of college students. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 8, 1–10.  
<https://doi.org/10.1186/s12970-019-0285-8>
- West, D. W. D., Sawan, S. A., Mazzulla, M., Williamson, E., & Moore, D. R. (2017). Whey Protein Supplementation Enhances Whole Body Protein Metabolism and Performance Recovery after Resistance Exercise: A Double-Blind Crossover Study. *Nutrients*, 1–18. <https://doi.org/10.3390/nu9070735>
- Williams, M. H. (2004). Dietary Supplements and Sports Performance: Introduction and Vitamins. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1(2), 1–6.  
<https://doi.org/10.1186/1550-2783-1-2-1>
- Zanella, P. B., Alves, F. D., & Souza, C. G. de. (2017). Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of

different sports: a systematic review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(9), 1132–1141. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06582-8>